

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

RAFAELA NERIS GASPARETO

**FORMAS DE INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO NA NUTRIÇÃO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE
MILHO NO CERRADO**

Ilha Solteira
2018

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-SISTEMAS
DE PRODUÇÃO

RAFAELA NERIS GASPARETO

**FORMAS DE INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO NA NUTRIÇÃO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE
MILHO NO CERRADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Agronomia.

Nome do orientador

**Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto
Teixeira Filho**

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G249f Gaspareto, Rafaela Neris.
Formas de inoculação com bactérias promotoras de crescimento na nutrição e desempenho agrônômico de milho no cerrado / Rafaela Neris Gaspareto. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018
82 f. : il.

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

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Inclui bibliografia

1. *Zea mays* L. 2. Nitrogênio. 3. Inoculação. 4. Diagnose nutricional. 5. Produtividade de grãos. 6. Fertilidade do solo.


Raiane da Silva Santos



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: FORMAS DE INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA NUTRIÇÃO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO NO CERRADO

AUTORA: RAFAELA NERIS GASPARETO

ORIENTADOR: MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

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

Prof. Dr. THIAGO ASSIS RODRIGUES NOGUEIRA
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. CECILIO VIEGA SOARES FILHO
Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba

Ilha Solteira, 20 de agosto de 2018

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar forças para sempre continuar em frente e por tudo que conquistei e as vitórias que obtive, inclusive essa e por aquelas que ainda obterei.

Para que o presente trabalho pudesse ser realizado e concluído foi necessário a participação de pessoas, às quais desejo expressar os meus sinceros agradecimentos.

À minha família por me ajudar e apoiar, incluindo minha mãe Ivone, minha irmã Karine e todos os outros familiares.

Ao Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho por ter sido o orientador e mediador desse passo importante em minha carreira.

À CAPES e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo n°: 2017/03238-8 pelo apoio financeiro e concessão de bolsa para o desenvolvimento dessa pesquisa.

À todos os amigos e colegas do grupo Nutrição de Plantas da FEIS/UNESP pela colaboração durante o experimento.

Aos funcionários da instituição e do laboratório de Nutrição de Plantas pela ajuda e dedicação com o trabalho.

As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP".

RESUMO

Devido ao alto custo dos fertilizantes nitrogenados e a conscientização em prol de uma agricultura sustentável e menos poluente, tem-se aumentado a utilização de inoculantes contendo bactérias diazotróficas, que além de propiciar a fixação biológica de nitrogênio (N) também possui ação fitohormonal, promovendo assim, maior desenvolvimento do sistema radicular, absorção de água e nutrientes, com reflexos positivos no crescimento e produtividade de grãos de milho. Objetivou-se avaliar o efeito da inoculação do milho cultivado na safra e safrinha, com seis espécies de bactérias promotoras de crescimento de plantas, aplicadas via sementes ou em jato dirigido na base da planta, sempre com redução de 25% na dose de N, sobre a absorção e exportação de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), componentes de produção e produtividade de grãos em região de Cerrado, além das alterações nos atributos químicos do solo na camada de 0-0,20 m. Os experimentos foram desenvolvidos em Selvíria - MS, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico em sistema plantio direto e com espaçamento de 0,45 m entrelinhas. O delineamento experimental nos dois cultivos de milho foi em blocos ao acaso com quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial 6 x 2 +3, sendo seis inoculações com *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. pumilus*, *B. subtilis* e *P. fluorescens*, aplicadas via sementes ou em jato dirigido na base da planta no estágio V3 do milho, sendo todos estes tratamentos com redução de 25% na dose de N recomendada em cobertura; além da testemunha sem inoculação e adubação nitrogenada; adubação com a dose de N recomendada (150 kg ha⁻¹ = 100%) em cobertura e sem inoculação; e aplicação de 75% da dose de N (112,5 kg ha⁻¹) recomendada em cobertura e sem inoculação. As bactérias promotoras de crescimento e as formas de inoculação interferem na extração e exportação de nutrientes pela planta de milho. As plantas de milho inoculadas com *B. licheniformis* extraíram maiores quantidades de nutrientes (em kg t⁻¹ de grãos produzidos), principalmente quando inoculada via jato dirigido no estágio V3. Os resultados obtidos evidenciam que a dose de N nas condições testadas, pode ser reduzida em 25% na cultura do milho safra e safrinha, quando se inocula via semente ou em jato dirigido na base da planta no estágio V3 com algumas das bactérias testadas. De modo geral, a inoculação com *B. licheniformis* proporcionou as maiores produtividades de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Nitrogênio. Inoculação. Diagnose nutricional. Produtividade de grãos. Fertilidade do solo.

ABSTRACT

Due to the high cost of nitrogen fertilizers and the awareness of a sustainable and less polluting agriculture, the use of inoculants containing diazotrophic bacteria has been increased, which besides propitiating the biological fixation of nitrogen (N) also has phytohormonal action, promoting thus, greater root system development, water and nutrient absorption, with positive effects on maize grain growth and yield. The objective was to evaluate the effect of the inoculation of maize grown in the crop and in the second crop, with six species of plant growth promoting bacteria, applied via seeds or in a directed jet at the base of the plant, always with 25% reduction in dose (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn), grain production and productivity components in the Cerrado region, as well as changes in nutrient uptake and soil chemical attributes in the 0-20 cm layer. The experiments were carried out in Selvíria - MS, in an RED OXISOL Dystrophic in no-tillage system with spacing of 0.45 m between rows. The experimental design in the two crops was in randomized blocks with four replicates, arranged in a factorial scheme 6 x 2 +3, being six inoculations with *A. brasilense*, *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. pumilus*, *B. subtilis* and *P. fluorescens*, applied by seed or in a directed spray at the base of the plant in the V3 stage of the corn, all of these treatments being 25% reduction in the N dose recommended in coverage; besides the control without inoculation and nitrogen fertilization; fertilization with the recommended N dose (150 kg ha⁻¹ = 100%) under cover and without inoculation; and application of 75% of the dose of N (112.5 kg ha⁻¹) recommended in coverage and without inoculation. Growth promoting bacteria and forms of inoculation interfere in the extraction and export of nutrients by the corn plant. The corn plants inoculated with *B. licheniformis* extracted higher amounts of nutrients (in kg t⁻¹ of grains produced), especially when inoculated via a V3-directed jet. The results show that the N dose under the conditions tested can be reduced by 25% in the crop of the harvesting and second crop, when inoculated via seed or in a directed jet at the base of the plant in the V3 stage with some of the bacteria tested. In general, inoculation with *B. licheniformis* provided the highest corn grain yields.

Key words: *Zea mays* L. Nitrogen. Inoculation. Nutritional diagnosis. Grain yield. Soil fertility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima registradas durante o experimento, no período de novembro de 2016 a setembro de 2017, em Selvíria-MS.....	23
Figura 2	- Inoculantes líquidos contendo as bactérias estudadas.....	24
Figura 3	- Semeadura do milho na safrinha 2017.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Teores foliares de macronutrientes em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	32
Tabela 2	- Teores foliares de macronutrientes de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação.....	33
Tabela 3	- Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o teor foliar de nitrogênio na safra 2016/2017, fósforo na safrinha 2017, potássio na safra 2016/2017, enxofre na safrinha 2017, magnésio na safra 2016/2017 e safrinha 2017	34
Tabela 4	- Teores foliares de micronutrientes em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	35
Tabela 5	- Teores foliares de micronutrientes de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação.....	36
Tabela 6	- Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o teor foliar de boro na safra 2016/2017 e safrinha 2017 e manganês na safrinha 2017.....	37
Tabela 7	- Extração de macronutrientes em kg t ⁻¹ de grãos produzidos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	42
Tabela 8	- Extração de macronutrientes em kg t ⁻¹ de grãos produzidos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	43
Tabela 9	- Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a extração (kg t ⁻¹ de grãos produzidos) de nitrogênio na safrinha 2017, de fósforo na safra 2016/17 e de potássio na safrinha 2017.....	44
Tabela 10	- Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a extração (kg t ⁻¹ de grãos produzidos) de cálcio, magnésio e enxofre na safrinha 2017.....	45

Tabela 11	- Extração de micronutrientes em g t ⁻¹ de grãos produzidos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	46
Tabela 12	- Extração de micronutrientes em g t ⁻¹ de grãos produzidos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação.....	47
Tabela 13	- Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a extração (g t ⁻¹ de grãos produzidos) de boro, cobre e ferro na safra 2016/17 e safrinha 2017.....	48
Tabela 14	- Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a extração (g t ⁻¹ de grãos produzidos) de manganês na safra 2016/17 e de zinco na safrinha 2017.....	49
Tabela 15	- Exportação de macronutrientes em kg t ⁻¹ de grãos produzidos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	50
Tabela 16	- Exportação de macronutrientes em kg t ⁻¹ de grãos produzidos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação.....	51
Tabela 17	- Exportação de micronutrientes em g t ⁻¹ de grãos produzidos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	52
Tabela 18	- Exportação de micronutrientes em g t ⁻¹ de grãos produzidos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação.....	53
Tabela 19	- Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a exportação de manganês (g t ⁻¹ de grãos produzidos) na safra 2016/17.....	54
Tabela 20	- ICF e análises biométricas em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	60
Tabela 21	- ICF e análises biométricas de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação.....	61

Tabela 22	- Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a altura de plantas na safrinha 2017 e prolificidade na safra 2016/2017.....	62
Tabela 23	- Componentes de produção e produtividade de grãos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	63
Tabela 24	- Componentes de produção e produtividade de grãos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação.....	64
Tabela 25	- Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o diâmetro de espiga na safra 2016/2017 e produtividade de grãos do milho na safrinha 2017.....	65
Tabela 26	- Atributos químicos do solo em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	68
Tabela 27	- Atributos químicos do solo de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação.....	69
Tabela 28	- Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o teor de fósforo no solo na safra 2016/2017 e matéria orgânica no solo na safrinha 2017.....	70
Tabela 29	- Atributos químicos do solo complementares em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada.....	71
Tabela 30	- Atributos químicos do solo complementares de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação.....	72
Tabela 31	- Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o teor de ferro na safra 2016/2017, manganês na safra 2016/2017 e zinco na safra 2016/2017 no solo.....	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	NUTRIÇÃO MINERAL E ADUBAÇÃO NA CULTURA DO MILHO.....	13
2.2	UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS NA AGRICULTURA.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	LOCAL E HISTÓRICO DE MANEJO.....	22
3.2	EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO E ANÁLISES REALIZADAS.....	23
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS.....	28
4.2	EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES.....	38
4.3	ANÁLISES BIOMÉTRICAS.....	54
4.4	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	65
5	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho no Brasil tem grande importância econômica, visto que o país é o terceiro maior produtor mundial deste cereal, no entanto, para que se possa obter elevadas produtividades e devido à elevada exigência nutricional, o uso de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, tem preocupado os agricultores por seu elevado custo e pela grande quantidade demandada pela cultura, visto que, de maneira geral, os solos tropicais não fornecem esse nutriente em quantidade adequadas para as plantas (TEIXEIRA FILHO et al., 2014). Segundo a Associação Internacional de Fertilizantes-IFA (2018), em 2021 serão utilizados no Brasil, oito milhões de toneladas de ureia, desta forma, o desenvolvimento de tecnologias para redução da utilização desse fertilizante é necessário.

