UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

TATIANA DA SILVA SANTOS

INOCULAÇÃO VIA FOLIAR DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM MILHO CULTIVADO SOB DIFERENTES MANEJOS DE SOLO

Ilha Solteira
2018

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

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TATIANA DA SILVA SANTOS

INOCULAÇÃO VIA FOLIAR DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM MILHO CULTIVADO SOB DIFERENTES MANEJOS DE SOLO

Dissertação, apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção

Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues
Orientador

Ilha Solteira
2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S237i

Santos, Tatiana da Silva.
Inoculação via foliar de bactérias diazotróficas em milho cultivado sob diferentes manejos de solo / Tatiana da Silva Santos. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018
54 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2018

Orientador: Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues
Inclui bibliografia

1. Preparo do solo. 2. *Zea mays L*. 3. *Azospirillum brasilense*. 4. *Bacillus amyloliquefaciens*.

Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9990

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: **INOCULAÇÃO VIA FOLIAR DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM MILHO CULTIVADO SOB DIFERENTES MANEJOS DE SOLO**

AUTORA: TATIANA DA SILVA SANTOS
ORIENTADOR: RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

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

Profa. Dra. SIMONE APARECIDA DA SILVA
Campus de Uberaba / Instituto Federal do Triângulo Mineiro

Ilha Solteira, 02 de outubro de 2018.

DEDICO

Aos meus pais, Josenir da Silva Santos e Antonio Alberto dos Santos, pelo amor incondicional, sacrifício, determinação, exemplo de caráter e por serem os meus maiores incentivadores; à minha irmã Vanessa da Silva Santos pelo amor, apoio e dedicação.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela proteção divina, por sempre guiar meus caminhos e por todas as graças alcançadas.

Aos meus pais, Josenir da Silva Santos e Antonio Alberto dos Santos, pelo amor, carinho e atenção incondicional, pelos ensinamentos e por sempre estarem ao meu lado lutando e se sacrificando juntos para a realização dos meus sonhos, por serem um exemplo de determinação, caráter e humildade; por acreditarem em mim e serem minha essência de vida.

À minha irmã Vanessa da Silva Santos, pelo amor e amizade incondicional, por ser o amor da minha vida, por sempre estar ao meu lado me dando forças e acreditando que tudo é possível e ser um motivo para nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues, pelos sábios ensinamentos, orientação, paciência e compreensão. Eternamente grata!

À minha amiga irmã do coração Roseana Ramos Pereira, pela amizade, carinho, apoio, compreensão, pelo presente enviado por Deus, seu filho Álvaro que nos acompanhou durante todos os anos de mestrado e preenchia os nossos dias de felicidade e amor, obrigada por me proporcionar tantos momentos felizes.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e a todos Professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade, ensinamentos e conhecimento compartilhado.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão pela ajuda na condução do experimento.

À todos os amigos que fizeram parte da minha vida durante o mestrado, que me acompanharam nessa jornada e que juntos passamos por momentos difíceis e felizes. Obrigada por me proporcionarem tanta felicidade, por cada história compartilhada e vivida ao lado de vocês.

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

"A tarefa não é ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém pensou sobre aquilo que todo mundo vê."

(Arthur Schopenhauer)

RESUMO

O manejo eficiente do solo pode provocar mudanças benéficas na qualidade física, química e microbiológica do solo refletindo em alta produtividade de grãos de milho. O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pela planta de milho. A aquisição de fertilizantes nitrogenados pode ser responsável por 50% dos custos variáveis da lavoura. Dessa forma, a utilização de bactérias diazotróficas é considerado uma fonte alternativa economicamente viável e sustentável para aquisição desse nutriente por meio da fixação biológica de N por esses microrganismos. Em vista do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar o desenvolvimento, componente produtivo e produtividade de grãos de milho sob diferentes manejos de solo e inoculado via foliar por *Azospirillum brasilense* e/ou *Bacillus amyloliquefaciens*. O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2016/17 em um Latossolo Vermelho distroférrico localizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, município de Selvíria - MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, esquema de faixas. Foram estabelecidos 12 tratamentos com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por 3 tipos de sistemas de manejo do solo: Sistema convencional (SC), cultivo mínimo (CM) e sistema plantio direto (SPD). Os tratamentos de inoculação via foliar de bactérias diazotróficas consistiram em: *Azospirillum brasilense* (AB), *Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens* (AB + BA) e sem inoculação (SI). Não houve efeito significativo da aplicação de bactérias sobre a altura de planta, diâmetro do colmo, diâmetro de espiga e comprimento de espiga. Houve interação para a altura de inserção da primeira espiga e produtividade de grãos. A inoculação com *Bacillus amyloliquefaciens* promoveu acréscimos à altura de inserção da primeira espiga quando utilizado o cultivo mínimo (1,31 m). A inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* proporcionou aumento da produtividade de grãos no preparo convencional.

Palavras-chave: Preparo do solo. *Zea mays L*. . *Azospirillum brasilense. Bacillus amyloliquefaciens*.

ABSTRACT

Efficient soil management can lead to beneficial changes in the physical, chemical and microbiological quality of the soil, reflecting high yields of corn grains. Nitrogen (N) is the nutrient most required by the corn plant. The acquisition of nitrogen fertilizers can account for 50% of the variable costs of the crop. Thus, the use of diazotrophic bacteria is considered an economically viable and sustainable alternative source for the acquisition of this nutrient through the biological fixation of N by these microorganisms. In view of the above, the objective of this research was to verify the development, productive component and productivity of corn grains under different soil management and foliar inoculation by *Azospirillum brasilense* and / or *Bacillus amyloliquefaciens*. The experiment was conducted during the agricultural year of 2016/17 in a Distroferric Red Oxisol located at the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE) - Vegetable Production Sector belonging to the Faculty of Engineering of Ilha Solteira, Selvíria - MS. The experimental design was a randomized complete block design. Twelve treatments with four replicates were established. The treatments were constituted by 3 types of soil management systems: Tillage (SC), minimum tillage (CM) and notillage (SPD). The treatments of foliar inoculation of diazotrophic bacteria consisted of: *Azospirillum brasilense* (AB), *Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Azospirillum brasilense* + *Bacillus amyloliquefaciens* (AB + BA) and No Inoculation (SI). There was no significant effect of the application of bacteria on plant height, stalk diameter, ear diameter and ear length. There was interaction for the first ear insertion height and grain yield. The inoculation with *Bacillus amyloliquefaciens* promoted increases at the insertion height of the first ear when using the minimum culture (1,31 m). Inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus amyloliquefaciens* provided an increase in grain yield in conventional tillage.

Keywords: Soil tillage. *Zea mays L.* . *Azospirillum brasilense. Bacillus amyloliquefaciens*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem de satélite da localização do experimento, FEPE. Selvíria - MS, Brasil, 2018..... 23
Figura 2 - Valores de temperaturas máxima, média, mínima e precipitação pluvial referente ao período de condução do experimento. Selvíria - MS, Brasil, 2016/17..... 24
Figura 3 - Croqui da área experimental. Selvíria - MS, Brasil, 2016..... 26
Figura 4 - Esquema da parcela experimental. Selvíria - MS, Brasil, 2016..... 26
Figura 5 - Determinação do comprimento de espiga. Selvíria - MS, Brasil, 2017..... 53
Figura 6 - Determinação do diâmetro de espiga. Selvíria - MS, Brasil, 2017. 53
Figura 7 - Colheita do milho. Selvíria - MS, Brasil, 2017..... 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,20 m nos três sistemas de manejo do solo estudados. Selvíria - MS, Brasil, 2013..... 25

Tabela 2 - Esquema da análise de variância para o delineamento em blocos ao acaso, esquema em faixas. Selvíria, MS, Brasil, 2016..... 31

Tabela 3 - Altura da planta (ALP), altura inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE) e comprimento da espiga (CE) em função do manejo do solo e inoculação com bactérias promotoras de crescimento de planta. Selvíria - MS, Brasil, 2017..... 33

Tabela 4 - Desdobramento da interação entre os fatores preparo do solo e inoculação, para altura de inserção da primeira espiga. Selvíria - MS, Brasil, 2017..... 34

Tabela 5 - Índice de fileiras por espiga (IFE); Índice de grãos por fileira (IGF) e Índice de grãos por espiga (IGE) em função do manejo do solo e da inoculação com bactérias promotoras de crescimento de planta. Selvíria - MS, Brasil, 2017..... 35

Tabela 6 - Estande inicial de plantas (EIP), estande final de plantas (EFP), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos de milho (PG) em função do manejo do solo e da inoculação com bactérias promotoras de crescimento de planta. Selvíria - MS, Brasil, 2017. 36

Tabela 7 - Desdobramento da interação entre os fatores manejo do solo e inoculação, para produtividade de grãos de milho. Selvíria - MS, Brasil, 2017..... 37

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**.....	11
2	**REVISÃO DE LITERATURA**.....	14
2.1	Milho *Zea mays L*.....	14
2.2	Sistema convencional.....	15
2.3	Cultivo mínimo.....	16
2.4	Sistema plantio direto.....	17
2.5	*Azospirillum brasilense*.....	19
2.6	*Bacillus amyloliquefaciens*.....	20
3	**MATERIAL E MÉTODOS**.....	23
3.1	**Localização e características gerais da área experimental**..	23
3.2	**Tratamentos e delineamento experimental**.....	25
3.3	***Caracterização e preparo do solo***.....	27
3.3.1	***Implantação e condução da cultura de milho***.....	27
3.3.2	***Avaliações***.....	28
3.3.2.1	***Estande inicial de plantas***.....	28
3.3.2.2	***Estande final de plantas***.....	28
3.3.2.3	***Altura da planta***.....	28
3.3.2.4	***Altura inserção da primeira espiga***.....	28
3.3.2.5	***Diâmetro do colmo***.....	29
3.3.2.6	***Diâmetro da espiga***.....	29
3.3.2.7	***Comprimento de espiga***.....	29
3.3.2.8	***Índice de fileiras por espiga***.....	29
3.3.2.9	***Índice de grãos por fileira***.....	29
3.3.2.10	***Índice de grãos por espiga***.....	29
3.3.2.11	***Massa de cem grãos***.....	30
3.3.2.12	***Produtividade de grãos***.....	30
3.4	**Análise estatística**.....	30
4	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**.....	32
5	**CONCLUSÕES**.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40
	APÊNDICE.....	53

1 INTRODUÇÃO

O milho é um cereal de grande importância para a alimentação humana e animal representando mais de 60% do volume utilizado para a alimentação de aves, suínos e bovinos (EMBRAPA, 2011). Além disso, possui um grande potencial de adaptabilidade a diferentes sistemas de produção. É o terceiro cereal mais cultivado no mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, onde são cultivados em média 12 milhões de hectares a cada safra, perdendo apenas para os Estados Unidos e China (BERGAMASCHI *et al.*, 2014.).

A adoção de medidas conservacionistas de manejo e uso do solo que visem racionalizar o uso de máquinas e promover maior conservação do solo, apresenta-se como alternativa para contribuir com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (SILVA *et al.*, 2000). O sistema plantio direto é uma técnica de conservação do solo que tem proporcionado acréscimo na produtividade do milho, caracteriza-se por ser um sistema de manejo no qual se evita a mobilização do solo. Dentre as vantagens desse sistema de cultivo podem ser ressaltadas: o controle da erosão, conservação da umidade do solo, controle de plantas daninhas, melhoria da estruturação do solo e das condições fitossanitárias da cultura que consequentemente cria um novo ambiente microecológico (CRUZ, 2014).