De acordo com o Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA) (2017), o custo com fertilizantes foi de quase 50% do valor total do gasto com insumos para a cultura do milho na safra 2017/2018, visto que cada vez mais o valor para se produzir se torna mais elevado. Uma vez que, tanto a produção agrícola, como aplicação de fertilizantes nitrogenados, contribui com a emissão de gases (CO₂ e NO₂) que colaboram com o aumento do efeito estufa na Terra. Dessa forma, é necessário buscar novas tecnologias que possam minimizar esse valor e atrelado a isso, a prática da agricultura sustentável.

Em um relatório desenvolvido pela Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes e o Programa Ambiental das Nações Unidas foi observado que para a produção de uma tonelada métrica de fertilizante nitrogenado sintetizado pelo processo Haber-Bosch são utilizados 873 m³ de gás natural (XU et al., 2012). Além disso, sabe-se que o excesso de adubação nitrogenada ainda pode poluir a água e o solo, assim se torna necessário melhorar o uso e eficiência do N pelas plantas por meio de bactérias que desempenham esse papel.

Considerando o alto custo dos fertilizantes nitrogenados e da conscientização em prol de uma agricultura sustentável e menos poluente, tem-se aumentado a utilização de inoculantes contendo bactérias diazotróficas, como o *Azospirillum brasilense*, que além de propiciar a FBN também possui ação fitohormonal, promovendo assim, maior desenvolvimento do sistema radicular, absorção de água e nutrientes, com reflexos positivos no crescimento e produtividade de grãos de milho,

com maior rentabilidade para o agricultor devido a maior eficiência agronômica (GALINDO et al., 2017; GALINDO et al., 2018).

Na literatura existem vários trabalhos confirmando que *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas. Tien et al. (1979) verificaram que os componentes responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes liberados por *A. brasilense* eram o ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas. O maior desenvolvimento das raízes pela inoculação com *Azospirillum* pode implicar em vários efeitos. Foram relatados incrementos na absorção da água e nutrientes, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (BASHAN et al., 2004).

Além do *Azospirillum brasilense* existem outras bactérias promotoras de crescimento de plantas de interesse agrônomo, como *Pseudomonas fluorescens*, *B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens*, as quais precisam ser testadas isoladamente ou em associação na cultura do milho, pois são escassas informações técnicas sobre o efeito da inoculação com estes microrganismos.

A promoção de crescimento e proteção contra patógenos em plantas são características encontradas naturalmente pelo uso de bactérias do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus*. Estas bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) não formam simbiose semelhante ao que ocorre no *Rhizobium* com algumas plantas, contudo estas bactérias são capazes de penetrar nos tecidos vegetais e estabelecer-se como endófitos (RYAN et al., 2008; MARQUEZ-SANTACRUZ et al., 2010). No interior da planta, bactérias do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus* também desempenham importante papel como promotoras de crescimento de plantas e inibem o crescimento de alguns agentes patogênicos por meio de vários mecanismos (COMPANT et al., 2005; RYAN et al., 2008).

A hipótese desse trabalho é de que a utilização das BPCPs com a redução da adubação nitrogenada em cobertura promove incrementos na nutrição e produtividade da cultura do milho, além de interferir nos atributos químicos do solo. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o efeito da inoculação do milho safra e safrinha, com seis espécies de bactérias promotoras de crescimento de plantas, aplicadas via sementes ou em jato dirigido na base da planta, sempre com redução de 25% na dose de N, sobre a absorção e exportação de nutrientes, componentes de produção e produtividade de grãos em região de Cerrado, além das alterações nos atributos químicos do solo na camada arável.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 NUTRIÇÃO MINERAL E ADUBAÇÃO NA CULTURA DO MILHO

O Brasil é um considerado um grande produtor de cereais, dentre eles podemos destacar a cultura do milho, esta possui grande importância social, econômica e cultural, com aproximadamente 15 milhões de hectares cultivados, em grande parte, por pequenos e médios agricultores (CONAB, 2015).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015) fez projeções da cultura do milho para a safra 2024/2025 onde a área plantada de milho poderá chegar a 21,4 milhões de hectares, as exportações devem atingir 31,7 milhões de toneladas, e a produção deverá atingir no mínimo 99,8 milhões de toneladas. Com isso, nota-se cada vez mais a necessidade da utilização de fertilizantes e outras tecnologias para que essa produtividade seja alcançada, para isso é necessário atender as necessidades nutricionais da cultura, principalmente com relação ao fornecimento de nutrientes.

As recomendações nutricionais têm como objetivo suprir as necessidades das plantas, sendo consideradas fatores limitantes para seu desenvolvimento e, conseqüente, produtividade. Desta forma identificar o melhor manejo, consumo e aplicação de insumos como fertilizantes, são de extrema importância tanto economicamente como ambientalmente para que estes sejam utilizados de maneira adequada. Assim como outras culturas, a cultura do milho também é bastante exigente em fertilidade e requer que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas, para que possa expressar todo seu potencial produtivo, em virtude da grande extração de nutrientes do solo.

As plantas necessitam de 17 elementos considerados essenciais, além da necessidade de água e dos diferentes compostos orgânicos para a sua sobrevivência. Nesses compostos, encontram-se H, C e O, que são incorporados aos tecidos vegetais a partir da absorção de H₂O pelas raízes e da incorporação de CO₂, pelos processos fotossintéticos. Além desses três elementos químicos, os vegetais necessitam de outros nutrientes como: N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl e Ni (VASCONCELLOS; PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002).

O nitrogênio (N) é o nutriente exigido (requerido) em maior quantidade pela cultura do milho, sendo que a deficiência desse macronutriente pode reduzir a

produtividade de grãos entre 10 e 22% (SUBEDI, 2009). O N é de extrema importância para as plantas, visto que é constituinte da molécula de clorofila, aminoácidos, bases nitrogenadas, coenzimas, enzimas e ácidos nucléicos, sendo assim sem esse elemento a planta não é capaz de completar o seu ciclo de vida além de não produzir (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Para a cultura do milho a recomendação de nitrogênio é 35 a 50 kg ha⁻¹ na semeadura, ao passo que em cobertura sugere-se aplicar em dose total ou parcelada considerando a expectativa de produtividade. Essa aplicação deverá ocorrer entre os estádios de quatro folhas completamente expandidas (V4) e de oito folhas completamente expandidas (V8). No entanto, a textura do solo (< 35% de argila), a disponibilidade hídrica e a dose de N (> 150 kg ha⁻¹) são indicadores de que se deve realizar o parcelamento da adubação nitrogenada (FANCELLI, 2010).

O N para a cultura do milho é requerido em grande quantidade que varia entre 125 e 160 kg ha⁻¹ (ROCHA, 2010). As doses de N em cobertura promovem acréscimos na altura de inserção de espiga, altura de plantas, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos (GOES et al., 2014).

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo. Esta extração total dependerá, portanto, da produtividade obtida e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada. Assim, é necessário colocar à disposição da planta a quantidade total de nutrientes que esta absorve, que devem ser fornecidos pela reserva do solo e por meio de adubações.

Coelho e França (2014), trabalhando com doses moderadas a altas de fertilizantes em plantas de milho, observou que a extração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aumenta linearmente com o aumento na produção, e que a maior exigência do milho se refere a N e K, seguindo-se Ca, Mg e P. Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas, no entanto a ausência ou a baixa disponibilidade de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos quanto à deficiência de um macronutriente como, por exemplo, o nitrogênio.

O manejo da cultura também pode influenciar a composição nutricional, com destaque para adubação, irrigação e tecnologias que proporcionem o maior desenvolvimento do sistema radicular, como a inoculação com microrganismos, pode propiciar maior absorção de nutrientes e água de forma mais sustentável.

2.2 UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS NA AGRICULTURA

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) para as Poáceas é realizada pelas bactérias no interior do tecido do vegetal ou próxima às raízes. Para as gramíneas a quantidade de nitrogênio disponibilizado para culturas pela FBN é moderada, ainda não se pode usar somente ela para suprir toda a demanda de N.

Para garantir uma produtividade elevada com redução do consumo de fertilizantes nitrogenados tem se tornado uma alternativa a inoculação com bactérias diazotróficas, que possuem a capacidade de fixação de N atmosférico no solo, deixando-o disponível às plantas (HUNGRIA, 2011).

A FBN contribui globalmente com 180×10^6 toneladas métricas por ano, sendo que as associações simbióticas produzem 80% do restante provenientes de bactérias de vida livre ou sistemas associativos, essa capacidade de reduzir e derivar quantidades de nitrogênio a partir do reservatório atmosférico e enriquecer o solo é restrito às bactérias (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

O *Azospirillum* é um gênero de bactéria de vida livre encontrado em quase todos os lugares da Terra (HUERGO et al., 2008). Muitos estudos têm mostrado que esse microrganismo pode promover o crescimento e o aumento da produtividade em diversas culturas, muitas das quais possuem grande importância agrônômica ou ecológica (BASHAN; HOLGUIN, 1997; BASHAN et al., 2004). A bactéria do gênero *Azospirillum* possui os seguintes benefícios como inoculante: a) a bactéria é endofítica, ou seja, penetra nas raízes das plantas; b) apresenta antagonismo a agentes patogênicos; c) produz fitormônios; e d) ocorre em todos os tipos de solo e clima (ANDRADE et al., 2016).

A utilização de bactérias da espécie *A. brasilense* contribui para o aumento de produtividade e taxa de acúmulo de matéria seca em milho; isso é decorrente do nitrogênio fixado pela bactéria e produção de hormônios vegetais, o que leva à proliferação do sistema radicular e estimula o metabolismo do nitrogênio (STANCHEVA et al., 1992).

Kaneko et al. (2016), utilizando *A. brasilense* na inoculação de sementes de milho e com redução na adubação de cobertura com nitrogênio em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, observaram que o uso dessa bactéria foi viável economicamente para a primeira safra, reforçando assim a importância desta

tecnologia na agricultura. Contudo, ressalta-se que para as espécies da família Poaceae, a quantidade de N disponibilizado pela FBN é moderada, sendo assim, ainda não se pode usar somente a inoculação para suprir toda a demanda de N do milho.

Barassi et al. (2008) relataram melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior altura de plantas. Inclusive com incrementos na eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho, proporcionando também maior absorção de fósforo (GALINDO et al., 2016).

A inoculação com *Azospirillum brasilense* associado à doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) e fontes de N (Ureia e Super N) nas culturas do milho e trigo irrigado em região de Cerrado verificou maior eficiência agrônômica das fontes de N aplicadas e redução na quantidade de N a ser aplicada em cobertura com a utilização de *A. brasilense*, justificando maiores estudos acerca da inoculação em condições semelhantes (GALINDO, 2015).

Pesquisa com inoculação de *A. brasilense* em sementes de milho constatou que tanto na formulação líquida como turfosa, esse microrganismo interferiu positivamente na produtividade dos grãos, além de observar que a redução da dose de nitrogênio (parcelado na semeadura e cobertura) associada à inoculação, seja na formulação líquida ou à base de turfa, nas doses de 200 mL ou 200 g de inoculante por hectare, respectivamente, foi eficiente agronomicamente (LIBÓRIO et al., 2016).

Em pesquisas utilizando a inoculação da semente com a aplicação do *Azospirillum* e também com aplicação via foliar, foi constatado que esta última se torna uma excelente opção para utilização em milho, pois coincide com a fase de aplicação de herbicida, facilitando o manejo para o agricultor e com resultados melhores ou iguais ao da inoculação na semente (MARTINS et al., 2012).

O uso de bactérias promotoras de crescimento com aplicação via foliar na cultura do milho, associado a adubação nitrogenada com doses de até 100 ml ha⁻¹ de inoculante, proporcionou o aumento na produtividade de grãos com o aumento linear da dose de N em cobertura no milho safrinha, e obtiveram a maior produtividade com a dose de 400 ml ha⁻¹ de inoculante associado com 30,9 kg ha⁻¹ de N em cobertura (PERES et al., 2013).

Plantas de morango inoculadas com *A. brasilense* REC3 apresentaram um índice de crescimento significativamente maior em relação às plantas controle, também induz a produção de auxina assim modulando a sinalização de etileno, e promove a ativação da resistência sistêmica da planta gerada pela interação entre a bactéria e a cultura, podendo atuar sinergicamente e aumentar a proteção contra patógeno (ELIAS et al., 2018).

Martins et al. (2018) ao realizar inoculação com bactéria diazotrófica e redução de 50 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada, na região do Cariri no Ceará, observou que o número de espigas e a produtividade de grãos aumentou em 17,18 e 10,78% respectivamente, em comparação ao milho pipoca crioulo não inoculado, contribuindo para um ganho significativo na economia de fertilizantes nitrogenados.

A inoculação das rizosferas de arroz com mistura de *A. brasilense* e *P. fluorescens* ou *A. brasilense* isoladamente podem melhorar a atividade da nitrogenase no solo rizosférico, aumentando o conteúdo de N disponível, ainda foi constatado o aumento da atividade da catalase e ainda durante o vigoroso estágio de crescimento do arroz podendo facilitar a maior atividade microbiana, conseqüentemente, acelerando a transformação do N de formas orgânicas para formas inorgânicas (ZHANG et al., 2018).

Além de promover aumento na produtividade de diversas culturas, *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*, são capazes de reduzir o acúmulo de Cádmio em plantas cultivadas em solo contaminado com esse mineral; também resultam no aumento do nível de ácido abscísico em plantas de *Arabidopsis Col-0* de tipo selvagem, conseqüentemente o crescimento vegetal foi melhorado e a bioatividade dessas bactérias tendem a aliviar o estresse oxidativo induzido por Cd nas plantas., ou seja, *B. subtilis* e *A. brasilense* podem reduzir os teores de Cd em plantas através de um mecanismo mediado por ABA dependente de IRT1 (transportador regulado por ferro I) (XU et al., 2018).

A promoção de crescimento e proteção contra patógenos em plantas são características encontradas naturalmente em bactérias dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus*. Estas bactérias não formam uma simbiose semelhante ao que ocorre no *Rhizobium* com algumas plantas, contudo estas bactérias são capazes de penetrar nos tecidos vegetais e estabelecer-se como endófitos (RYAN et al., 2008; MARQUEZ-SANTACRUZ et al., 2010).

No interior da planta, bactérias do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus* também desempenham um importante papel como promotoras de crescimento de plantas e inibem o crescimento de agentes patogênicos através de vários mecanismos (COMPANT et al., 2005; RYAN et al., 2008). As características acima explicam o desenvolvimento de novos produtos comerciais de biocontrole.

As bactérias do gênero *Pseudomonas* conferem resistência a doenças nas plantas, principalmente em cana-de-açúcar e tomateiro, ainda podem sintetizar sideróforos em condições de limitação do ferro, sendo um fator que induz expressão gênica em genes envolvidos na síntese de sideróforos (SANTOYO; OROZCO-MOSQUEDA; GOVINDAPPA, 2012).

As *Pseudomonas* são consideradas o grupo mais promissor de rizobactérias no crescimento de plantas envolvendo o controle biológico das doenças em vegetais, além disso, ainda são capazes de produzir metabolitos secundários como antibióticos, fitohormônios, compostos voláteis, e sideróforos; sendo assim, a habilidade dessas bactérias em promover o crescimento de plantas, está relacionado principalmente pelo fato desse organismos produzem o AIA e outros compostos importantes (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

Zamariolli (2016) relatou que a inoculação com *Pseudomonas fluorescens* em sementes de milho do híbrido AG8080, em um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico Arênico proporcionou maior diâmetro da espiga e número de fileira de grãos quando associada a apatita como fonte de fósforo e maior número de grãos por espiga.

Em cultivo de colza (*Brassica napus*) a inoculação com *Pseudomonas fluorescens* promoveu o aumento da biomassa vegetal e altura de plantas, em comparação ao tratamento não inoculado, além disso observou-se maior quantidade de sementes e óleo produzido, resultando assim em maior rentabilidade ao agricultor (LALLY et al., 2017).

Algumas espécies do gênero *Bacillus* são capazes de influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas por meio da síntese e excreção de fitormônios como citocinina, ácido abscísico (ABA), ácido indol acético (AIA) e equilíbrio hormonal de giberilinas, ainda podem promover a solubilização de fósforo (P), e algumas espécies ainda podem reduzir o Fe^{+3} em Fe^{+2} , todos esses processos melhoram o desenvolvimento e crescimento do vegetal (SANTOYO; OROZCO-MOSQUEDA; GOVINDAPPA, 2012).

As características bioquímicas das bactérias do gênero *Bacillus*, apresentadas por Albuquerque (2017), demonstraram que estas estão diretamente relacionadas com a indução de resistência nas plantas, tanto em situações com estresse salino por NaCl, quanto a doenças por meio do isolado AP3, em que plantas com inoculação apresentaram maior eficiência contra o patógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 3.

O *Bacillus subtilis* é uma espécie de bactéria gram-positiva não patôgena, além de ser promotora de crescimento de plantas presente na microbiota do solo, amplamente utilizada na produção de enzimas extracelulares em escala mundial, sendo capaz de manter contato estável com plantas de maior porte e promover seu crescimento (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

Em um microsistema de plantas propagadas, a inoculação bacteriana no início da fase de aclimatização pode ser observada na perspectiva do estabelecimento da microbiota na rizosfera no solo; a solubilização de *Bacillus* spp. também estimula o crescimento de plantas por meio do aumento da absorção de nutrientes como N, P, K e Fe (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014). Essa bactéria possui respostas adaptativas desenvolvendo capacidades como motilidade e formação de endósporos, transformação do DNA exógeno, produção de enzimas e antibióticos (HENRIQUES; MORAN, 2000).

Em estudo realizado por Yasmin et al. (2016) utilizando um isolado de *Bacillus* Rh219 na cultura do arroz, foi observado o aumento dos parâmetros biométricos da cultura do arroz e a atividade de enzimas de defesa (fenilalanina amônia-liase, polifenol oxidase e peroxidase) da planta. Em tomateiro foram encontrados compostos 21 voláteis de *B. subtilis* (SYST2), que induziram a produção de fitohormônios como auxina e citocinina, que estão diretamente ligados à promoção de crescimento (TAHIR et al., 2017).

O pré-tratamento de plantas de batata com o fármaco contendo *B. subtilis* previne a infecção por vírus, induzindo a resistência antiviral da batata e é acompanhado por uma mudança na atividade das enzimas redox, além de aumentar a atividade da superóxido dismutase quando foi aplicada tanto a plantas intactas quanto àquelas pré-infectadas com vírus YPV e XPV (YANCHEVSKAYA, 2018).

A BPCP, *Bacillus subtilis* estirpe Q3 tem características de promoção de crescimento múltiplas, incluindo capacidade para crescer a níveis mais elevados de estresse alcalino e pH, além da capacidade de solubilização de fósforo, sendo assim,

essa linhagem pode colonizar eficientemente as raízes do algodão sob solos afetados pelo sal e ajudar as plantas na nutrição do fósforo (AHMAD, 2018).

Bacillus licheniformis é uma bactéria presente no solo, com potencial para utilização na agricultura, de acordo com Jeong et al. (2017), essa bactéria da estirpe MH48 e seu metabólito, ácido benzóico, pode aumentar a atividade antifúngica contra *Rhizoctonia solani* e *Colletotrichum gloeosporioides*, pois seus metabólitos secundários, como as enzimas líticas e os biosurfactantes produzidas inibem o crescimento de outros microrganismos em baixa concentração.

Khan et al. (2016) constataram que a *B. licheniformis* da estirpe ML-1 possui grande potencial como biodegradador, podendo ser empregado na agricultura por meio da biorremediação de um solo contaminado com malathion.

Inoculação de *Bacillus licheniformis* NCCP-59 em duas variedades de arroz Basmati-385 (B-385) e KSK-282 aumentou a germinação de sementes e o atributo bioquímico da planta sob estresse de níquel, além de mostrar a capacidade de proteger as plantas dos efeitos tóxicos desse metal e ainda ser usada para a fitorremediação do solo contaminado com Ni (JAMIL et al., 2014).

Outra bactéria que possui potencial para utilização na agricultura é *Bacillus pumilus*, promove excelente crescimento de plantas, além de ser utilizada em um método de simples como aplicação via semente, também possui alta segurança por não ser contaminante ao produtor. No entanto, os estudos com essa espécie são recentes e seus efeitos sobre o solo e as culturas agrícolas, necessitam de mais pesquisa. Essa espécie de bactéria promoveu o aumento da resistência contra os danos causados por larvas da praga *Diabrotica virgifera* em sementes de milho, se tornando importante no manejo integrado de pragas (DISI; KLOEPPER; FADAMIRO, 2018).

Em cultivo com couve flor a aplicação da estirpe YSPMK11 de *B. pumilus*, apresentou maior produtividade, pois reduziu o percentual de incidência da doença de podridão do colmo causado por *Sclerotinia sclerotiorum*, assim essa BPCP se mostrou eficaz no biocontrole dessa doença (KAUSHAL; KUMAR; KAUSHAL, 2017).

A utilização desse tipo de bactéria tem se mostrado promissor em culturas com solo salino, por exemplo, Khan et al. (2016), ao inocular plantas de arroz com *B. pumilus*, observaram melhora no crescimento das plantas mesmo sob estresse salino, devido à atividade aumentada de certas enzimas antioxidantes como Superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD) e catase (CAT).