O nitrogênio (N) é o nutriente mineral mais exigido pela planta de milho. De acordo com o Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA) (2017) para a cultura do milho na safra 2017/2018 a aquisição de fertilizantes nitrogenados foi responsável por 50% dos custos variáveis da lavoura . Devido à alta demanda energética do processo de fabricação de fertilizantes nitrogenados diversos impactos ambientais negativos nos ecossistemas são gerados pela fabricação deste fertilizante (ROCHA *et al.*, 2013). Brum *et al.* (2016) e Kaneko *et al.* (2016) mencionam o excesso de nitrato nos mananciais como um dos efeitos negativos causados pelo uso de fertilizantes químicos nitrogenados.

Há um grupo específico de bactérias capazes de fixar nitrogênio dentre elas destaca-se o gênero *Azospirillum* que abrange um grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) de vida livre encontrada em quase todos os lugares da terra (HUERGO *et al.*, 2008). Essas bactérias utilizam

no seu metabolismo fontes de N como amônia, nitrato, nitrito, aminoácidos e nitrogênio molecular (TRENTINI, 2010).

O *Bacillus amyloliquefaciens* faz parte do grupo de BPCP, porém, ainda pouco estudado, tem apresentado resultados importantes para o avanço de sistemas produtivos sustentáveis, que vem sendo associada à proteção de plantas, com resultados positivos na promoção de crescimento de plantas (KASIM *et al.*, 2013; NAUTIYAL *et al.*, 2013), assim como na redução das perdas causadas por fungos e nematoídes fitopatogênicos (ALVAREZ *et al.*, 2012), além da solubilização de fosfatos minerais e outros nutrientes do solo, oxidação do enxofre, aumento da permeabilidade das raízes e produção de sideróforos (PII *et al.*, 2015).

As BPCP estimulam o crescimento das plantas por diversos mecanismos, incluindo síntese de fitohormônios, além disso, promove melhoria da nutrição nitrogenada e de outros nutrientes, melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, atenuação/minimização de estresse e controle biológico da microbiota patogênica, salienta-se que essas bactérias auxiliam no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, consequentemente, no aumento do volume de substrato de solo explorado (HUNGRIA *et al.*, 2010a). Estas podem gerar diversos estímulos para o crescimento das plantas, destacando-se a fixação biológica de N (FUKAMI *et al.*, 2016).

A crescente demanda mundial para a produção de alimentos não só para o consumo humano, mas também animal tem levado a busca por sistemas agrícolas sustentáveis e economicamente viáveis, além do uso de técnicas de manejo e conservação do solo e da água, e fontes alternativas de nutrientes afim de diminuir os custos com fertilizantes e o impacto ambiental causado pela aplicação desordenada de fertilizantes, além do uso excessivo do solo, o que causa impacto direto nos fatores químicos, físicos e biológicos do solo, sendo consequentemente, refletido em baixas produtividades agrícolas.

Diante disso, torna-se necessário o estudo sobre sistemas de manejo do solo que minimizem os impactos ambientais negativos gerados pelo uso excessivo do solo, salientando que as bactérias diazotróficas tem demonstrado resultados eficientes em diversos trabalhos no qual justificam a sua utilização como uma alternativa eficiente para ampliar a capacidade das plantas em absorver nutrientes. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou estudar o

desenvolvimento, componente produtivo e produtividade de grãos de milho sob diferentes manejos de solo e inoculado via foliar por *Azospirillum brasilense* e/ou *Bacillus amyloliquefaciens*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Milho (*Zea mays* (L.))

O milho (*Zea mays* (L.)) é uma gramínea de ciclo anual, originário do Continente Americano, pertencente à família *Poaceae*, monóica, cada planta de milho desenvolve de 20-21 folhas totais, floresce cerca de 65 dias após a emergência e atinge sua maturidade fisiológica cerca de 125 dias após a emergência (CÉSAR; DURÃES, 2006). Apresenta extensa área foliar e mecanismo C4 de fixação de CO_2, sendo assim considerada uma planta eficiente na conversão da radiação solar em produção de biomassa (SANGOI *et al.*, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2017).

O cultivo do milho pelo homem data desde os primórdios da agricultura há cerca de 7000 mil anos (PATERNIANI; CAMPOS, 2005). Com o avanço das pesquisas e do melhoramento genético características agronômicas favoráveis, visando a produção de alimentos tem sido selecionadas afim de utilizar de maneira mais eficiente a planta (BORÉM *et al.*, 2015).

O milho é considerado um dos cereais mais cultivados do mundo, devido a sua versatilidade e alta capacidade de adaptabilidade em variadas condições agroclimáticas (CRUZ, 2013). Contribui como base alimentar não apenas para a alimentação humana, mas também animal, devido a seu alto valor energético e qualidades nutricionais. Segundo a FAO (2017), a utilização mundial total de milho para alimentar animais ultrapassou 583 milhões de toneladas em 2016/17. Além disso, é considerado de grande importância para a formação da renda do setor agrícola podendo ser aplicável em diversos segmentos da indústria (MARAG; SUMAN, 2018).

Atualmente, o Brasil está em 3° lugar no ranking da produção mundial do milho, superado apenas pelos EUA e pela China (FAO, 2017). A produção para a primeira safra 2017/18 foi de 25,6 milhões de toneladas e a produção nacional de segunda safra possui estimativa de produção de 63,261 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

Entre as características que fazem o Brasil ser um dos principais produtores de milho pode-se destacar sua grande extensão territorial, adaptabilidade da cultura ao clima e ao solo brasileiro, além de ser uma opção rentável para safra e segunda safra (CORRÊA, 2018).

Há uma perspectiva global de aumento na demanda e no preço do grão. No ano de 2017, uma área de aproximadamente 16 milhões de hectares (28,5% da área total cultivada com grãos no Brasil) foi destinada à cultura no país, com produtividade média de 5.249 kg ha e produção total de 84,5 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

No entanto, a baixa fertilidade do solo é um fator limitante à baixa produtividade do milho (PAIVA *et al.*, 2012). O nitrogênio é o nutriente mineral mais exigidos pela planta de milho. A deficiência de nitrogênio em plantas de milho caracteriza-se pelo amarelecimento das folhas mais velhas, morte prematura de folhas e/ou plantas, colmos finos e aumento da taxa de tombamento de plantas, espigas de tamanho reduzido com extremidades achatadas e grãos com baixa densidade (FANCELLI, 2000; FERREIRA, 2012). Além disso, pode reduzir a diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga e o número de espigas por planta e, com isso, afetar negativamente o rendimento de grãos (MENGEL; BARBER, 1974). A deficiência desse nutriente pode acarretar em perdas de produtividade de 14 a 80 % (FANCELLI; DOURADO NETO, 2008).

2.2 Sistema Convencional

O preparo convencional do solo consiste nas operações de aração e gradagem que promovem o revolvimento das camadas superficiais, destorroamento e nivelamento do solo com a finalidade de reduzir a compactação e formar uma camada adequada para as fases de semeadura, germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, tendo também como objetivo reduzir a infestação de plantas daninhas, auxiliando no controle de pragas e patógenos (EMBRAPA, 2017).

As principais características desse sistema é o uso intensivo de mecanização e revolvimento do solo (EMBRAPA, 2013). Esta sequência de operações de preparo aliada ao tráfego de maquinas expõem o solo ao processo de erosão e formação de “pé de grade” ou “pé de arado” dependendo do equipamento utilizado (SILVA, 1992).

Segundo Gadanha Júnior *et al.* (1991) e Silveira (1989) a grade pesada causa espelhamento no fundo do sulco, o que reflete em características desvantajosas ao solo, pois aumenta a densidade e reduz a infiltração de água

no solo. Além disto, a grade proporciona maior desagregação e redução do espaço poroso do solo, o que resulta na redução do teor de matéria orgânica do solo e somente consegue romper camadas compactadas localizadas mais próximas à superfície do solo.

O sistema de preparo convencional acelera a decomposição da matéria orgânica (ARATANI *et al.*, 2009). A mobilização excessiva do solo ocasiona aumento da taxa de decomposição dos resíduos vegetais (GONÇALVES *et al.*, 2010) e a mineralização da matéria orgânica. O tráfego intenso de máquinas e implementos agrícolas no preparo do solo pode agravar esse processo (FREITAS *et al.*, 2016).

De acordo com Loss *et al.* (2015), estas práticas de uso intensivo do solo ocasionam a fragmentação da cobertura e dos resíduos vegetais, proporcionando a ruptura dos agregados presentes no solo.

Cardoso (2017) verificou em experimentos de longa duração (12,15 e 32 anos), em LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico argiloso, após abertura da mata nativa no primeiro ano de implantação dos experimentos, menor teor de carbono orgânico no preparo convencional, devido a exposição e oxidação da matéria orgânica, reflexo do manejo do solo por aração ou gradagem.

Os solos erodidos de áreas de lavouras acumula-se nos mananciais superficiais de água, acentuando o processo de assoreamento, além de carregar uma elevada gama de nutrientes. A perda média de solo por erosão em áreas terraceadas e manejadas sob sistema convencional, dependendo do tipo de solo, sob aração mais duas gradagens, pode chegar a 20 t ha ano (EMBRAPA, 2017). Entretanto, o revolvimento pode ser necessário quando há problemas de compactação, contribuindo no rearranjo das partículas resultando em maior aeração e infiltração de água no solo e eliminação de plantas daninhas (ALBUQUERQUE; SANGOI; ENDER, 2001).

2.3 Cultivo mínimo

De acordo com ASAE (1982) e Dallmeyer (1994), o cultivo mínimo pode ser definido como aquele que proporciona menor número de operações que o preparo convencional. Bem como menor incorporação de resíduos vegetais, menor inversão do solo e redução das perdas de solo e água (SOUZA, 2017).

Buhler (1995) considera o cultivo mínimo um preparo conservacionista, pois proporciona boa preservação dos recursos ambientais, mantem no mínimo 30% da superfície do solo coberta com palha, entre o período compreendido da colheita da cultura anterior e a implantação da próxima cultura. É considerado um dos responsáveis, juntamente com o sistema plantio direto, pela continuidade da exploração agrícola (FREITAS *et al.*, 2016).

No sistema cultivo mínimo, de acordo com Lanças (2002), o escarificador é um implemento utilizado com a função de desagregar o solo, trabalhando a uma profundidade de até 0,35 m. A escarificação é uma operação, de alto consumo energético, mecanização e de tempo elevado, portanto dever ser aplicada somente em casos onde a compactação é constatada (GIRARDELLO *et al.*, 2011).

Martinez *et al.* (2011) concluíram que a escarificação no plantio direto reduziu a compactação e proporcionou aumento significativo na produtividade de grãos quando comparada com o plantio direto até dois anos após a operação de preparo.

Drescher *et al.* (2016) constataram em seus estudos sobre a longevidade dos efeitos da escarificação mecânica em sistema plantio direto que, até 18 meses após a operação, ainda era possível notar efeitos positivos no solo.

Secco *et al.* (2009) verificaram um aumento de 17% na produtividade de grão de milho, em solo escarificado. No entanto, Mahl *et al.* (2008), Bertolini *et al.* (2008) e Seki et al, (2015), não obtiveram diferenças significativas na produtividade do milho em solo escarificado quando comparado aos outros tipos de preparo de solo.

2.4 Sistema plantio direto

O sistema plantio direto (SPD) é um conjunto de técnicas conservacionistas que revolucionaram a agricultura brasileira, uma alternativa sustentável para os sistemas agrícolas tropicais e subtropicais, entre as vantagens desse sistema de cultivo pode-se destacar: redução da erosão do solo, ciclagem de nutrientes, armazenamento de água, melhorias das condições fitossanitárias da cultura e qualidade física, química e microbiológica do solo (MATEUS *et al.*, 2016).

Esse sistema é constituído por práticas que envolvem necessariamente rotação de culturas, mobilização mínima do solo exclusivamente na linha de semeadura e cobertura permanente do solo (CASSOL *et al.*, 2007). Consequentemente resulta em melhoria e aumento da biodiversidade do solo, proporcionada pela rotação de culturas, decomposição de espécies vegetais, revolvimento mínimo no solo e cobertura permanente na superfície do solo (SOUZA; RESENDE, 2014), além da conservação do solo essa técnica também reflete em aumento da capacidade produtiva do solo sob as culturas (SALTON *et al.*, 1998; CERETTA *et al.*, 2002; FRANCHINI *et al.*, 2003; ALMEIDA *et al.*, 2016).

A área correspondente ao plantio direto no Brasil segundo o último levantamento realizado em 2012, encontrava-se em torno de 31,8 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2012), o que corresponde a 53% da área cultivada com culturas produtoras de grãos na safra 2016/17 (CONAB, 2017).

O sucesso do plantio direto na produção agrícola, está relacionado diretamente com a decomposição dos resíduos vegetais (COSTA *et al.*, 2016). Nesse sistema é considerado uma menor decomposição da cobertura vegetal, acumulando a matéria orgânica e aumentando o teor de C orgânico total, melhorando a estrutura dos agregados (BARRETO *et al.*, 2009).

Entretanto, tem-se observado no plantio direto, a ocorrência de compactação da camada superficial do solo (BERTOL *et al.*, 2004), bem como consequente aumento da resistência do solo à penetração e a redução da macroporosidade (GOZUBUYUK *et al.*, 2014; SOUZA, 2017).

Em um estudo realizado por Muniz *et al.* (2014), no estado do Amazonas, foi observado maior produtividade de milho cultivado em sistema plantio direto quando comparado com o cultivo do milho no sistema convencional, com aração e gradagem, além disso o sistema plantio direto, proporcionou aumento na quantidade de carbono orgânico no solo em camadas superficiais.

A compactação do solo é considerada como principal causa de degradação da qualidade física do solo (FRANCHINI *et al.*, 2011). Sendo assim, um dos desafios enfrentados para se conseguir elevadas produtividades em áreas sob sistema plantio direto mecanizado tendo como consequências o decréscimo de produtividade, aumento da resistência à penetração do solo que

ocasiona a redução no desenvolvimento radicular das plantas (GIRARDELLO *et al.*, 2017).

2.5 *Azospirillum brasilense*

Azospirillum spp. é caracterizada como bactéria gram-negativa, de vida livre no solo, em forma de bastonete, com movimento vibroide, com flagelo polar e cílios laterais apresentando diâmetro entre 0,8 e 2 µm e 2 a 4 µm de comprimento, metabolismo de carbono e N bastante versáteis, o que lhes confere competitividade durante o processo de colonização (DÖBEREINER *et al.*, 1995; DROZDOWICZ, 1997). As fontes de carbono preferenciais destes micro-organismos são ácidos orgânicos, como o malato e o piruvato, preferência de frutose em relação à glicose (DÖBEREINER, 1992). Temperatura ideal de crescimento varia entre 28 e 41ºC (ECKERT *et al.*, 2001). Podem colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas (HUNGRIA, 2011).

As sínteses de hormônio estão associadas principalmente com a produção de auxinas (ácido 3-indolacético), giberelinas e citocininas (FIGUEIREDO *et al.*, 2008) e também de etileno (STRZELCZYK; KAMPERT; LI, 1994), podendo agir como solubizador de fosfato ou acelerador do processo de mineralização (PERSELLHO-CARINEAUX *et al.*, 2003; SÁ JÚNIOR, 2012), tornando-o disponível para a planta, mediante a secreção de ácidos ou enzimas produzidas pelas bactérias conhecidas como fosfatases. Estas enzimas são capazes de solubilizar o P orgânico procedente da matéria orgânica mediante hidrólises (ALEXANDER, 1978; JHA; SARAF, 2015).

A auxina participa na indução de raízes adventícias e inibição da abscisão foliar (TAIZ; ZEIGER, 2017), consequentemente retarda a senescência foliar na presença da citocinina, fazendo com que o milho mantenha suas folhas metabolicamente ativas por maior período de tempo no campo, mesmo depois da maturidade fisiológica da planta (RAVEN *et al.*, 2007).

Entre os benefícios da interação entre essas bactérias e a planta pode-se citar a produção de maior quantidade de flavonoides e isoflavonoides, os quais estimulam a nodulação (BURDMAN *et al.*, 1996); aumento da resistência a condições adversas como seca, salinidade e compostos tóxicos; aumento da

permeabilidade da raiz e melhorias na absorção de nutrientes (BASHAN; BASHAN, 2005); fixação biológica do nitrogênio (FBN) (HUERGO *et al.*, 2008); aumento da atividade da redutase do nitrato (CASSÁN; GARCIA DE SALAMONE, 2008) e atuação no controle biológico de patógenos (CORREA *et al.*, 2008).

A FBN realizada por essas bactérias trata-se do processo de transformação do N_2 na forma inorgânica combinada NH_3, através da enzima nitrogenase, logo após a amônia é rapidamente convertida a amônio (NH_{+4}) e assimilada pela célula vegetal na forma de glutamina (NOVAKOWISKI *et al.*, 2011; REIS; TEIXEIRA, 2005; SANGOI *et al.*, 2015).

O processo de FBN realizado por essas bactérias em associação com gramíneas consegue suprir apenas parcialmente as necessidades das plantas em nitrogênio (HUNGRIA *et al.*, 2011).

Hungria *et al.* (2010) verificaram que a inoculação de *Azospirillum brasilense* promoveu aumento na produtividade de grãos de milho de 26% e Lana *et al.* (2012) verificaram aumento de 15,4%.

Hungria (2011) relatou aumento da produtividade do milho devido à inoculação com *Azospirillum,* este efeito positivo deve-se à capacidade de FBN e aumento de absorção de outros nutrientes, como o P e K por parte desse microrganismo. A utilização de inoculantes contendo a BPCP *Azospirillum brasilense* pode suceder em uma economia estimada de US$ 2 bilhões por ano.

Novakowiski *et al.* (2011) observaram que a inoculação de milho com *Azospirillum brasilense* pode estimular o desenvolvimento do sistema radicular, devido a liberação de hormônios de crescimento, como auxinas, além de melhorar eficiência do uso do N do solo.

2.6 Bacillus amylolliquefaciens

Bacillus spp é um gênero de bactérias gram-positivas, aeróbios obrigatórios ou facultativos, produtores de enzima catalase, crescem em variadas fontes de carbono e possuem a capacidade de formam endósporos como estrutura de sobrevivência em períodos de estresse ambiental (MADIGAN *et al.*, 2016). Formato de bastonete (JOUNG; CÔTÉ, 2002; TOYOTA, 2015). As células bacterianas deste gênero apresentam um tamanho que varia 0,5 a 2,5 µm x 1,2-10 µm (BERGEY; JOHN G. HOLT, 2000; ANDERSON, 2003).

Atualmente existem 336 espécies e sete sub-espécies de microrganismos do gênero *Bacillus* (EUZÉBY, 2017).

São encontrados em diversos habitats terrestres, marinhos e aquáticos (SIEFERT *et al.*, 2000; MIRANDA *et al.*, 2008), ambientes de alta e/ou baixa temperatura (CACCAMO *et al.*, 2000; LOGAN *et al.*, 2000), e também no interior de tecidos de plantas como milho (RIJAVEC *et al.*, 2007; KAMPFER *et al.*, 2015; KAMPFER *et al.*, 2016). Podem ser encontrados em diversas partes da planta, contudo em maior concentração na região rizosférica onde a liberação de exsudados da raiz favorece o sinergismo microrganismo com a planta (ARAUJO; GUERREIRO, 2010).

Apresentam crescimento rápido característica que pode ser atribuída a capacidade de produção de enzimas extracelulares que podem ser utilizadas como fonte energética para a célula (MADIGAN *et al.*, 2016). Seu genoma é constituído por um grupo de genes implicados nas sínteses de lipopeptídeos e policétidos com atividade antifúngica e nematicida (CHEN *et al.*, 2009). Além da produção de antibióticos como bacitracina, polimixina, tirocidina, gramicidina e circulina, que ocorrem durante e após o processo de esporulação (MADIGAN *et al.*, 2016).

Várias linhagens de *Bacillus* podem ser utilizadas como agentes de controle biológico contra pragas e doenças (MADIGAN *et al.*, 2016). O *Bacillus amyloliquefaciens* e algumas outras espécies de *Bacillus* foram reportadas como altamente efetivas no controle de doenças de plantas causadas principalmente por fungos fitopatogênicos e nematóides parasitas de plantas podendo ser empregadas no manejo de diversas culturas afim de reduzir os efeitos indesejados causados pelos parasitas (ZHANG, 2016; CIANCIO *et al.*, 2016; PALAZZINI *et al.*, 2016; TORRES *et al.*, 2017; RAO *et al.*, 2017).

Calvo *et al.* (2017) selecionaram uma linhagem de *Bacillus amyloliquefaciens* com forte ação inibitória contra patógenos de pós-colheita de laranja, maçã, uva, pêssego e ameixa. O *Bacillus amyloliquefaciens* é capaz de produzir forte ação antifúngica *in vitro* e *in vivo* contra agente de antagonismo.

Destaca-se a utilização de espécies de *Bacillus* como agente de controle biológico e promotoras de crescimento de plantas. Proporciona um método atrativo, eficiente e sustentável menos agressivo que defensivos e fertilizantes químicos (SHAFI *et al.*, 2017).

O sinergismo dessas bactérias causa efeitos benéficos ao solo, devido a reciclagem de nutrientes (GLICK, 2012), resistência da planta durante períodos de estresses (KAVAMURA *et al.*, 2013), possuem potencial para incremento da produtividade (SAHARAN; NEHRA, 2011), e podem aumentar a disponibilidade mineral de compostos como nitrogênio, fósforo e ferro nos solos após a colonização. A solubilização de fosfato aumenta a absorção de fósforo pelas plantas, incrementa a produção de aminoácidos, ácidos orgânicos, vitaminas e hormônios favoráveis ao solo e nutrição das plantas (SOUCHIE *et al.*, 2005).