Determinada linhagem de *B. pumilus* aumentou o crescimento de plantas de tomate induzidas ao estresse por excesso de boro, isto se deve às atividades de enzimas antioxidantes induzidas, particularmente SOD e CAT, o incremento dessas enzimas e conteúdo de prolina ocorreram com o aumento dos níveis de B e a inoculação realizada, além disso, houve redução do acúmulo de B nos brotos e também foi observado o aumento à solubilidade de nutrientes como K⁺ e síntese de antioxidantes (SIRAJUDDIN et al., 2016).

Outra bactéria estudada como promotora do crescimento de plantas é a espécie *Bacillus amyloliquefaciens*, atualmente tem se tornado importante no biocontrole de diversas doenças em plantas devido à produção de diversas enzimas e metabólitos que são benéficos para os vegetais.

Em um ensaio *in vitro* com plântulas de tomate inoculados com *B. amyloliquefaciens*, foi observado a promoção de crescimento de plantas, produção de sideróforos e AIA, e também solubilização de fosfato e fixação de nitrogênio; plantas inoculadas mostraram aumento de 36,27 e 27,20% nos comprimentos de raízes e brotos, respectivamente, além do aumento da massa fresca da raiz e da parte aérea, isso se deve ao aumento do desenvolvimento da raiz e a melhora na absorção de nutrientes e água (ABDALLAH; FRIKHA-GARGOURI; TOUNSI, 2018).

B. amyloliquefaciens reduz os sintomas de ocorrência de sarna comum (*Streptomyces scabies*) em batata, por meio de mecanismos potenciais através da secreção de surfactina, iturina A ou fengicina (LIN et al., 2018).

Vale destacar ainda que os gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Rhizobium* são considerados os mais eficientes solubilizadores de fosfatos inorgânicos (RODRIGUEZ; FRAGA, 1999).

Ressalta-se que muitas pesquisas ainda precisam ser realizadas com as várias bactérias promotoras de crescimento de planta, principalmente para verificar a influência destas na nutrição de plantas, e o reflexo disso na produtividade agrícola como na importante cultura do milho que é uma planta teste em termos de nutrição e adubação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

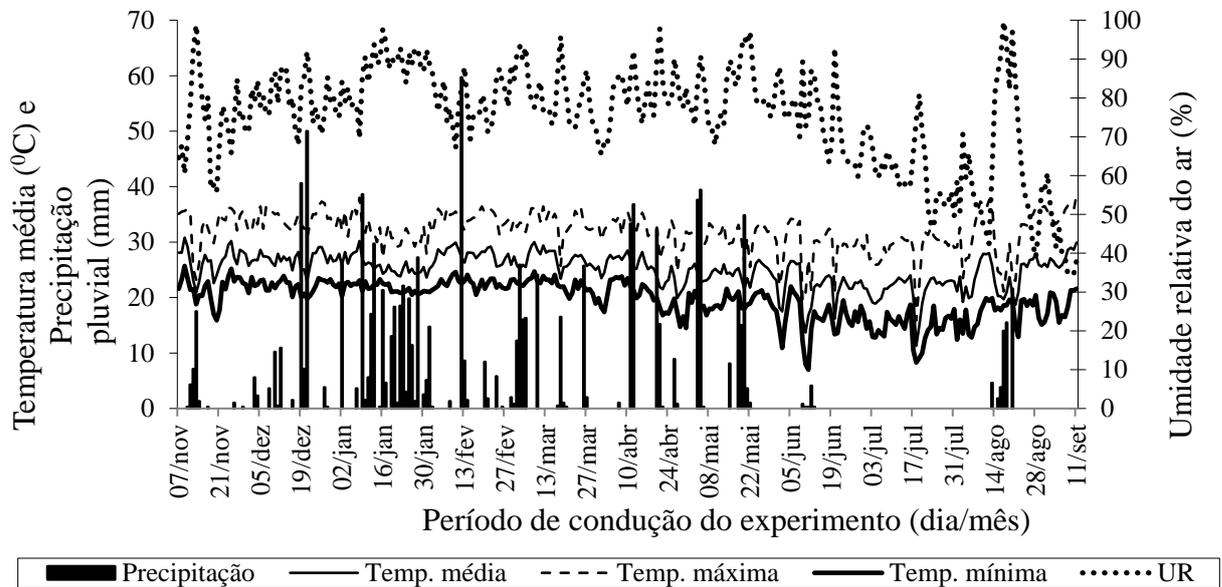
3.1 LOCAL E HISTÓRICO DE MANEJO

O experimento foi realizado por meio do cultivo da cultura do milho safra (2016/17) e safrinha (2017) em sucessão, na mesma área experimental, pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, localizada em Selvíria – MS, com altitude de 335 m. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, textura argilosa, de acordo com a classificação de Santos et al. (2018), o qual foi cultivado com culturas anuais há mais de 28 anos, sendo os últimos 12 anos em sistema plantio direto e a cultura anterior a semeadura do milho foi o trigo. As coordenadas geográficas aproximadas são de 51° 22' Oeste de Greenwich e 20° 22' Sul e 335 metros de altitude.

Os atributos químicos do solo na camada de 0-0,20 m determinados antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001) apresentaram os seguintes resultados: 20 mg dm⁻³ de P (resina); 3 mg dm⁻³ de S-SO₄; 24 g dm⁻³ de MO.; 5,3 de pH (CaCl₂); K, Ca, Mg, H+Al = 5,3; 33,0; 20,0 e 28,0 mmol_c dm⁻³, respectivamente; Cu, Fe, Mn, Zn (DTPA) = 3,9; 21,0; 63,5 e 1,6 mg dm⁻³, respectivamente; 0,19 mg dm⁻³ de B (água quente), CTC= 86,3 0 mmol_c dm⁻³ e 68% de saturação por bases.

A temperatura média anual é de 23,5 °C, a precipitação pluvial média anual é de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. O tipo climático na região é Aw, segundo Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As condições climáticas no decorrer do experimento constam na Figura 1.

Figura 1. Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima registradas durante os experimentos com milho safra e safrinha, no período de novembro de 2016 a setembro de 2017, em Selvíria - MS.



Fonte: Própria autora.

3.2 EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO E ANÁLISES REALIZADAS

As parcelas do experimento foram de 6 m de comprimento com 7 linhas espaçadas de 0,45 m, sendo a área útil da parcela as 3 linhas centrais, excluindo-se 1 m das extremidades. No segundo cultivo de milho (safrinha), as parcelas com o mesmo tratamento foram sobrepostas a do experimento com milho safra.

Realizou-se a dessecação prévia da flora daninha com os herbicidas glifosato (1800 g ha^{-1} do i.a.) e 2,4-D (670 g ha^{-1} do i.a.), 15 dias antes da semeadura, seguido do manejo da palhada com desintegrador mecânico de resíduos vegetais (Triton). Na adubação de semeadura em ambas as safras, foi fornecido 400 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16, o que equivale a 32 kg ha^{-1} de N (ureia), 112 kg ha^{-1} P_2O_5 (superfosfato triplo) e 64 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio) para todos os tratamentos, experimentos anteriores e na recomendação adaptada a de Cantarella et al. (1997).

A inoculação das sementes de milho com as seis bactérias testadas foi com inoculante líquido (Figura 2) na dose de 100 mL para 60.000 sementes, com base na recomendação do fabricante (Total Biotecnologia), sendo este aplicado no momento

da semeadura. A inoculação em jato dirigido na base da planta foi efetuada no estágio V3 da cultura, no dia 03/12/2016 e 11/05/2017, sendo esta realizada com os mesmos inoculantes líquidos, nas seguintes doses recomendadas pelo fabricante: 300 mL ha⁻¹ de inoculante com *Azospirillum brasilense* estirpes AbV5 e AbV6 (garantia de 2x10⁸ UFC por mL), 600 mL ha⁻¹ de inoculante com *Pseudomonas fluorescens* e 600 mL ha⁻¹ de inoculante para as quatro espécies descritas de *Bacillus* sp., conforme recomendação da empresa fabricante do inoculante. Vale ressaltar que as estirpes e UFC ainda não foram divulgadas, pois estes inoculantes estão em fase de teste para registro no Ministério da Agricultura.

Figura 2. Inoculantes líquidos contendo as bactérias estudadas.



a) *Bacillus amyloliquefaciens*, b) *Bacillus pumilus*, c) *Bacillus licheniformis*, d) *Bacillus subtilis*, e) *Azospirillum brasilense* e f) *Pseudomonas fluorescens*.

Fonte: Própria autora.

O experimento foi realizado em sistema plantio direto, sendo a semeadura mecânica realizada no dia 11/11/2016 (Figura 3) e 11/04/2017, com 3,3 sementes por metro e o híbrido simples de milho utilizado DKB 390 VT PRO3 em ambos os cultivos. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada em 10/12/2016 e 27/05/2017 nas entrelinhas do milho quando as plantas apresentaram quatro folhas completamente desdobradas (estádio V4), sendo esta 150 kg ha⁻¹ de N (fonte ureia) na dose com 100% e 112,5 kg ha⁻¹ de N para a dose de 75%. Quando necessário, a área foi irrigada

por um sistema por aspersão, por meio de pivô central com lâmina de água média de 14 mm e turno de rega de aproximadamente 72 horas, e para o controle de plantas daninhas de pós emergência, foram utilizados os herbicidas tembotrione (84 g ha⁻¹ de i.a.) e atrazine (1,000 g ha⁻¹ de i.a.), e ainda utilizado óleo vegetal adjuvante (720 g ha⁻¹ de i.a.). A pulverização do herbicida ocorreu no estágio V2 do milho, em ambos os cultivos. O controle de pragas foi realizado com methomyl (215 g ha⁻¹ de i.a.) e triflumurom (24 g ha⁻¹ de i.a.).

Figura 3. Semeadura do milho na safrinha 2017.



Fonte: Própria autora

Durante a execução do experimento com milho safrinha houve o ataque da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) em toda a área experimental da fazenda da UNESP, mesmo realizando o tratamento químico de semente e três aplicações de inseticidas em pós-emergência no experimento. Notou-se que as plantas de milho de modo geral, apresentaram o sintoma do enfezamento no final do ciclo da cultura, o que de certa forma afetou um pouco a produtividade de grãos.

A colheita do milho foi efetuada manualmente na primeira e segunda safra, respectivamente nos dias 21/03/2017 (131 dias após a semeadura) e 04/09/2017 (147 dias após a semeadura), quando os grãos estavam com 17 a 18% de umidade.

Na maturidade fisiológica da cultura (estádio R6, de acordo com a escala de Ritchie et al., 2003) foram coletadas a parte aérea de três plantas representativas de cada parcela, contendo colmo, folhas e espigas, em seguida foram secas em estufa de ventilação de ar forçado a 65 °C por 72 horas. Posteriormente, realizou-se a pesagem e com base nos dados de matéria seca (MS) e na população de plantas por hectare, foram calculados os acúmulos de MS na parte aérea da planta. A determinação de nutrientes nos grãos e na parte aérea foi realizada com base em metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), posteriormente, calculou-se a extração e exportação de macro e micronutrientes em kg t⁻¹ de grãos produzidos.

No experimento foram realizadas as seguintes avaliações: a) concentração foliar de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn determinados de acordo com metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), após a coleta do terço médio de 20 folhas da inserção da espiga principal, no florescimento feminino (estádio R2) das plantas de milho, segundo a metodologia descrita em Cantarella, Raij e Camargo (1997); b) índice de clorofila foliar (ICF), que foi determinada indiretamente por meio de leituras na folha abaixo da espiga principal (no terço média desta folha de milho) com a ajuda de um clorofilômetro digital do tipo FALCON no estágio R2 do milho; c) altura de inserção de espiga na maturação da planta de milho; d) altura de plantas na maturação, definida como sendo à distância (m) do nível do solo ao ápice do pendão; na ocasião da colheita foram coletadas 10 espigas de milho por parcela para contagem do: e) número de fileiras por espiga, f) número de grãos por fileira de espiga, e g) número de grãos por espiga; h) prolificidade das plantas de milho da área útil da parcela; i) número de espigas por hectare, em 4 linhas úteis; j) massa de 100 grãos, determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida); m) produtividade de grãos, determinada pela coleta das plantas contidas nas 4 linhas úteis de cada parcela. Após a trilhagem mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha⁻¹ a 13% (base úmida); n) matéria seca da parte aérea de plantas de milho no final do ciclo; o) extração e exportação de nutrientes; p) análise completa dos atributos químicos do solo após os cultivos de milho conforme metodologias de Raij et al. (2001), na camada de 0 a 0,20 m e coletados nas entrelinhas onde foi realizada a adubação nitrogenada da cultura.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental nos dois cultivos de milho foi em blocos ao acaso com quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial $6 \times 2 + 3$, sendo seis inoculações com espécies de bactérias promotoras de crescimento de plantas (*Azospirillum brasilense*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens*), aplicadas via sementes ou em jato dirigido na base da planta com três folhas completamente desenvolvidas (estádio V3), todos estes tratamentos com redução de 25% na dose de N recomendada em cobertura; além da testemunha sem inoculação e sem adubação nitrogenada; adubação com a dose de N recomendada ($150 \text{ kg ha}^{-1} = 100\%$) em cobertura e sem inoculação; e aplicação de 75% da dose de N ($112,5 \text{ kg ha}^{-1}$) recomendada em cobertura e sem inoculação.

Os resultados do experimento foram avaliados pela análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$) e teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, para comparação de médias dos tratamentos aplicados via semente ou via jato dirigido com os três tratamentos extras padrões, e se utilizou o teste de Tukey a 5% para comparação do fatorial (formas de inoculação x espécies de bactérias). Para isso, foi utilizado o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS

A utilização da análise nutricional foliar como critério diagnóstico baseia-se na premissa de existir uma relação bem definida entre o crescimento e a produção das culturas e o teor dos nutrientes em seus tecidos.

O nitrogênio (N) contido nas folhas de milho não diferiu significativamente entre os tratamentos inoculados e não inoculados (Tabela 1). Isso deve em ao efeito diluição de nutrientes propiciados por estas bactérias, que são promotoras de crescimento. No entanto, houve interação entre a forma de aplicação e as bactérias utilizadas (Tabela 2), para *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* o maior teor de N foi quando ambas foram aplicadas em jato dirigido na base da planta na safra 2016/2017 (Tabela 3), a média de N foliar foi de 26,13 g kg⁻¹, esse valor ficou abaixo do adequado (27-35 g kg⁻¹) de acordo com Cantarella et al. (1997), porém as plantas durante o ciclo não apresentaram sintomas de deficiência em relação à esse nutriente.

Para os teores foliares de fósforo (P), estes foram considerados adequados (CANTARELLA et al., 1997), na primeira safra os tratamentos que receberam inoculação via semente, exceto com *P. fluorescens*, apresentaram teores maiores que os não inoculados (Tabela 1), na safrinha houve interação para o *B. licheniformis* com teor de P superior na aplicação em jato dirigido, enquanto o *B. pumilus*, se destacou quando a inoculação foi realizada via semente (Tabela 3). Os teores elevados desse nutriente se devem ao fato desses microrganismos serem solubilizadores de P, ou seja, transformam parte desse nutriente fixado em forma disponível para a planta absorver (RODRIGUEZ; FRAGA, 1999).

O potássio (K) no tecido foliar do milho estava com teores adequados apenas na primeira safra. Além disso, esse valor foi maior no ano de 2016/17 quando recebeu inoculação via semente com *B. subtilis* e *B. pumilus* em relação aos outros tratamentos (Tabela 1). Houve interação na mesma safra para esse nutriente (Tabela 2), em que *B. pumilus* foi superior quando aplicado via semente (Tabela 3). Bactérias desse gênero promovem maior crescimento radicular e com isso ocorre o aumento na absorção de nutrientes como o K (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

O teor de Ca nas folhas foi considerado adequado conforme Cantarella et al. (1997), onde os teores devem ser de 2,5 a 8,0 g kg⁻¹, em ambas as safras e métodos

de aplicação os valores ultrapassaram $6,0 \text{ g kg}^{-1}$, em ambas as safras, a inoculação via semente foi superior com *B. subtilis*, e para a aplicação em jato em dirigido apenas na safra 2016/17 e a inoculação apresentou-se superior em teor de Ca com *B. subtilis* e *B. licheniformis* (Tabela 1). Não houve interação entre o método de aplicação e as bactérias (Tabela 2), os teores encontrados foram superiores ao encontrado por Francisco et al. (2012) em que ao inocular milho com *A. brasilense* e adubação de cobertura com 30 kg ha^{-1} de N em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, obteve teor foliar de Ca igual a $2,70 \text{ g kg}^{-1}$.

Os teores foliares de Mg foram superiores quando inoculados com *B. subtilis* em ambas as safras e formas de aplicação, exceto na safrinha com aplicação em jato dirigido (Tabela 1). Na safra 2016/17 e safrinha 2017, as bactérias apresentaram interação com o modo de aplicação (Tabela 2), o *B. subtilis* teve melhor desempenho quando foi inoculada via semente (Tabela 3). Os teores de Mg estavam adequados (CANTARELLA et al., 1997), e diante disso, a cultura do milho não apresentou deficiência e clorose referente ao Mg.

Os teores foliares de enxofre (S) não diferiram em relação aos tratamentos não inoculados na safra (Tabela 1), porém na safrinha houve interação entre os fatores (Tabela 2), em que *B. licheniformis* foi superior quando aplicado via semente e *B. pumilus* obteve maior teor de S foliar quando aplicado via jato dirigido (Tabela 3).

O boro (B) é um micronutriente exigido principalmente para o processo de formação do tubo polínico, os teores de B nas folhas de milho foram superior quando não houve inoculação via semente e nem adubação na safra 2016/17, porém ao se comparar com inoculação via jato dirigido, os tratamentos com *B. subtilis*, *B. pumilus* e *B. amyloliquefaciens* não foram semelhantes com o não inoculado e sem adubação de cobertura durante a safra 2016/17 (Tabela 4). Os teores de B foliar em média estão adequados para o bom desenvolvimento da cultura (CANTARELLA et al., 1997).

Em ambos os cultivos foi observado a interação das bactérias com a forma de aplicação (Tabela 5), na safra 2016/17, a *P. fluorescens* teve maior teor de B foliar ao ser aplicado via semente, já o *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* apresentaram efeito contrário, sendo melhor quando aplicados via jato dirigido, e na safrinha 2017 *B. amyloliquefaciens* obteve $31,00 \text{ mg kg}^{-1}$ quando aplicado via semente. Esse teor foliar é superior ao encontrado por Francisco et al. (2012) em que obteve $17,1 \text{ mg kg}^{-1}$ de B em plantas milho inoculadas com *A. brasilense* em um LATOSSOLO VERMELHO

Distrófico, e supera o valor adequado ao descrito por Cantarella et al. (1997) em que o limite é 25 mg kg^{-1} de B, para que não provoque prejuízos para a cultura.

Para o teor foliar de cobre (Cu) não houve diferença com relação aos tratamentos não inoculados (Tabela 4). Os teores adequados variam entre 6 a 20 mg kg^{-1} (CANTARELLA et al., 1997), sendo assim na primeira safra os teores estão dentro desse parâmetro, porém na safra 2017 os valores em média ultrapassam 27 mg kg^{-1} , esse aumento pode ser decorrente ao enfezamento do milho e a maior quantidade de aplicação de defensivos agrícolas na área. Foi observado que não houve interação significativa entre a forma de aplicação e os inoculantes para o teor foliar de Cu (Tabela 5).

Em relação ao teor de ferro (Fe) foliar não foi observado diferença em ambos os cultivos quando houve inoculação via semente, já em jato dirigido foi observado na safra 2016/17 (Tabela 4), maior teor desse nutriente quando não houve inoculação e houve aplicação da dose de 100% da adubação nitrogenada em cobertura, tendo em vista que esse nutriente dificilmente apresenta deficiência em solos brasileiros, deve se atentar ao limite considerado adequado, de 30 a 250 mg kg^{-1} (CANTARELLA et al., 1997), sendo assim, todos os tratamentos não ultrapassaram esse valor, portanto, não foi prejudicado o desenvolvimento do milho.

Os teores de manganês (Mn) foliar apresentaram incrementos na segunda safra (Tabela 4), quando inoculados via semente com *B. pumilus* e *B. amyloliquefaciens*. Quando houve aplicação em jato dirigido na primeira safra o tratamento testemunha e com 100% da dose de N, ambos sem inoculação, se assemelharam àqueles inoculados com *P. fluorescens* e *B. amyloliquefaciens*. No milho safrinha, o *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens* se mostraram superiores para o teor de Mn em relação aos outros tratamentos. Neste cultivo verificou-se interação entre as bactérias e a forma de aplicação (Tabela 5) em que *A. brasilense*, *P. fluorescens* e *B. licheniformis* se destacaram no teor foliar de Mn quando aplicado via jato dirigido (Tabela 6). A média dos tratamentos inoculados na primeira safra foi de $44,14 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mn, valor esse semelhante ao encontro por Araújo et al. (2013) em plantas de milho inoculadas com *A. brasilense* e adubação nitrogenada de 30 kg ha^{-1} de N no plantio e 90 kg ha^{-1} de N em cobertura, em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, em que obteve o teor de $47,87 \text{ mg kg}^{-1}$.

Os teores foliares de zinco (Zn) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos com ou sem inoculação, bactérias e modo de inoculação, tanto no

milho safra como no milho safrinha, no entanto apresentaram teores adequados (Tabela 4) dentro da faixa de suficiência de 15 a 100 mg kg⁻¹ (CANTARELLA et al.,1997).