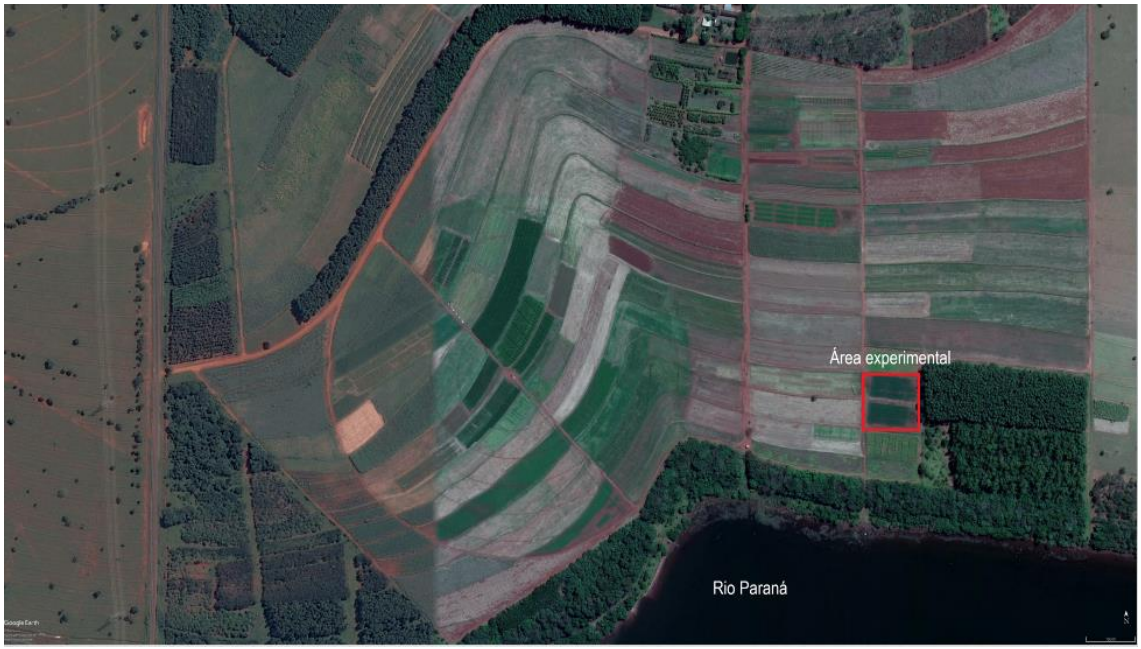
Vardharajula *et al.* (2011) observaram que *Bacillus* sp. proporcionou maior tolerância à seca em mudas de milho, reduzindo a atividade do antioxidante enzimas como ascorbato peroxidase (APX) e glutationa peroxidase (GPX). Pinglan *et al.* (2015), ao analisar o genoma do isolado de *B. amyloliquefaciens* L-H15, verificaram genes responsáveis pela produção de ácido indolacético (AIA), acetoina, além de iturina A e formação de biofilme.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características gerais da área experimental

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2016/17 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, pertencente a Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (FE/UNESP), Campus de Ilha Solteira. A área experimental está situada a 20º 20'de Latitude Sul e 51º 24' de longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 340 metros, localizada no município de Selvíria-MS (Figura 1). Enquadrada em região de cerrado, no sudeste do Mato Grosso do Sul. O relevo é caracterizado como moderadamente plano e ondulado. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, textura argilosa classificado por Demattê (1980) conforme Santos *et al.* (2014).

Figura 1 - Imagem de satélite da localização do experimento, FEPE. Selvíria - MS, Brasil, 2018.

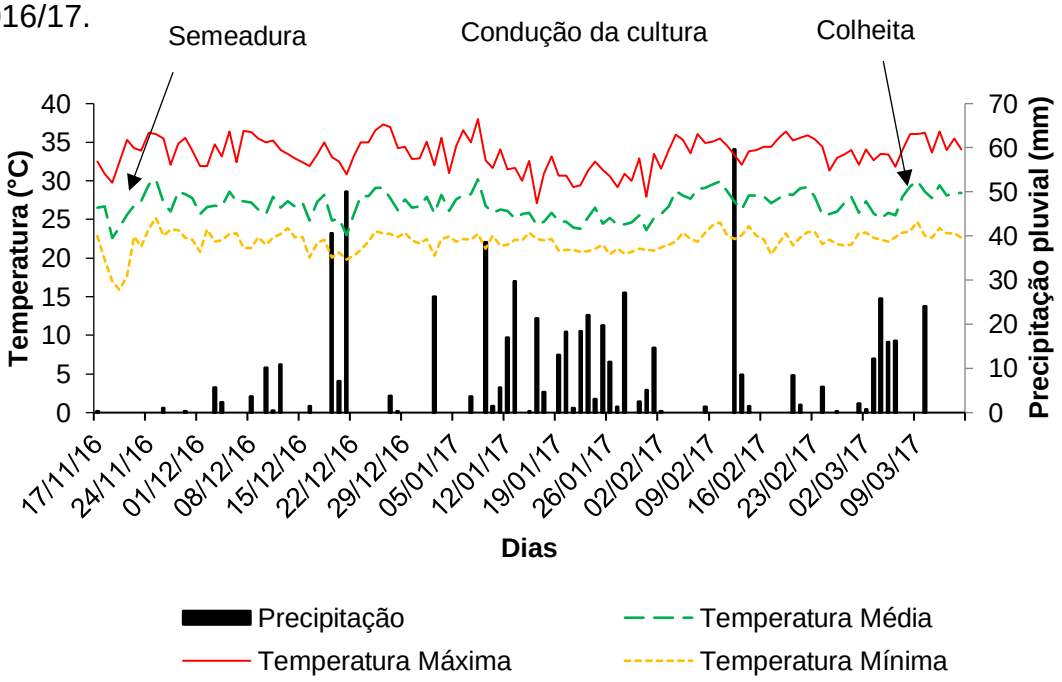


Fonte: Google Earth Pro (2018).

O clima é tipo Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual é de 1.370 mm, com temperatura média anual de 23ºC e umidade relativa do ar média anual de 75% (ROSA *et al.*, 2014).

Dados diários referentes às temperaturas máxima, média e mínima e precipitação pluvial, registrados durante a condução do experimento (17 de novembro a 09 de março de 2017), constam na Figura 2. Os dados climáticos foram coletados na Estação Meteorológica da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP – Setor de Produção Vegetal, situada a aproximadamente 1.000 m da área experimental.

Figura 2 - Valores de temperaturas máxima, média, mínima e precipitação pluvial referente ao período de condução do experimento. Selvíria - MS, Brasil, 2016/17.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Previamente à instalação do experimento em campo, foi realizada amostragem do solo da área em estudo na camada de 0,0 a 0,20 m para análise dos atributos químicos do solo (Tabela 1), conforme metodologia proposta por Raij *et al.* (2001).

A área em estudo vem sendo manejada desde o ano agrícola 1997/98 em três sistemas de manejo do solo, sendo estes: Convencional, Cultivo Mínimo e Sistema Plantio Direto. Para o sistema de rotação de culturas foram implantados milho, arroz ou soja no verão rotacionados com trigo ou feijão no inverno.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,20 m nos três sistemas de manejo do solo estudados. Selvíria - MS, Brasil, 2013.

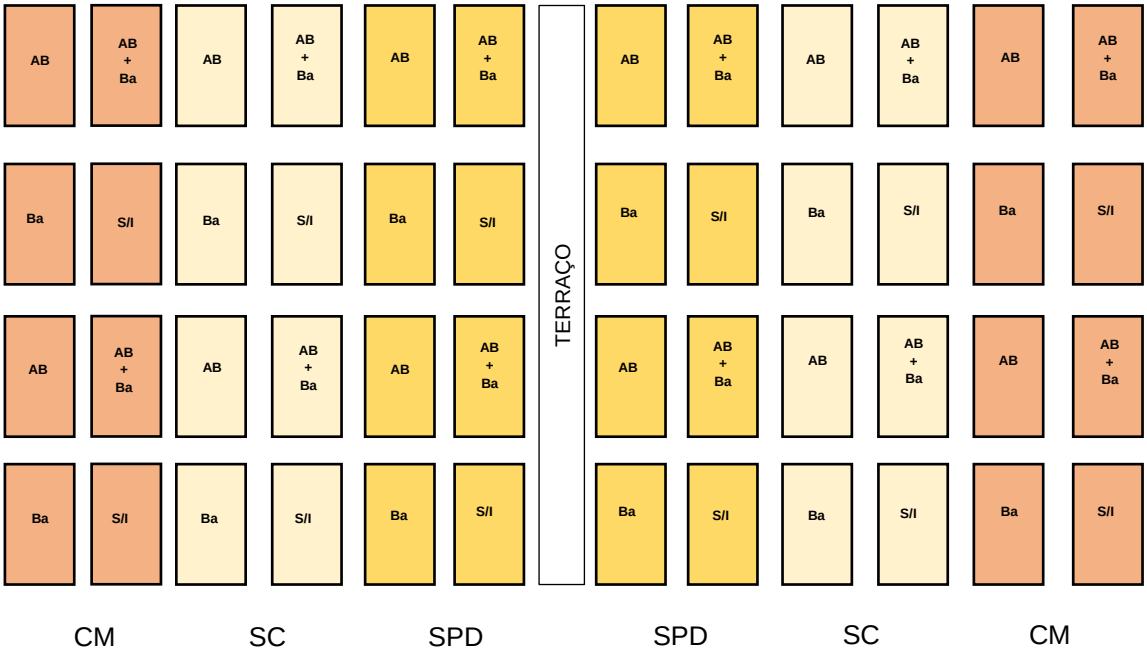
Manejo do solo [(a)]	pH $CaCl_2$	P [(b)] --mg dm^{-3}--	S	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V %	MO g dm^{-3}
				----------mmol$_c$ dm^{-3}----------							
SC	5,5	34	1	2,1	31	19	0	25	77,1	68	21
CM	5,5	26	2	1,9	30	18	0	24	73,9	68	20
SPD	5,5	31	2	2,0	29	19	0	25	75,0	67	20

[(a)] SC = Sistema convencional; CM = Cultivo mínimo; SPD = Sistema plantio direto. [(b)] Método da resina.
Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo - DEFERS.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

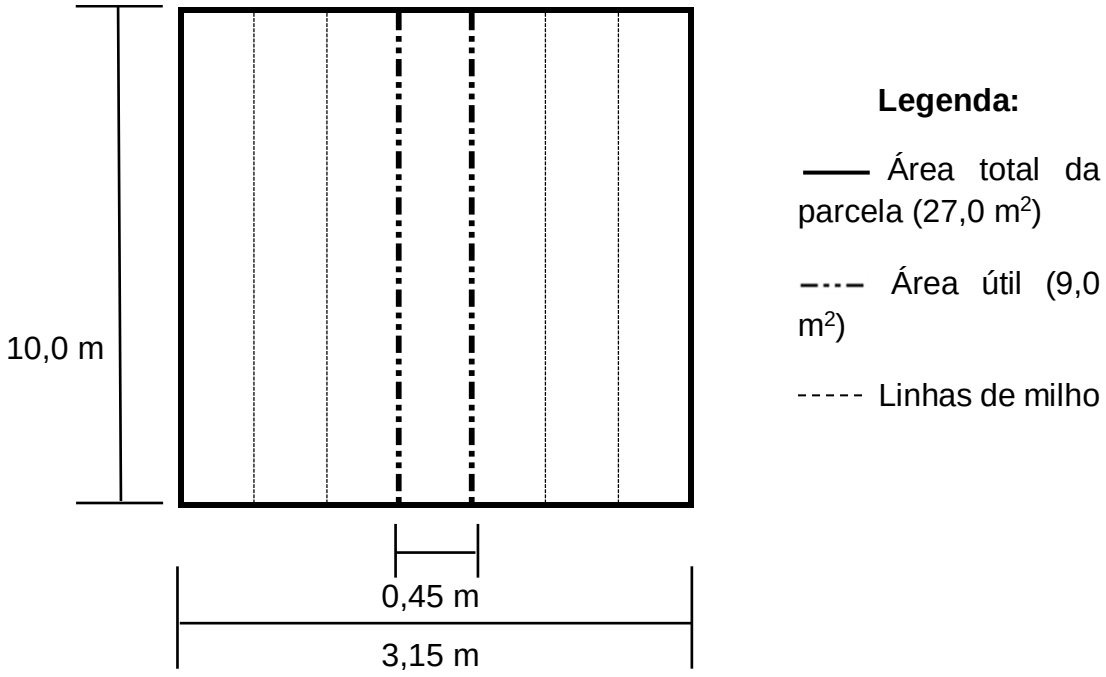
A área experimental foi composta por 48 parcelas com 10 metros de comprimento constituída por 7 linhas, com espaçamento de 0,45 m, sendo a área total da parcela 27 m^2. Foram estabelecidos 12 tratamentos com 4 repetições, os quais resultaram da combinação dos fatores sistemas de manejo do solo e inoculação via foliar de bactérias diazotróficas (Figura 3). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de faixas. Os tratamentos empregados foram constituídos por três tipos de sistemas de manejo do solo: Sistema Convencional (SC); Cultivo Mínimo (CM); Sistema Plantio Direto (SPD). Os tratamentos de inoculação via foliar com bactérias diazotróficas consistiram em: *Azospirillum brasilense* (AB); *Bacillus amyloliquefaciens* (BA); *Azospirillum brasilense+Bacillus amyloliquefaciens* (AB+BA); além de Sem Inoculação (SI). Para as avaliações foram utilizadas as duas linhas centrais de cada parcela experimental, constituindo em área útil de 9,0 m^2 (Figura 4).

Figura 3 - Croqui da área experimental. Selvíria - MS, Brasil, 2016.



CM= Cultivo minímo; SC= Sistema convencional; SPD= Sistema plantio direto. AB= *Azospirillum brasilense;* BA= *Bacillus amyloliquefaciens;* AB+BA= *Azospirillum brasilense+Bacillus amyloliquefaciens;* Sem Inoculação (SI).
Sem escala.
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 4 - Esquema da parcela experimental. Selvíria - MS, Brasil, 2016.



Fonte: Elaboração da própria autora.

3.3 Caracterização e preparo do solo

O preparo do solo no sistema convencional foi realizado com grade 14x32” na profundidade em torno de 0,20 m e com grade 32x20” na profundidade de 0,10 m. O preparo do sistema cultivo mínimo foi realizado com implemento escarificador de sete hastes à profundidade de trabalho de 0,35 m, com grade 32x20” à profundidade aproximada de 0,10 m. O manejo no sistema plantio direto foi realizado com a desintegração mecânica das coberturas vegetais.

A semeadura foi realizada mecanicamente por semeadora de 7 linhas, marca Marchesan, modelo Cop Flex Suprema, com mecanismos sulcadores tipo disco desencontrado defasado para a deposição de adubo e sementes, e sistema em rodado V para o fechamento do sulco. O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por meio de um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão com precipitação média de 3,3 mm hora^{-1} nos aspersores.

As práticas fitotécnicas e o manejo fitossanitário foram realizados durante a condução da cultura de acordo com a necessidade e com produtos específicos, visando manter as condições adequadas de sanidade para a cultura sem interferir no seu desenvolvimento.

3.3.1 Implantação e condução da cultura de milho

Utilizou-se o híbrido simples DKB 390 VT PRO, de ciclo precoce, grão semiduro amarelo-alaranjado. A inoculação via foliar foi realizada com o inoculante Masterfix Gramíneas®, com as estirpes AbV_5 e AbV_6 do *Azospirillum brasilense* (2x10^8 células viáveis mL^{-1}) e da cepa SB-10 (2,0 x 10^{11} células viáveis mL^1) *Bacillus amyloliquefaciens* na dose de 500 ml ha. A inoculação das bactérias via foliar foi realizada no estádio V4, nas primeiras horas da manhã, no qual as temperaturas são amenas e baixas velocidades do vento. Para a aplicação das bactérias foi utilizado pulverizador costal com ponta de jato cone vazio e volume de calda calculado para aplicar 200 L ha.

A adubação mineral foi realizada de acordo os resultados obtidos na análise química do solo para uma produtividade de 4000 a 6000 kg ha segundo Raij e Cantarella (1997), foram aplicados 250 kg ha do formulado 4-30-10 para

adubação de semeadura. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada aos 18 dias após a emergência (DAE). A fonte utilizada foi ureia 90 kg ha.

3.3.2 Avaliações

Durante a condução do experimento foram mensuradas características morfológicas, características da espiga, componentes de produção e produtividade da cultura do milho.

3.3.2.1 Estande inicial de plantas

O estande inicial de plantas foi determinado por meio da contagem das plantas nas duas linhas centrais de cada parcela de 10 metros e os valores foram expressos por ha.

3.3.2.2 Estande final de plantas

O estande final de plantas foi realizado antecedendo a colheita das espigas, também mediante a contagem das plantas presentes nas duas linhas centrais de cada parcela e os valores obtidos também foram expressos em plantas ha.

3.3.2.3 Altura da planta

Para a identificação da altura média de planta foi utilizada uma régua graduada, sendo mensuradas 5 plantas amostrais aleatoriamente as quais foram medidas a 1 cm do nível do solo até o final da haste, com os resultados expressos em metros.

3.3.2.4 Altura inserção da primeira espiga

A altura média de inserção da primeira espiga foi obtida pela distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga principal com o colmo, com uso de régua graduada. Considerou-se as mesmas plantas utilizadas para a determinação da altura média de planta, com os resultados expressos em metros.

3.3.2.5 Diâmetro do colmo

O diâmetro do colmo foi aferido a partir do segundo internódio de baixo para cima com o auxílio de um paquímetro digital, modelo CD-6 CSX-B (Mitutoyo Sul Americana®), considerou-se as mesmas plantas utilizadas na obtenção da altura média de planta e de inserção da primeira espiga, com os resultados expressos em milímetros.

3.3.2.6 Diâmetro da espiga

O diâmetro da espiga foi obtido medindo-se o terço central da espiga, amostrou-se 5 espigas representativas por parcela, após a colheita e antes da trilha dos grãos. Os resultados foram expressos em milímetros.

3.3.2.7 Comprimento de espiga

Para a determinação do comprimento de espiga considerou-se aleatoriamente 5 espigas por parcela as quais foram medidas da base até o ápice com a utilização de régua graduada. As mesmas utilizadas para a determinação do diâmetro de espiga, com os resultados expressos em centímetros.

3.3.2.8 Índice de fileiras por espiga

A determinação do índice de fileiras por espiga foi realizado através da contagem de fileiras de grãos no sentido longitudinal da espiga, amostrando-se cinco espigas por parcela.

3.3.2.9 Índice de grãos por fileira

A determinação do índice de grãos por fileira foi realizado por meio da contagem de grãos por fileira no sentido vertical da espiga. Considerou-se as mesmas espigas utilizadas para a determinação do índice de fileiras por espiga.

3.3.2.10 Índice de grãos por espiga

Para a determinação do índice de grãos por espiga foi realizado a contagem de todos os grãos da espiga. Considerou-se as mesmas espigas

utilizadas para a determinação do índice de fileiras por espiga e índice de grãos por fileira.

3.3.2.11 Massa de cem grãos

A determinação da massa de cem grãos foi realizada por meio da contagem e pesagem de 100 grãos, coletados ao acaso, para as quatro repetições por parcela, possibilitando estimar a massa de cem grãos corrigida para 13% de umidade (base úmida – b.u.), mediante o uso do aparelho portátil modelo *Multi-Grain* (Dickey-Jhon®), o qual propicia leitura em display digital.

3.3.2.12 Produtividade de grãos

A produtividade de grãos foi obtida a partir da trilha e pesagem dos grãos oriundos das espigas colhidas nas duas linhas centrais de cada parcela. Os valores obtidos foram extrapolados para kg ha e corrigidos para 13% de umidade (b.u.).

3.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância e quando constatada interação significativa ($p< 0,05$) entre os fatores de variação, realizou-se o desdobramento, comparando as médias de sistema de manejo do solo e inoculação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p<0,05$), conforme Pimentel Gomes e Garcia (2002). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Sisvar 5.6® (FERREIRA, 2014).

O esquema da análise de variância utilizado, demonstrando as fontes de variação, graus de liberdade, quadrados médios e a obtenção dos valores do teste F, é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Esquema da análise de variância para o delineamento em blocos ao acaso, esquema em faixas. Selvíria, MS, Brasil, 2016.

Fonte de Variação	GL teórico	GL real (nº)	QM	Valor F
Bloco (B)	(b-1)	2	QM_1	QM_1/QM_3
Manejo do solo (M)	(m-1)	3	QM_2	QM_2/QM_3
B x M (Erro a)	(b-1)x(m-1)	6	QM_3	-
Inoculação (I)	(i-1)	3	QM_4	QM_4/QM_5
B x I (Erro b)	(b-1)x(i-1)	9	QM_5	-
M x I	(m-1)x(i-1)	6	QM_6	QM_6/QM_7
Resíduo	[i(mi-1)-(m-1)-(i-1)](b-1)	18	QM_7	-
Total	mib-1	47	-	-

1 GL = Graus de liberdade; QM = Quadrado médio.
Fonte: Elaboração da própria autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A forma de inoculação dessas bactérias, variações de ambiente e no solo, características genéticas das plantas e das estirpes, alteram a resposta de espécies de gramíneas à inoculação de bactéria (HUNGRIA, 2011; MORAIS, 2012).

Não houve efeito significativo ($p>0,05$) sobre a variável altura de plantas, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga e comprimento da espiga, entretanto, houve interação entre o manejo do solo e inoculação para altura de inserção da primeira espiga (Tabela 3). Resultados semelhantes foram constatados por Cordeiro (2017), estudando o desempenho agronômico do milho em resposta à inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas onde o mesmo também não encontrou significância ($p>0,05$) para altura de planta e diâmetro do colmo.

O diâmetro do colmo é uma característica morfológica importante por estar relacionada ao percentual de acamamento e quebramento de planta na cultura do milho, que pode resultar em perdas significativas na produção (KAPPES *et al.*, 2013). Além disso, está diretamente associado à obtenção de alta produtividade, em razão de que quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos (KAPPES *et al.*, 2011a).

Tabela 3. Altura da planta (ALP), altura inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE) e comprimento da espiga (CE) em função do manejo do solo e inoculação com bactérias promotoras de crescimento de planta. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

MANEJO DO SOLO (MS)	ALP (m)	AIE (m)	DC (mm)	DE (mm)	CE (cm)
CONVENCIONAL	2,45	1,31	21,77	52,19	17,87
CULTIVO MÍNIMO	2,44	1,24	21,19	51,94	17,37
SISTEMA PLANTIO DIRETO	2,50	1,28	21,82	51,60	18,43
F (MANEJO DO SOLO)	1,335 NS	2,313 NS	0,516 NS	0,134 NS	1,274 NS
P	0,3313	0,1801	0,6214	0,8768	0,3458
CV%	4,33	7,37	8,96	6,24	10,53
INOCULAÇÃO (I)	ALP (m)	AIE (m)	DC (cm)	DE (cm)	CE (cm)
S/I	2,48	1,28	21,47	52,39	17,66
BA	2,47	1,32	21,65	51,35	18,33
AB	2,42	1,25	21,69	51,53	17,91
AB+BA	2,46	1,27	21,57	52,39	17,66
F (INOCULAÇÃO)	1,286 NS	2,147 NS	0,176 NS	1,196 NS	1,254 NS
P	0,3373	0,1643	0,9098	0,3652	0,3468
CV%	3,06	5,35	3,70	3,38	5,44
F (MS x I)	1,059 NS	3,473 *	0,727 NS	1,589 NS	1,038 NS
P	0,4220	0,0185	0,6336	0,2073	0,4337
CV%	2,90	3,72	4,19	2,35	6,18

NS = Não-significativo; * = Significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração da própria autora.

A interação manejo do solo e inoculação influenciou a altura de inserção da primeira espiga (p<0,05) (Tabela 4). Constatou-se para altura de inserção da primeira espiga que os preparos de solo com grade pesada e sistema plantio direto apresentaram as maiores alturas, além disso, houve diferença entre as inoculações quando comparadas com as plantas sem inoculação dentro de cada preparo, porém, o tratamento cultivo mínimo quando inoculado com *Azospirillum brasilense* apresentou menores alturas de inserção da primeira espiga.