Tabela 1. Teores foliares de macronutrientes em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	Teores foliar dos macronutrientes (g kg ⁻¹)											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Inoculação via semente												
0% de N e sem inoculação	27,33a	21,87a	2,97b	2,43a	15,97b	13,87a	5,90b	6,10b	1,53b	1,57b	1,83a	1,87a
75% de N e sem inoculação	25,90a	26,77a	3,03b	2,43a	19,20b	14,20a	6,07b	6,23b	1,53b	1,60b	1,73a	2,17a
100% de N e sem inoculação	26,60a	22,50a	3,17b	2,33a	19,17b	12,70a	5,90b	5,87b	1,60b	1,40b	1,77a	1,93a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	25,60a	27,20a	3,83a	2,57a	19,73b	14,77a	6,13b	6,77a	1,83b	2,27a	1,87a	2,07a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	28,17a	25,10a	3,37b	2,47a	18,43b	16,40a	7,23a	6,13b	2,10b	1,80b	2,13a	2,03a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	23,70a	22,67a	3,83a	2,30a	25,60a	14,47a	7,63a	7,07a	3,17a	2,23a	1,90a	1,90a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	27,13a	26,27a	3,87a	2,20a	25,70a	15,20a	7,53a	6,17b	2,80a	1,73b	2,03a	1,93a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	26,37a	29,20a	3,63a	2,63a	20,83b	15,47a	6,70b	6,60a	2,33b	2,10a	2,03a	2,20a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	25,17a	25,33a	3,70a	2,43a	21,60b	15,37a	6,23b	6,80a	2,10b	2,03a	1,77a	1,93a
Erro padrão	1,09	1,71	0,23	0,09	1,38	1,30	0,37	0,27	0,22	0,14	0,18	0,12
Média geral	26,22	25,21	3,49	2,42	20,69	14,71	6,59	6,42	2,11	1,86	1,90	2,00
CV (%)	7,18	11,74	11,16	6,12	11,54	15,34	9,70	7,33	18,00	12,81	16,08	10,06
Inoculação via jato dirigido no estágio V3												
0% de N e sem inoculação	27,33a	21,87a	2,97a	2,43a	15,97a	13,87a	5,90b	6,10a	1,53b	1,57a	1,83a	1,87a
75% de N e sem inoculação	25,90a	26,77a	3,03a	2,43a	19,20a	14,20a	6,07b	6,23a	1,53b	1,60a	1,73a	2,17a
100% de N e sem inoculação	26,60a	22,50a	3,17a	2,33a	19,17a	12,70a	5,90b	5,87a	1,60b	1,40a	1,77a	1,93a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	27,97a	27,83a	3,23a	2,40a	17,53a	15,63a	5,77b	6,97a	1,50b	1,77a	2,00a	2,07a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	26,73a	26,80a	3,53a	2,33a	21,03a	17,73a	6,07b	6,47a	1,53b	1,57a	2,00a	2,00a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	27,77a	25,87a	3,33a	2,33a	22,93a	17,40a	6,73a	6,47a	2,17a	1,57a	1,83a	1,97a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	26,86a	27,57a	3,10a	2,47a	19,47a	16,13a	6,23b	6,80a	1,77b	1,57a	2,07a	2,20a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	27,70a	26,90a	3,37a	2,23a	22,53a	15,47a	6,77a	6,90a	1,97a	1,87a	2,13a	1,93a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	29,00a	25,70a	3,33a	2,23a	18,20a	15,00a	6,30b	6,40a	1,63b	1,67a	1,83a	1,87a
Erro padrão	0,68	1,72	0,15	0,11	1,32	1,35	0,18	0,29	0,14	0,13	0,14	0,12
Média geral	27,32	25,76	3,23	2,36	19,56	15,35	6,19	6,47	1,69	1,62	1,91	2,00
CV (%)	4,29	11,55	8,03	7,93	11,69	15,27	5,06	7,65	14,09	13,84	12,59	10,46

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Fonte: Própria autora

Tabela 2. Teores foliares de macronutrientes de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria – MS.

Tratamento / Safra	Teores foliar dos macronutrientes (g kg ⁻¹)											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)												
<i>Azospirillum brasilense</i>	26,78a	27,52a	3,53a	2,48a	18,63b	15,20a	5,95b	6,87a	1,67b	2,02a	1,93a	2,07a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	27,45a	25,95ab	3,45a	2,40a	19,73b	17,07a	6,65ab	6,30a	1,82b	1,68b	2,07a	2,02a
<i>Bacillus subtilis</i>	25,73a	24,27b	3,58a	2,32a	24,32a	15,93a	7,18a	6,77a	2,67a	1,90a	1,87a	1,93a
<i>Bacillus pumilus</i>	27,00a	26,92ab	3,48a	2,33a	28,53ab	15,67a	6,88ab	6,48a	2,28ab	1,65b	2,08a	2,07a
<i>Bacillus licheniformis</i>	27,45a	28,05a	3,50a	2,43a	21,68ab	15,47a	6,73ab	6,75a	2,15ab	1,98a	2,05a	2,07a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	27,08a	25,52ab	3,52a	2,33a	19,90b	15,18a	6,27ab	6,60a	1,87b	1,85a	1,80a	1,90a
DMS (5%)	3,23	2,84	0,71	0,27	4,10	3,85	1,10	0,78	0,65	0,39	0,55	0,21
Forma de inoculação (F)												
Semente	26,02b	25,96a	3,32b	2,43a	21,98a	15,28a	6,91a	6,59a	7,23a	2,03a	1,96a	2,01a
Jato dirigido	27,67a	26,78a	3,71a	2,33a	20,28b	16,23a	6,31b	6,67a	6,07b	1,67b	1,98a	2,00a
DMS (5%)	1,24	1,09	0,09	0,10	1,58	1,48	0,42	0,30	1,03	0,15	0,21	0,08
Teste F												
Bactéria	0,64 ^{ns}	4,69 ^{**}	0,08 ^{ns}	1,19 ^{ns}	5,11 ^{**}	0,65 ^{ns}	3,13 [*]	1,42 ^{ns}	6,27 ^{**}	2,95 [*]	0,17 ^{ns}	2,36 ^{ns}
Forma de inoculação	7,62 [*]	2,40 ^{ns}	8,86 ^{**}	4,01 ^{ns}	5,00 [*]	1,77 ^{ns}	8,68 ^{**}	0,29 ^{ns}	27,41 ^{**}	24,92 ^{**}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}
B x F	2,28 [*]	2,00 ^{ns}	1,02 ^{ns}	3,45 [*]	3,11 [*]	0,44 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,13 [*]	1,17 [*]	0,91 ^{ns}	3,25 [*]
Média geral	26,85	26,40	3,51	2,38	21,13	15,75	6,61	6,23	2,08	1,85	1,97	2,01
CV (%)	6,68	5,99	11,16	6,28	10,79	13,60	9,24	6,52	17,34	11,75	15,43	5,89

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativas, respectivamente.

Fonte: Própria autora

Tabela 3. Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o teor foliar de nitrogênio na safra 2016/2017, fósforo na safrinha 2017, potássio na safra 2016/2017, enxofre na safrinha 2017, magnésio na safra 2016/2017 e safrinha 2017. Selvíria - MS.

Bactéria / Forma de inoculação	Teor foliar de N (g kg ⁻¹) na safra 2016/2017			Teor foliar de P (g kg ⁻¹) na safrinha 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	25,60aA	27,97aA		2,57abA	2,40aA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	28,17aA	26,73aA	3,04	2,47abA	2,33aA	
<i>Bacillus subtilis</i>	23,70aB	27,77aA		2,30abA	2,33aA	
<i>Bacillus pumilus</i>	27,13aA	26,87aA		2,20bB	2,47aA	0,25
<i>Bacillus licheniformis</i>	26,37aA	27,70aA		2,63aA	2,23aB	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	25,17aB	29,00aA		2,43abA	2,23aA	
DMS (5%)		4,56			0,38	
Bactéria / Forma de inoculação	Teor foliar de K (g kg ⁻¹) na safra 2016/2017			Teor foliar de S (g kg ⁻¹) na safrinha 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	19,73bA	17,53aA		2,07aA	2,07abA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	18,43bA	21,03aA	3,86	2,03aA	2,00abA	
<i>Bacillus subtilis</i>	25,70aA	22,93aA		1,90aA	1,97abA	
<i>Bacillus pumilus</i>	25,60aA	19,47aB		1,93aB	2,20aA	0,20
<i>Bacillus licheniformis</i>	20,83abA	22,53aA		2,20aA	1,93abB	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	21,60abA	18,20aA		1,93aA	1,87bA	
DMS (5%)		5,80			0,30	
Bactéria / Forma de inoculação	Teor foliar de Mg (g kg ⁻¹) na safra 2016/2017			Teor foliar de Mg (g kg ⁻¹) na safrinha 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	1,83cA	1,50aA		2,27aA	1,77aB	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2,10bcA	1,53aA	0,71	1,80aA	1,57aA	
<i>Bacillus subtilis</i>	3,17aA	2,17aB		2,23aA	1,57aB	
<i>Bacillus pumilus</i>	2,80abA	1,77aB		1,73aA	1,57aA	0,37
<i>Bacillus licheniformis</i>	2,33abcA	1,97aA		2,10aA	1,87aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	2,10bcA	1,63aA		2,03aA	1,67aA	
DMS (5%)		0,92			0,55	

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

Fonte: Própria autora

Tabela 4. Teores foliares de micronutrientes em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	Teores foliar dos micronutrientes (mg kg ⁻¹)									
	B#		Cu#		Fe#		Mn#		Zn	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
	Inoculação via semente									
0% de N sem inoculação	19,00a	13,33a	13,00a	25,67a	156,67a	150,00a	47,33a	12,67b	18,00a	19,33a
75% de N sem inoculação	14,00b	15,33a	12,67a	35,67a	158,67a	150,33a	43,67a	22,00b	19,00a	20,33a
100% de N sem inoculação	12,67b	16,00a	14,00a	37,67a	197,67a	169,00a	51,33a	13,33b	20,00a	22,00a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	13,33b	16,00a	13,67a	26,00a	199,67a	170,00a	45,00a	17,33b	19,33a	20,33a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	15,00b	13,67a	14,33a	53,00a	159,00a	167,67a	45,00a	19,33b	18,33a	21,67a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	13,00b	13,67a	14,00a	27,67a	166,00a	153,33a	43,67a	23,33b	22,33a	19,00a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	14,00b	12,67a	14,00a	29,33a	159,67a	142,00a	45,67a	31,00a	23,33a	21,33a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	11,67b	15,67a	14,33a	37,00a	161,33a	178,67a	44,00a	17,67b	21,67a	24,33a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	15,00b	31,00a	11,67a	27,33a	149,67a	147,00a	45,67a	37,33a	20,67a	22,00a
Erro padrão	1,01	4,81	1,21	8,03	21,77	10,42	3,84	4,76	1,68	1,34
Média geral	14,18	16,37	13,52	33,26	167,59	158,67	45,70	21,56	20,30	21,15
CV (%)	12,37	19,09	7,35	21,69	10,47	5,56	7,28	22,02	14,33	10,94
	Inoculação via jato dirigido no estágio V3									
0% de N e sem inoculação	19,00a	13,33a	13,00a	25,67a	156,67b	150,00a	47,33a	12,67c	18,00a	19,33a
75% de N e sem inoculação	14,00b	15,33a	12,67a	35,67a	158,67b	150,33a	43,67b	22,00c	19,00a	20,33a
100% de N e sem inoculação	12,67b	16,00a	14,00a	37,67a	197,67a	169,00a	51,33a	13,33c	20,00a	22,00a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	14,67b	23,33a	13,00a	30,67a	142,00b	195,00a	37,00b	30,67b	28,33a	23,33a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	9,67b	7,33a	13,00a	17,67a	155,67b	198,00a	49,33a	30,67b	23,67a	18,67a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	17,33a	19,67a	12,67a	22,00a	145,33b	285,33a	39,00b	30,67b	19,33a	20,33a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	17,00a	19,33a	12,33a	20,00a	131,00b	182,00a	38,00b	26,00b	24,00a	23,00a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	15,00b	11,33a	14,00a	33,67a	157,00b	162,00a	44,67b	42,67a	21,33a	21,33a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	20,00a	11,67a	13,33a	27,00a	152,33b	163,33a	52,67a	37,67a	19,00a	21,67a
Erro padrão	1,60	3,25	0,58	6,59	8,04	33,41	2,77	3,63	2,50	1,41
Média geral	15,48	15,26	13,11	27,78	155,15	183,89	44,78	27,37	21,41	21,11
CV (%)	8,57	17,14	3,68	20,78	4,35	12,79	5,35	13,81	20,21	11,60