A altura de inserção da primeira espiga é uma variável que interfere diretamente na colheita, uma vez que a regulagem mais alta da plataforma reduz o risco de embuchamento (ALVARENGA *et al.*, 2006). O equilíbrio entre altura de planta e espiga são importantes para a cultura do milho, pois a menor distância entre o nível do solo e o ponto de inserção contribui para o melhor equilíbrio da planta e, consequentemente, confere maior resistência ao acamamento (KAPPES *et al.*, 2011b).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre os fatores manejo do solo e inoculação, para altura de inserção da primeira espiga. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

INOCULAÇÃO	MANEJO DO SOLO		
	CONVENCIONAL	CULTIVO MÍNIMO	SISTEMA PLANTIO DIRETO
	ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA (m)		
S/I	1,28 A a	1,29 A ab	1,29 A a
BA	1,36 A a	1,31 A a	1,28 A a
AB	1,33 A a	1,19 B c	1,24 B a
AB+BA	1,31 A a	1,20 B bc	1,33 A a

Fonte: Média seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Para os componentes de produção do milho (índice de fileiras por espiga, índice de grãos por fileira e índice de grãos por espiga) não foi verificado efeito significativo (p>0,05) (Tabela 5). Segundo Freitas *et al.* (2013), o índice de fileiras por espiga e grãos por fileira são pouco influenciados por fatores externos tendo alto controle genético, o que explica os resultados obtidos.

Tabela 5. Índice de fileiras por espiga (IFE); Índice de grãos por fileira (IGF) e Índice de grãos por espiga (IGE) em função do manejo do solo e da inoculação com bactérias promotoras de crescimento de planta. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

MANEJO DO SOLO (MS)	IFE	IGF	IGE
CONVENCIONAL	14,8	36	541
CULTIVO MÍNIMO	14,8	35	518
SISTEMA PLANTIO DIRETO	14,5	35	509
F (MANEJO DO SOLO)	0,771 NS	0,578 NS	0,743 NS
P	0,5033	0,5893	0,5149
CV%	6,68	11,21	14,41
INOCULAÇÃO (I)	NFE	NGF	NGE
S/I	14,6	34	505
BA	14,9	36	544
AB	14,5	36	520
AB+BA	14,8	35	521
F (INOCULAÇÃO)	0,333 NS	1,172 NS	0,760 NS
P	0,8017	0,3733	0,5443
CV%	8,75	7,63	12,48
F (MS x I)	2,290 NS	0,561 NS	0,476 NS
P	0,0808	0,7553	0,8170
CV%	6,29	10,00	10,38

NS = Não-significativo; * = Significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração da própria autora

Não foi verificado efeito significativo (p>0,05) para estande inicial de plantas (EIP), estande final de plantas (EFP) e massa de 100 grãos (M100G) (Tabela 6). A massa de grãos é influenciada diretamente pela translocação de fotoassimilados, sendo que a quantidade é diretamente proporcional ao tempo de duração do período de enchimento de grãos (GIMENES *et al.*, 2008). Gitti *et al.* (2012) não verificaram diferenças na massa de mil grãos de milho primeira safra com aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* em relação ao tratamento sem aplicação foliar.

Entretanto, constatou-se interação (p<0,05) entre manejo do solo e inoculação para produtividade de grãos. Na literatura outros autores também verificaram resultados significativos quando realizado a aplicação de bactérias

promotoras de crescimento de planta. Segundo Portugal *et al.* (2016) a inoculação pode aumentar a produtividade de grãos.

Além disso, as bactérias promotoras de crescimento de planta podem causar mudanças fisiológicas e proporcionar benefícios como aumento da absorção de nutrientes, auxiliar no controle de fitopatógenos, entre outros (MOREIRA; ARAÚJO, 2011). O *Azospirillum brasilense*, pode influenciar a expressão de genes relacionados com o estresse hídrico e, consequentemente, promover maior tolerância às condições de estresse (KASIM *et al.*, 2013).

Tabela 6. Estande inicial de plantas (EIP), estande final de plantas (EFP), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos de milho (PG) em função do manejo do solo e da inoculação com bactérias promotoras de crescimento de planta. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

MANEJO DO SOLO (MS)	EIP (ha)	EFP (ha)	M100G (g)	PG (Kg ha)
CONVENCIONAL	64722	60903	36,07	9748
CULTIVO MÍNIMO	61249	59236	36,39	9393
SISTEMA PLANTIO DIRETO	60833	58403	36,45	9904
F (MANEJO DO SOLO)	3,436 NS	1,588 NS	0,032 NS	0,742 NS
P	0,1013	0,2795/	0,9689	0,5152
CV%	7,40	6,79	12,65	12,56
INOCULAÇÃO (I)	EIP (ha)	EFP (ha)	M100G (g)	PG (Kg ha)
S/I	64074	61204	35,4	9719
BA	61481	58796	36,2	9778
AB	61388	59074	36,96	9730
AB+BA	62129	58981	36,65	9498
F (INOCULAÇÃO)	0,819 NS	0,868 NS	0,581 NS	0,152 NS
P	0,5154	0,4923	0,6419	0,9259
CV%	7,67	7,07	8,48	11,46
F (MS x I)	0,565 NS	0,337 NS	0,869 NS	5,770 *
P	0,7529	0,9081	0,5359	0,0017
CV%	8,25	5,67	8,80	6,98

MS= Manejo do solo; I= Inoculação; NS = Não-significativo; * = Significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Analisando a interação ($p<0,05$) entre manejo do solo e inoculação para produtividade de grãos de milho (Tabela 7), constatou-se que o manejo do solo proporcionaram os maiores resultados para o sistema convencional, a inoculação com *Bacillus amyloliquefaciens* e *Azospirillum brasilense* proporcionou maior produtividade de grãos também para o sistema convencional. A aplicação das bactérias diferiram significativamente das plantas que não receberam inoculação. A inoculação com *Azospirillum brasilense+Bacillus amyloliquefaciens* no sistema plantio direto proporcionou acréscimos aos resultados de produtividade de grãos de milho. A interação da

inoculação do *Bacillus amyloliquefaciens* e *Azospirillum brasilense* no sistema cultivo mínimo promoveu os menores resultados, porém, apresentou uma produtividade dentro do esperado para a região.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre os fatores manejo do solo e inoculação, para produtividade de grãos de milho. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

INOCULAÇÃO	MANEJO DO SOLO		
	CONVENCIONAL	CULTIVO MÍNIMO	SISTEMA PLANTIO DIRETO
	PRODUTIVIDADE (Kg ha)		
S/I	9030 A b	10036 A a	10092 A a
BA	10384 A a	9152 B a	9799 AB a
AB	10815 A a	8838 B a	9538 B a
AB+BA	8763 B b	9545 AB a	10186 A a

Média seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Entretanto, resultados contrários aos encontrados neste estudo foram constatados, segundo Souza (2017) o preparo do solo com uso do escarificador reduziu a compactação formada no sistema plantio direto, proporcionando maiores produtividades para a cultura do milho. Porém, as condições físicas do solo encontradas no plantio direto contínuo pode restringir a produtividade da cultura do milho e a utilização consecutiva de grade pesada deve ser evitada por proporcionar a degradação do solo.

Na análise da inoculação entre os manejos do solo, observa-se que as plantas sem inoculação no sistema cultivo mínimo apresentou as maiores médias, sobressaindo-se em relação aquelas que receberam inoculação. Este comportamento pode ser atribuído a influência de inúmeros fatores, dentre eles a quantidade e qualidade dos microrganismos inoculados, o método usado para inoculação, a estirpe bacteriana, o genótipo da planta, a fase de desenvolvimento da cultura no ato da inoculação, as condições edafoclimáticas do ambiente, interações com a microbiota nativa, a fitossanidade das plantas, adição inadequada de nutrientes no solo através da fertilização e muitos outros fatores (MATSUMURA *et al.*, 2015).

Efeitos benéficos da utilização de *Bacillus* foram observados sobre plantas de milho em um estudo realizado por Araujo e Guerreiro (2010), foi constatado que linhagens de *Bacillus* foram eficazes como promotoras de crescimento de plantas de milho.

Quanto maior a interação entre planta - *Azospirillum*, maior o acúmulo de vários pigmentos fotossintéticos (clorofila a e b) e pigmentos fotoprotetivos (carotenóides e xantofila) nas plantas (BASHAN *et al.*, 2004). A associação planta-microrganismo pode melhorar o desempenho de plantas sob condições adversas e, consequentemente, aumentar a produtividade das culturas (SANTOS *et al.*, 2014).

Conceição *et al.* (2010), estudando a resposta do milho à inoculação com bactérias diazotróficas em solo de alto potencial produtivo no cerrado, constataram que a inoculação com bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* não proporcionou incremento significativo na produtividade de grãos do milho rotacionado com soja em solo de alto potencial produtivo. Entretanto, estes autores relataram que em valores absolutos, houve ganhos de produtividade em relação à testemunha sem nitrogênio em cobertura.

Resultados semelhantes foram constatados por Vogt *et al.* (2014), que não relataram efeito significativo do inoculante à base de *Azospirillum* spp sobre a produtividade de grãos de milho. Pandolfo *et al.* (2015) também não encontraram resultados significativos estudando a inoculação de milho com *Azospirillum brasilense* na produtividade de grãos.

Entretanto, Hungria *et al.* (2010), avaliaram o uso de *Azospirillum brasilense* sobre o milho e encontraram aumento em 30 % na produtividade de grãos em relação ao controle sem inoculação. Segundo Viana (2017) a inoculação com bactérias diazotróficas promoveu acréscimos na produtividade e grãos.

5 CONCLUSÕES

No sistema de manejo convencional as plantas de milho inoculadas via foliar com *Azospirillum brasilense* ou *Bacillus amyloliquefaciens* proporcionaram maiores produtividades de grãos de milho, sendo inclusive superiores a esta inoculação nos outros sistemas de manejo do solo.

A inoculação via foliar do milho com *Azospirillum brasilense+Bacillus amyloliquefaciens* proporcionou maiores produtividade de grãos de milho em sistema plantio direto, não diferindo apenas do cultivo mínimo do solo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

ALEXANDER, M. Introduction to Soil Microbiology. **Soil Science**, Philadelphia, v. 125, n. 5, p. 331, maio 1978.

ALMEIDA, D. O.; BAYER, C.; ALMEIDA, H. C. Fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1140-1147, 2016.

ALMEIDA, J. A.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J.; JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. FOLIVEIRA, J.; SANTOS, H. G. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 4. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. b. 353 p.

ALVARENGA, R. C; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. **A cultura do milho na integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

ALVAREZ, F.; CASTRO, M.; PRÍNCIPE, A.; BORIOLI, G.; FISCHER, S.; MORI, G.; JOFRÉ, E. The plant-associated *Bacillus amyloliquefaciens* strains MEP218 and ARP23 capable of producing the cyclic lipopeptides iturin or surfactin and fengycin are effective in biocontrol of sclerotinia stem rot disease. **Journal of Applied Microbiology**, Bedford, v.112, n.1, p.159-174, 2012.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE. **Standards**: terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships. 40.ed. St. Joseph: ASAE, 1982. p.229-241.

ANDERSON, T.-H. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 285–293, 2003.

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S. ; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 677-687, 2009.

ARAUJO, F. F. D.; GUERREIRO, R. T. Bioprospection of *Bacillus* isolates promoters of corn growth in natural and sterile soil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n.4, p. 837-844, 2010.

BARRETO, R. C.; MADARI, B. E., MADDOCK, J. E. L., MACHADO, E. T., FRANCHINI, J.; COSTA, A. R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbono loss as CO_2 in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 132, n. 3/4, p. 243- 251, 2009.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. Bacteria/Plant Growth-Promoting. In: HILLEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of soils in the environment**. Oxford: Elsevier, v. 1, p. 103-115, 2005.

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

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RSAscar, 2014. 84 p. il. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/arquivos/milho/O_Milho_e_o_Clima.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2018.

BERGEY, D. H.; JOHN G. HOLT. **Bergey's manual of determinative bacteriology**. 9. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.

BERTOL, I. *et al.* Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 155-163, 2004.

BERTOLINI, E. V.; GAMERO, C. A.; SALATA, A. C.; PIFFER, C. F. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 2355-2366, 2008.

BORÉM, A.; GLAVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho:** do plantio à colheita. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. 351 p.

BRUM, M.S.; CUNHA, V.S.; CUNHA, V. S., STECCA, J.D.L.; GRANDO, L. F. T.; MARTIN, T. N. Components of corn crop yield under inoculation with Azospirillum brasilense using integrated crop-livestock system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 485-492, 2016.

BUHLER, D.D. Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybean in the central USA. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 5, p.1247-1258, 1995.

BURDMAN, S.; HAMAOUI, B.; OKON, Y. **Improvement of legume crop yields by co-inoculation with *Azospirillum* and *Rhizobium***. The Otto Warburg Center for Agricultural Biotechnology. Israel: The Hebrew University of Jerusalem, 2000.

CACCAMO, D.; GUGLIANDOLO, C.; STACKEBRANDT, E.; MAUGERI, T. L. *Bacillus vulcani* a novel thermophilic species isolated from a shallow marine hydrothermal vent. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, London, v. 50, n. 6, p. 2009-2012, 2000.

CALVO, P., ORMENO, O.E., MARTÍNEZ, R.E., ZUNIGA, D. Characterization of *Bacillus* isolates of potato rhizosphere from Andean soils of Peru and their potential PGPR characteristics. **Brazilian Journal Microbiology,** São Paulo, v. 41, p. 899-906, 2010.

CARDOSO, F.C.P. **Carbono orgânico e glomalina afetados por sistemas de cultivo de longa duração**. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.

CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Eds.). ***Azospirillum* sp**.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiologia, 2008. 268 p.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema plantio direto: Evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. (ed.). Tópicos em ciência do solo: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 5, p. 333-370, 2007.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 163-171, 2002.

CÉSAR, P.M; DURÃES F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular Técnica,76).

CHEN, X. H.; KOUMOUTSI, A.; SCHOLZ, R.; SCHNEIDER, K.; VATER, J.; SÜSSMUTH, R.; PIEL, J.; BORRISS, R. Genome analysis of Bacillus amyloliquefaciens FZB42 reveals its potential for biocontrol of plant pathogens. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 140, n. 1, p. 27–37, 2009.

CIANCIO, A.; PIETERSE, C. M.; MERCADO-BLANCO, J. Harnessing useful rhizosphere microorganisms for pathogen and pest biocontrol. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 7, n.1, p. 1-9, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira grãos, monitoramento agricola-safra 2017/18**. Brasília, DF, 2018. v 5. Disponível em: https://www.conab.gov.br/. Acesso: 10 jul. 2018

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos, safra 2016/2017. Brasília, DF, 2017. v. 5. Disponível em: http://www.conab.gov.br. Acesso: 14 jun. 2018

CONCEIÇÃO O. P; RESENDE A. V; MARRIEL I. E, NETO A E; BATISTA R. O; GOTT R. M; HICKMANN C. Resposta do milho à inoculação com bactérias diazotróficas em solo de alto potencial produtivo no cerrado. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 33., 2010, Uberlândia. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/897691/1/Respostamilho.pdf. Acesso em: 10 jan. 2018.

CORDEIRO, J. E. B. **Desempenho agronômico do milho em resposta à inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas**. 2017. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Florestal, MG. 2017.

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* sp**.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiologia, 2008. p. 87-95.

CORRÊA, RAFAEL DE GRAAF. **Direções de semeadura, densidade de plantas e variações na dosagem de sementes na produtividade do milho**., 2018. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

COSTA, C. D. O.; ALVES, M. C.; de PÁDUA SOUSA, A. armazenamento de água em dois solos sob diferentes usos e manejos. **Revista de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 55-65, 2016.

CRUZ, J. C; ALVARENGA, R. C; VIANA, H. M. V; FILHO, I. A. P; FILHO, M. R. A; SANTANA, D. P. **Plantio Direto**. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.ht ml. Acesso em: 14 dez. 2017.

CRUZ, S.J.S. **Características morfofisiológicas de plantas e produtividade do milho**. 2013. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

DALLMEYER, A.U. **Eficiência energética e operacional de equipamentos conjugados de preparo de solo**. 1994. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado de solos do "Campus Experimental de Ilha Solteira"**. Piracicaba: Esalq, 1980. 44 p.

DOBBELAERE S, VANDERLEYDEN J, OKON Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**. London, v. 22, n. 2, p. 107-49, 2003.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Itaguaí: Embrapa-CNPAB, 1995. 60 p.

DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas. In.: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas : SBCS, 1992. p. 173-180.

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em latossolo vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n.6, p. 1836-1844, 2016.

DROZDOWICZ, A. Bactérias do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 17-60.

ECKERT, B.; WEBER, O. B.; KIRCHHOF, G.; HALBRITTER, A.; STOFFELS, **Agência Embrapa de informações técnicas.** Brasília, DF: Embrapa, 2017.

CRUZ, J. C. *et al.*. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: http://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000022-ebook-pdf.pdf. Acesso em: 24 fev. 2018.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 266 p.

EUZÉBY, J.P. **List of bacterial names with standing in nomenclature:** a folder available on the internet. Disponível em: <http://www.bacterio.net/bacillus.html>. Acesso em: 03 abr. 2018.

FANCELLI AL, DOURADO NETO D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Embrapa Gado de Leite, 2008.

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 2000, Piracicaba. **Anais** [...] Brasília, DF: IPNI, 2000. p. 9.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP. **Evolução do Plantio Direto no Brasil:** safra 2011/12. Foz do Iguaçu, 2017. Disponível em: http://www.febrapdp.org.br/. Acesso em: 7 abr. 2018.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2. p. 109-112. 2014.

FERREIRA, M. M.; Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agro@mbiente On-line**, [*S. l.*], v. 6, n. 1, p. 74-83, 2012.

FIGUEIREDO M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. **Microrganismos e agrodiversidade:** o novo desafio para a agricultura. Guaíba: Agrolivros, 2008. 586 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Coarse Grains**. [S. l.], 2018. Disponível em: http://www.fao.org.br>. Acesso em: 20 maio 2018.

FRANCHINI J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52 p.

FRANCHINI, J. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, A. Organic composition of green manure during growth and its effect on cation mobilization in an acid Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 34, p. 2045-2058, 2003.

FREITAS, L. A. *et al.* Efeito dos sistemas conservacionistas do solo e residual do gesso sobre a cultura da soja. **Nativa**: Pesquisas Agrárias e Ambientais, Sinop, v. 4, n. 6, p.375-379, 2016. Disponível em: https://goo.gl/8tcVgj. Acesso em: 18 jan. 2018.

FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S.; SANTOS. F. L. S.; População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 79-87, 2013.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Acessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express**, [*S. l.*], v. 6, p. 1-13, 2016.

GADANHA JÚNIOR, C. D.; MOLIN, J. P.; COELHO, J. L. D.; YAHN, C. H.; TOMIMORI, S. M. A. W. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: SITI, 1991. 468 p.

GARCIA, A.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. S.; CASTAN, D. O. C.; MARQUES, L. M.; SILVA, M. P. Teor de clorofila em feijoeiro cv. Pérola em função de doses de N, cultivado sobre quatro coberturas de solo em plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 2011, Goiânia. **Anais**... Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. 1 CD-ROM.

GIMENES, M. J.; FILHO, R. V.; PRADO, E. P.; POGETTO, M. H. F.A.D.; CHRISTOVAM R. S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.15, n.2, p.61-76. 2008.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; NCOLOSO, R. S.; HORBE, T. A. N.; FERREIRA, A. O.; TABALDI, F. M.; LANZANOVA, M. E. Alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2115-2126, 2011.

GITTI, D.C.; ARF, O.; PORTUGAL, J.;R.; CORSINI, D. C. D. C.; RODRIGUES, R. A. F.; KANEKO, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 509-517, 2012.

GLICK, B.R. **Plant growth-promoting bacteria**: mechanisms and applications. New York: Hindawi Publishing Corporation, Scientifica, 2012. 33 p.

GONÇALVES, S. L.; SARAIVA, O. F.; FRANCHINI, J. C.; TORRES, E. **Decomposição de resíduos de milho e soja em função do tempo e do manejo do solo**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23).

GORDILLO-D, F.; MARÍN, E.; CALDERÓN, A. Effect of *Azospirillum brasilense* and Burkholderia unamae Bacteria on Maize Photosynthetic Activity Evaluated Using the Photoacoustic Technique. **International Journal of Thermophysics**. New York, v. 37, n. 9, p. 1-11, 2016.

GOZUBUYUK, Z.; SAHIN, U.; OZTURK, I.; CELIK, A.; ADIGUZEL, M. C.Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semiarid region with a cool climate. **Catena,** Amsterdam, v. 118, p. 195-205, 2014.

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. (ed.). ***Azospirillum* sp**.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiologia, 2008. p.17-35.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p.

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

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA – IMEA. **Custo de produção do milho - safra 2017/2018**. Cuiabá, 2017. Disponível em:<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/28032017194637.pdf >. Acesso em: 12 jan 2017.

JHA, D. C.; SARAF, M. Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a review. **Journal of Agricultural Research and Development**, New York, v. 5, n. 2, p. 0108-0119, 2015.

JOUNG, K. B.; CÔTÉ, J. C. Evaluation of ribosomal RNA gene restriction patterns for the classification of Bacillus species and related genera. **Journal of Applied Microbiology,** Chichester, v. 92, p. 97–108, 2002.

KÄMPFER, P.; BUSSE, H. J.; KLOEPPER, J. W.; HU, C. H.; MCINROY, J. A.; GLAESER, S. P. *Paenibacillus cucumis* sp. nov., isolated from a cucumber plant. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, London, v.66, n. 7, p. 2599-2603, 2016.

KÄMPFER, P.; BUSSE, H. J.; MCINROY, J. A.; GLAESER, S. P. *Bacillus gossypii* sp. nov., isolated from the stem of *Gossypium hirsutum*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, London, v. 65, n. 11, p. 4163-4168, Nov. 2015.

KANEKO, F. H.; SABUNDJIAN, M.T.; ARF, O. *et al.* Análise econômica do milho em função da inoculação com Azospirillum, fontes e doses de N em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 202-216, 2016.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; CASTILHO G., D.; ALCALDE, A. M. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Agricultural Research in the Tropics**, [*S. l.*], v. 41, n. 4, p. 10-5216, 2011.

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, 2013.

KASIM, W. A.; OSMAN, M. E.; OMAR, M. N.; EL-DAIM, I. A. A.; BEJAI, S.; MEIJER, J. Control of drought stress in wheat using plant-growth-promoting bacteria. **Journal of Plant Growth Regulation**, Egypt, v. 32, n. 1, p. 122-130, 2013.

KAVAMURA, V.N., SANTOS, S.N., SILVA, J.L., PARMA, MM., AVILA ,L.A., Screening of Brazilian cacti rhizobacetria for plant growth promotion under drought. **Microbiological Research,** Muenchen, v. 168, 183–191, 2013.

LANÇAS, K. P. Subsolagem ou escarificação. **Cultivar Máquinas,** Pelotas, v. 1, n. 14, p. 34-37, 2002.

LOGAN, N. A.; LEBBE, L.; HOSTE, B.; GORIS, J.; FORSYTH, G.; HEYNDRICKX, M.; MURRAY, B. L.; SYME, N.; WYNN-WILLIAMS, D. D.; DE VOS, P. Aerobic endospore-forming bacteria from geothermal environments in northern Victoria Land, Antarctica, and Candlemas Island, South Sandwich archipelago, with the proposal of *Bacillus fumarioli* sp. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, London, v. 50, n. 5, p. 1741-1753, Sep. 2000.