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. #: dados ajustados pela equação $(X + 0,5)^{0,5}$.

Fonte: Própria autora

Tabela 5. Teores foliares de micronutrientes de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	Teores foliar dos micronutrientes (mg kg ⁻¹)									
	B#		Cu#		Fe#		Mn#		Zn	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)										
<i>Azospirillum brasilense</i>	14,00ab	19,67a	13,33a	28,33a	170,83a	182,50a	41,00a	24,00b	23,83a	21,83a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	12,33b	10,50a	13,67a	35,33a	157,33a	182,83a	47,17a	25,00ab	21,00a	20,17a
<i>Bacillus subtilis</i>	15,17ab	16,67a	13,33a	24,83a	155,67a	219,33a	41,33a	27,00ab	20,83a	19,67a
<i>Bacillus pumilus</i>	15,50ab	16,00a	13,17a	24,67a	145,33a	162,00a	41,83a	28,50ab	23,67a	21,17a
<i>Bacillus licheniformis</i>	13,33ab	13,50a	14,17a	35,33a	159,17a	170,33a	44,33a	30,17ab	21,50a	22,83a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	17,00a	21,33a	12,50	27,17a	151,00a	155,17a	49,17a	37,50a	19,83a	21,83a
DMS (5%)	4,47	14,47	3,31	21,38	55,30	88,17	11,29	11,50	7,82	4,64
Forma de inoculação (F)										
Semente	13,67b	17,11a	13,67a	35,39a	165,89a	159,78b	44,83a	24,33b	20,94a	21,44a
Jato dirigido	15,62a	15,44a	13,06a	25,17b	147,22a	197,61a	43,44a	33,05a	22,61a	21,39a
DMS (5%)	1,72	5,56	1,27	8,22	21,25	33,88	4,34	4,42	3,00	1,78
Teste F										
Bactéria	3,55*	2,06 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,42 ^{ns}	1,71 ^{ns}	2,93*	0,84 ^{ns}	1,36 ^{ns}
Forma de inoculação	4,68*	0,67 ^{ns}	0,83 ^{ns}	3,97*	3,48 ^{ns}	7,10*	0,52 ^{ns}	16,34**	1,32 ^{ns}	0,00 ^{ns}
B x F	3,79*	3,24*	0,70 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,75 ^{ns}	1,55 ^{ns}	3,60*	1,67 ^{ns}	1,43 ^{ns}
Média geral	14,64	16,28	13,37	29,28	156,56	178,69	44,14	28,69	21,78	21,42
CV (%)	8,08	19,37	6,45	20,78	8,84	10,87	7,08	12,27	19,25	12,05

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativos, respectivamente.

Fonte: Própria autora

Tabela 6. Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o teor foliar de boro na safra 2016/2017 e safrinha 2017 e manganês na safrinha 2017. Selvíria - MS.

Safrinha	Teor foliar de B (mg kg ⁻¹)					
	2016/17			2017		
	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	13,33aA	14,67abA		16,00aA	23,33aA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	15,00aA	9,67bB		13,67aA	7,31bA	
<i>Bacillus subtilis</i>	13,00aB	17,33aA	4,21	13,67aA	19,67abA	
<i>Bacillus pumilus</i>	14,00aA	17,00aA		12,67aA	19,33abA	13,62
<i>Bacillus licheniformis</i>	11,67aA	15,00abA		15,67aA	11,33abA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	15,00aB	20,00aA		31,00aA	11,67abB	
DMS (5%)		6,32			20,46	
Safrinha 2017	Teor foliar de Mn (mg kg ⁻¹) safrinha 2017					
	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)			
<i>Azospirillum brasilense</i>	17,33bB	30,67abA				
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	19,33bB	30,67abA				
<i>Bacillus subtilis</i>	23,33abA	30,67abA				
<i>Bacillus pumilus</i>	31,00abA	26,00bA	10,83			
<i>Bacillus licheniformis</i>	17,67bB	42,67abA				
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	37,33aA	37,67abA				
DMS (5%)		16,27				

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

Fonte: Própria autora

4.2 EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

A quantidade de N extraída (kg t^{-1} de grãos produzidos) pelas plantas de milho sem inoculação e com inoculação não apresentou diferença tanto na safra como na safrinha, independentemente da forma de inoculação (Tabela 7), isso pode ser resultante da área experimental estar em sistema plantio direto há mais de 12 anos. Porém, numericamente para N, se destacaram o *A. brasilense* via semente na safra e o *B. licheniformis* inoculado no estágio V3 do milho em ambos os cultivos.

No entanto, ao analisar as espécies de bactérias e formas de inoculação na segunda safra, pode se notar interação para a extração de N (Tabela 8), em que a aplicação em jato dirigido do *B. licheniformis* proporcionou maior acúmulo de N em relação a sua inoculação via semente (Tabela 9). Ochoa-Velasco et al. (2016) observaram em um experimento com tomate que a bactéria em questão, realiza a biossíntese de compostos antioxidantes hidrofílicos que parecem ser um mecanismo de resistência induzida causado por estresse devido à deficiência de N, assim no momento que a planta necessita desse nutriente esse mecanismo é acionado, o que poderia explicar em parte tal resultado.

Para inoculação via semente não houve diferença entre as bactérias na extração de N (Tabela 9), e dentro aplicação via jato dirigido, o *B. licheniformis* e *B. pumilus* foram superiores apenas ao *B. amyloliquefaciens*.

O P é um nutriente pouco disponível no solo para absorção das plantas. Na aplicação em jato dirigido das bactérias na segunda safra nota-se que *B. licheniformis* e *B. subtilis* proporcionaram valores semelhantes ao tratamento com 100% da dose de N e sem inoculação (Tabela 7). Na safra, houve interação para a extração de P entre as espécies de bactérias e formas de inoculação, enquanto no milho safrinha não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 8).

O *A. brasilense* proporcionou valor superior quando inoculado via semente, além disso, via semente, esta bactéria possibilitou maior extração de P que o *B. pumilus* (Tabela 9), indicando que o *A. brasilense* possui capacidade de solubilizar o P do solo, além de aumentar o volume radicular e conseqüentemente maior absorção de nutrientes. Galindo et al. (2016) também verificaram maior absorção de P com a inoculação de *A. brasilense* via sementes. De acordo com Zamariolli (2016), embora a exigência do milho em relação ao P seja menor do que N e K, as doses recomendadas são altas em função da baixa eficiência (20 a 30%) de aproveitamento

pela planta devido à alta capacidade de adsorção do fósforo adicionado a solos, reduzindo sua disponibilidade para absorção das plantas. Sendo assim, a utilização de bactérias solubilizadoras de P são uma alternativa para maior absorção desse nutriente pelas plantas e incremento da eficiência da adubação fosfatada.

Com relação à extração de K observou-se que na segunda safra, o *B. amyloliquefaciens* inoculado via semente apresentou valores superiores as outras bactérias, porém semelhantes aos tratamentos sem inoculação (Tabela 7). Para a extração de K pelo milho na segunda safra ocorreu interação entre bactérias e forma de inoculação (Tabela 8), em que o *B. licheniformis* propiciou maior absorção de K ao ser aplicado via jato dirigido, sendo de 31,03 kg de K t⁻¹ de grãos produzidos (Tabela 9). Este valor ficou abaixo do encontrado por Rosa (2017), a qual ao inocular plantas de milho com *A. brasilense* no mesmo tipo de solo e no sistema plantio direto com híbridos DKB 390 e DKB 350, encontrou valores de 50,04 kg t⁻¹ de grãos produzidos e sem inoculação os valores foram de 36,66 kg t⁻¹.

A extração de Ca pelas plantas de milho sem e com inoculação não apresentaram diferença tanto na safra como na safrinha, independentemente da forma de inoculação (Tabela 7). Contudo, verificou-se interação na segunda safra (Tabela 8), em que *B. licheniformis* foi superior ao ser aplicado em jato dirigido em relação à inoculação via semente, sendo via semente verificado maior absorção de Ca apenas em relação ao *B. pumilus* (Tabela 10).

As quantidades absorvidas de Mg e de S pelas plantas de milho sem e com inoculação foram semelhantes tanto na safra como na safrinha, independentemente da forma de inoculação (Tabela 7). Entretanto, na safra 2017 foi observado interação entre bactérias e formas de aplicação (Tabela 8), para ambos os nutrientes em que o *B. licheniformis* proporcionou maior extração quando aplicado em jato dirigido (Tabela 10). O maior teor de Mg na planta é importante por ser o íon central da molécula da clorofila e o S é primordial para a formação de aminoácidos e proteínas.

Quanto a extração dos micronutrientes (Tabela 11), comparando a inoculação via semente com a testemunha e tratamentos apenas com adubação nitrogenada, constatou-se diferença apenas na extração de Cu na segunda safra, sendo maior para a testemunha, 100% da dose de N recomendada, *B. subtilis*, *B. pumilus* e *A. brasilense*. Por outro lado, na inoculação em V3 houve diferença na absorção de B, Cu e Fe (apenas em 2017), sendo que de modo geral o *B. licheniformis* se sobressaiu

em relação a maioria dos tratamentos (Tabela 11), isso pode ser resultante do aumento radicular, assim promovendo maior absorção de micronutrientes.