LOSS, A. *et al.* Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, p. 1-13, 2015.

M., HARTMANN. *Azospirillum doebereinerae* sp., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass Miscanthus. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology,** Washington, v. 51, p. 17-26, 2001.

MADIGAN, M.; JOHN, M.; KELLY B.; DANIEL, B.; DAVID, S. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 960 p.

MAHL, D.; SILVA, R. B.; GAMERO, C. A.; SILVA, P. R. A. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 5, p. 741-747, 2008.

MARAG, P. S.; SUMAN, A. Growth stage and tissue specific colonization of endophytic bacteria having plant growth promoting traits in hybrid and composite maize (Zea mays L.). **Microbiological Research,** Muenchen, v. 214, p. 101–113, 2018.

MARTINEZ, I.; OVALLE, C.; DEL POZO, A.; URIBE, H.; VALDERRAMA, N.; PRAT, C.; SANDOVAL, M.; FERNÁNDEZ, F.; ZAGAL, E. Influence of conservation tillage and soil water content on crop yield in dryland compacted Alfisol of Central Chile. **Chilean Journal of Agriculture Research**, Chillan, v. 71, n. 4, p. 615-622, 2011.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; FRANZLUEBBERS, A. J.; CASTILHOS, A. M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 108, p. 433-47, 2016.

MATSUMURA EE, SECCO VA, MOREIRA RS, SANTOS OJP, HUNGRIA M, OLIVEIRA ALM. Composition and activity of endophytic bacterial communities in field-grown maize plants inoculated with Azospirillum brasilense. **Ann of Micro**, [*S. l.*], v. 1, p. 1-14, 2015. DOI 10.1007/s13213-015-1059-4.

MENGEL DB, BARBER AS. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions1. **Agronomy Journal**, Madison, v. 66, p. 399, 1974.

MIRANDA, C. A.; MARTINS, O. B.; CLEMENTINO, M. M. Species-level identification of *Bacillus* strains isolates from marine sediments by conventional biochemical, 16S rRNA gene sequencing and inter-tRNA gene sequence lengths analysis. **Antonie van Leeuwenhoek**, Dordrecht, v. 93, n. 3, p. 297-304, Mar. 2008.

MORAIS, T.P. **Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em híbridos de milho**. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MOREIRA, A. L. L.; ARAÚJO, F. F. Produção de Fosfatases, enzima ACC desaminase e antagonismo a fitopatógeno por bactérias., 2011. In: ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2011, Presidente Prudente. **Anais** [...] Presidente Prudente: [*s. n.*], 2011. v. 7.

MUNIZ, A. W. *et al.* **Sistema plantio direto**: conservação do solo e produção sustentável de grãos em terra firme do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 6 p.

NAUTIYAL, C. S.; SRIVASTAVA, S.; CHAUHAN, P. S.; SEEM, K.; MISHRA, A.; SOPORY, S. K. Plant growth-promoting bacteria Bacillus amyloliquefaciens NBRISN13 modulates gene expression profile of leaf and rhizosphere community in rice during salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, Versailles, v. 66, p. 1-9, 2013.

NOVAKOWISKI, J.H.; SANDINI, I.E.; FALBO, M.K. *et al.* Residual effect of nitrogen fertilization and Azospirillum brasilense inoculation in the maize culture. **Semina:** Ciências Agrárias, Helsinki, v. 32, suplemento 1, p. 1687-1698, 2011.

PAIVA, M. R. F. C.; SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; PEREIRA, R. G.; QUEIROGA, F. M. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho-verde na Chapada do Apodi-RN. **Revista Caatinga**, Mossoro, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2012.

PALAZZINI, J. M.; DUNLAP, C. A.; BOWMAN, M. J.; CHULZE, S. N. *Bacillus velezensis* RC 218 as a biocontrol agent to reduce *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation: Genome sequencing and secondary metabolite cluster profiles. **Microbiological Research**, London, v. 192, n. 1, p. 30-36, 2016.

PANDOLFO, C. M.; VOGT, G. A.;, BALBINOT JÚNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M.; ZOLDAN, S. R. Desempenho de milho inoculado com Azospirillum brasilense associado a doses de nitrogênio em cobertura. **Agropec**. **Catarin,** Florianopolis, v. 27, p. 94-9, 2015.

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

PERSELLO-CARINEAUX, F.; NUSSAUME, L.; ROBAGIA, C. Tales from the underground: molecular plant rhizobacteria interactions. **Plant Cell and Environment**, Oxon, v. 26, p. 189-99, 2003.

PII, Y.; MIMMO, T.; TOMASI, N.; CESCO, S.; CRECCHIO, C. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. a review. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v. 51, p. 403-415, 2015.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PORTUGAL, J. R., ARF, O., PERES, A. R., GITTI, D. C., RODRIGUES, R. A. F., GARCIA, N. F. S. G., GARÉ, L. M. Azospirillum brasilense promotes increment in corn production. **African Journal Agricultural Research**, Victoria Island, v. 11, n. 19, p.1688-1698, 2016.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; CEREAIS. IN: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed). **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997.p. 56-59,

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

RAO, M. S.; KAMALNATH, M.; UMAMAHESWARI, R.; RAJINIKANTH, R.; PRABU, P.; PRITI, K.; GOPALAKRISHNAN, C. *Bacillus subtilis* IIHR BS-2 enriched vermicompost controls root knot nematode and soft rot disease complex in carrot. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 218, n. 1, p. 56-62, Apr. 2017.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F. & EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara-Koogan, 2007. 830 p.

REIS V.M.; TEIXEIRA K.R.S. Fixação biológica do nitrogênio: estado da arte. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (ed) **Processos biológicos no sistema solo-planta**: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. v. 28, p. 350-68.

RIJAVEC, T.; LAPANJE, A.; DERMASTIA, M.; RUPNIK, M. Isolation of bacterial endophytes from germinated maize kernels. **Canadian journal of microbiology**, Ottawa, v. 53, n. 6, p. 802-808, Jun. 2007.

ROCHA, G. O.; ANDRADE, J. B. D.; GUARIEIRO, A. L. N.; GUARIEIRO, L. L. N.; RAMOS, L. O. Chemistry without borders: the energy challenges. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1540-1551, 2013.

ROSA, P. L. *et al.* Recuperação de um solo de cerrado após 19 anos: ocorrência espontânea de espécies arbóreas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 1, p. 44–57, 2014.

SÁ JÚNIOR, A.; **Comportamento agronómico do milho em resposta ao modo de aplicação e concentrações de *Azospirillum brasilense***. 2012. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

SAHARAN, B. S.; NEHRA, V., 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A critical review. **Life Sci. Med. Res**., Kattankulathur, v. 21, p. 1-30, 2011.

SANTOS, D.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C,; CECON, P. R.; OLIVEIRA, G. P.; MACHADO, D. L. M. ;ZUCOLOTO, M. Teores de carboidratos e fluorescência da clorofila a em folhas de limeiras ácidas 'Tahiti' submetidas ao anelamento e incisão anelar de ramos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 10, p. 1725-1731, 2014.

SANTOS, R. D. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Animal Sciences**, United Kingdom v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. da. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 58-64, 2009.

SEKI, A. S.; SEKI, F. G.; JASPER, S. P., SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 460-468, 2015.

SHAFI, J.; TIAN, H.; JI, M. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, Abingdon, v. 1, n. 1, p. 446-459, 2017.

SIEFERT, J. L.; LARIOS-SANZ, M.; NAKAMURA, L. K.; SLEPECKY, R. A.; PAUL, J. H.; MOORE, E. R.; FOX, G. E.; JURTSHUK, P. JR. Phylogeny of marine *Bacillus* isolates from the Gulf of Mexico. **Current Microbiology**, New York, v.41, n. 2, p. 84-88, 2000.

SILVA, L.G. **Ordens de gradagem e sistemas de aração do solo: desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1992. 180 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J. e REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p.191-199, 2000.

SILVEIRA, G. M. **O preparo do solo**: implementos corretos. 2. ed. São Paulo : Globo, 1989. 243 p.

SOUCHIE EL, ASCON R, BAREA JM, SAGGIN OJ, SILVA EMR. Phosphate solubilization in solid and liquid media by soil bacteria and fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, p. 1149–1152, 2005.

SOUZA, F. H. **Desempenho das culturas de soja e milho e atributos físicos do solo em diferentes sistemas de preparo e retomada do sistema plantio direto**. 2017. 67 f. Tese (Doutorado em Sistema em Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2017.

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 3. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2014. 841 p

STRZELCZYK, E.; KAMPERT, M.; LI, C. Y. Cytokinin-like substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, Muenchen, v. 149, p. 55-60, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 489-490.

TOYOTA K. *Bacillus*-related Spore Formers: Attractive Agents for Plant Growth Promotion. **Microbes and Environments**, Taiwan, v.30: p.205–207, 2015.

TRENTINI, D.B. **Identificação dos alvos celulares das proteínas de transdução de sinal PII do diazotrófico de vida livre *Azospirillum amazonense***. 2010. 122 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VARDHARAJULA S, ZULFIKAR ALI S, GROVER M, REDDY G, BANDI V. Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp., effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. **J Plant Interact**, Abingdon, v. 6, p. 1–14, 2011.

VIANA, MARCELO MARINHO. **Produtividade e eficiência do uso do nitrogênio na cultura do milho inoculado com *Azospirillum brasiliense***. Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão – São Luís. 51 p. 2017.

VOGT G.A, BALBINOT JUNIOR AA, GALOTTI GJM, PADOLFO CM, ZOLDAN S. Desempenho de genótipos de milho na presença ou ausência de inoculação com *Azospirillum brasiliense* e adubação nitrogenada de cobertura. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 27, n.2, p. 49-54, 2014.

ZHANG, F., GE, H., ZHANG, FAN., GUO, N., WANG, Y., CHEN, L., JI, X., LI, C. Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* isolate T-aloe against *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Plant Physiology Biochemical**, Abingdon, v.100, p. 64-74, 2016.

APÊNDICE

Figura 5- Determinação do comprimento de espiga. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

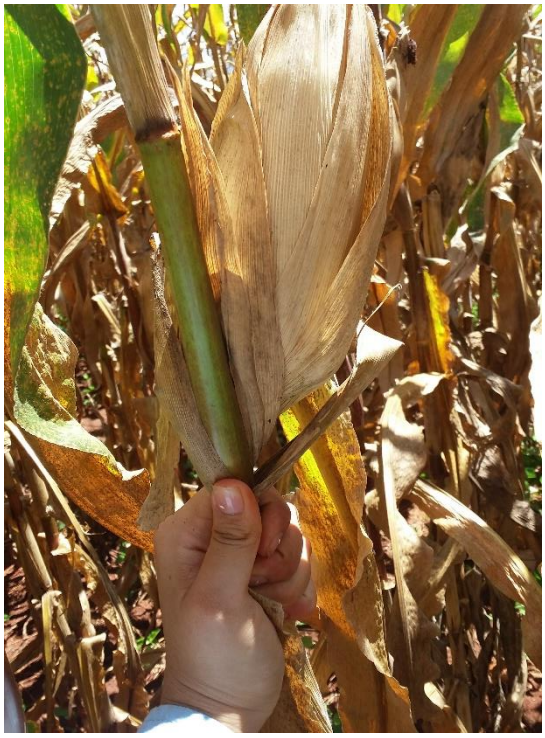
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 6 - Determinação do diâmetro de espiga. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 7 - Colheita do milho. Selvíria - MS, Brasil, 2017.

Fonte: Elaboração da própria autora.



Fonte: Elaboração da própria autora.