Para as quantidades extraídas de micronutrientes pelas plantas de milho sem e com inoculação, verificou-se interação tanto na safra como na safrinha (Tabela 12), exceto para Mn na safrinha e Zn na safra, sendo que para este último, notou-se maior extração quando da inoculação por *B. pumilus* em relação ao *P. fluorescens*, pois ocorre a inibição não competitiva com o fósforo pouco solubilizado pelas bactérias. Na Tabela 12, verifica-se que absorção de B diferiu apenas em relação aos tratamentos aplicados em jato dirigido no estágio V3, sendo estes resultados muito variável entre safra e safrinha.

A quantidade extraída de Cu foi maior quando se utilizou o *B. licheniformis* em inoculação no V3, em ambos os cultivos (Tabela 12). Quando a planta não consegue extrair quantidade suficientes de Cu pode ocorrer diminuição na produtividade (LUCHESE et al., 2004), sendo assim essas bactérias podem ser aliadas à disponibilidade dos micronutrientes para serem absorvidos pelas plantas.

O Fe extraído pelas plantas de milho foi superior com *B. licheniformis* quando aplicado em jato dirigido apenas na segunda safra (Tabela 13), porém para inoculação de sementes não houve diferença entre as bactérias. Vale destacar que a deficiência de Fe, embora não seja comum, pode ocorrer quando se aplica uma alta dose de calcário, principalmente, em sistema plantio direto.

A extração de manganês é importante para a planta devido a sua função de ativador enzimático, principalmente no processo de fotossíntese. Na primeira safra, o *B. subtilis* proporcionou maior extração de Mn quando aplicada em jato dirigido (Tabela 14), sendo esta forma de inoculação, superior quando comparado ao *A. brasilense* e *P. fluorescens*.

Com relação a extração de Zn na segunda safra, a inoculação do *B. licheniformis* em jato dirigido foi superior, e nesta forma de aplicação se sobressaiu em relação as demais bactérias, com exceção do *B. subtilis* (Tabela 14), tendo em vista que o Zn é o nutriente que mais comumente limita a produtividade de milho. Segundo Decaro et al. (1978), quando a planta absorve mais Zn há efeitos positivos na cultura de milho, o qual proporciona aumento da altura das plantas, do número de folhas, da produção de forragem e de grãos, bem como aumento do conteúdo total de proteína nos grãos.

A exportação diz respeito a quantidade do elemento químico retirada da área de cultivo pelos produtos da colheita de acordo com a finalidade da cultura para produção de grãos, milho-verde ou forragem (MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, a quantidade exportada de nutrientes pelo milho tem relação direta com a produtividade obtida, sendo ainda dependentes dos teores disponíveis no solo de diferentes ambientes de produção (PADILHA et al., 2016) e manejo da cultura.

Não houve diferença na exportação de macronutrientes pelas plantas de milho sem e com inoculação tanto na safra como na safrinha, independentemente da forma de inoculação (Tabela 15). Analisando o fatorial bactérias x formas de inoculação, diferentemente do observado para extração, não houve interação significativa entre estes fatores para exportação de N, P, K, Ca, Mg e S (Tabela 16). Entretanto, verificou-se maior exportação de S na safra 2016/17 quando se inoculou com *B. subtilis* em relação ao *A. brasilense*. E maior exportação de K quando se inoculou via semente, na primeira safra.

Em relação aos micronutrientes exportados foi observado que o B foi estatisticamente semelhante para todos os tratamentos (Tabela 17), enquanto que para o cobre na primeira safra o tratamento com *A. brasilense* via semente se mostrou superior aos não inoculados juntamente com *P. fluorescens* e *B. subtilis*. Para inoculação em jato dirigido no estágio V3, constatou-se de modo geral que os tratamentos sem inoculação apresentaram menores acúmulos de Cu nos grãos. Rosa (2017) em seu experimento com híbridos de milho e inoculação com *A. brasilense* obteve média de 17,62 g de Cu t⁻¹ de grãos, valor inferior ao encontrado neste trabalho sendo a média dos valores inoculados de 27,69 g de Cu t⁻¹ de grãos.

As exportações de ferro, manganês e zinco não diferiram entre tratamentos com ou sem inoculação com bactérias (Tabela 17). No entanto, analisando o fatorial bactérias x formas de inoculação (Tabela 17), isoladamente para forma de inoculação, via semente notou-se maior acúmulo de Fe e em jato dirigido em V3, superior acúmulo de Cu nos grãos, ambos na primeira safra devido à competição com o Fe. Para o Mn houve interação significativa entre os fatores na primeira safra, em que *A. brasilense*, *P. fluorescens* e *B. subtilis* foram superiores na exportação deste micronutriente quando inoculados via semente em relação à via jato dirigido (Tabela 18). Dentro da inoculação via semente se sobressaíram *A. brasilense* e *B. subtilis*. Enquanto que, para inoculação em V3, não se constatou diferença entre as bactérias (Tabela 17).

Tabela 7. Extração de macronutrientes em kg t⁻¹ de grãos produzidos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	Extração de macronutrientes (kg t ⁻¹ de grãos produzidos)											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Inoculação via semente												
0% de N e sem inoculação	35,19a	28,20a	11,25a	4,49a	24,19a	23,33a	17,98a	13,32a	4,63a	3,02a	3,99a	3,02a
75% de N e sem inoculação	32,12a	26,25a	10,25a	3,77a	30,57a	21,93a	16,57a	11,75a	4,34a	2,40a	3,29a	2,77a
100% de N e sem inoculação	27,16a	36,95a	8,39a	5,19a	30,98a	24,57a	15,44a	15,90a	4,16a	3,48a	3,21a	3,43a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	42,34a	29,47a	16,74a	5,14a	31,11a	15,74b	19,44a	11,01a	6,66a	2,77a	4,89a	2,82a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	39,81a	29,25a	12,73a	4,39a	29,41a	18,66b	18,10a	11,69a	5,86a	2,60a	4,22a	2,89a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	40,43a	34,85a	12,98a	5,22a	23,45a	17,21b	17,61a	13,53a	5,05a	3,21a	3,64a	3,44a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	30,50a	35,88a	9,47a	5,08a	25,72a	12,87b	15,74a	14,78a	4,57a	3,06a	3,18a	3,27a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	34,08a	25,06a	10,13a	4,38a	22,67a	16,89b	15,54a	9,87a	4,42a	2,19a	3,02a	2,30a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	35,20a	31,99a	11,93a	4,91a	24,01a	24,86a	16,07a	14,91a	4,37a	3,04a	3,56a	3,40a
Erro padrão	3,62	3,77	1,51	0,40	4,24	2,79	1,99	2,02	0,59	0,46	0,49	0,42
Média geral	35,20	30,88	11,54	4,73	26,90	19,56	16,94	12,97	4,89	2,86	3,67	3,04
CV (%)	17,83	21,14	22,73	14,54	27,28	24,68	20,34	26,97	20,86	27,91	23,26	24,07
Inoculação via jato dirigido no estádio V3												
0% de N e sem inoculação	35,19a	28,20a	11,25a	4,49b	24,19a	23,33a	17,98a	13,32a	4,63a	3,02a	3,99a	3,02a
75% de N e sem inoculação	32,12a	26,25a	10,25a	3,77b	30,57a	21,93a	16,57a	11,75a	4,34a	2,40a	3,29a	2,77a
100% de N e sem inoculação	27,16a	36,95a	8,39a	5,19a	30,98a	24,57a	15,44a	15,90a	4,16a	3,48a	3,21a	3,43a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	27,07a	29,40a	8,77a	4,28b	21,46a	18,88a	12,69a	12,01a	3,72a	2,47a	2,51a	2,59a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	30,47a	30,60a	9,01a	4,04b	24,56a	14,83a	13,84a	14,12a	3,57a	2,61a	3,01a	2,97a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	37,27a	38,36a	10,42a	5,68a	25,71a	25,38a	18,92a	14,19a	5,74a	3,32a	3,90a	3,63a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	37,16a	26,28a	9,90a	4,03b	24,25a	18,97a	17,39a	11,01a	4,50a	2,29a	3,47a	2,33a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	41,97a	46,98a	13,13a	6,05a	22,64a	31,03a	16,76a	21,84a	4,63a	4,49a	3,58a	4,64a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	30,70a	28,53a	8,54a	3,92b	23,85a	21,39a	15,81a	12,45a	4,12a	2,58a	3,20a	2,57a
Erro padrão	3,83	4,50	1,36	0,46	3,61	3,54	1,89	2,44	0,50	0,50	0,39	0,47
Média geral	33,46	32,39	9,96	4,60	25,36	22,26	16,16	14,06	4,38	2,96	3,35	3,10
CV (%)	19,85	24,05	23,61	17,26	24,67	27,54	20,27	30,11	19,64	29,15	20,45	26,24

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Fonte: Própria autora

Tabela 8. Extração de macronutrientes em kg t⁻¹ de grãos produzidos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria – MS.

Tratamento / Safra	Extração de macronutrientes (kg t ⁻¹ de grãos produzidos)											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)												
<i>Azospirillum brasilense</i>	34,71a	29,44	12,76	4,71a	26,29a	17,31	16,06a	11,51	5,19a	2,62	3,70a	2,71
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	35,14a	29,93	10,86	4,22a	26,99a	16,75	15,97a	12,90	4,72a	2,61	3,61a	2,93
<i>Bacillus subtilis</i>	38,85a	36,61	11,70	5,45a	24,58a	21,29	18,26a	13,86	5,40a	3,26	3,77a	3,54
<i>Bacillus pumilus</i>	33,83a	31,09	9,69	4,56a	24,98a	15,92	16,56a	12,90	4,54a	2,67	3,33a	2,80
<i>Bacillus licheniformis</i>	38,02a	36,02	11,63	5,22a	22,65a	23,96	16,15a	15,85	4,52a	3,34	3,30a	3,47
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	33,95a	30,26	10,24	4,41a	23,93a	23,13	15,94a	13,69	4,24a	2,81	3,38a	2,98
DMS (5%)	11,60	14,17	5,02	1,56	9,99	9,58	5,67	6,72	1,76	1,53	1,40	1,37
Forma de inoculação (F)												
Semente	37,06a	31,09	12,33	4,85a	26,06a	17,71	17,08a	12,63	5,16a	2,81	3,75a	3,02
Jato dirigido	34,43a	33,36	9,96	4,67a	23,74a	21,75	15,90a	14,27	4,38b	2,96	3,28a	3,12
DMS (5%)	4,46	5,44	1,93	0,60	3,84	3,68	2,18	2,58	0,67	0,59	0,54	0,53
Teste F												
Bactéria	0,67 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,48 ^{ns}	2,58 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,24 ^{ns}
Forma de inoculação	1,49 ^{ns}	0,75 ^{ns}	6,47*	0,41 ^{ns}	1,57 ^{ns}	5,18*	1,26 ^{ns}	1,73 ^{ns}	5,66*	0,27 ^{ns}	3,34 ^{ns}	0,15 ^{ns}
B x F	2,90 ^{ns}	2,75*	2,73*	2,27 ^{ns}	0,89 ^{ns}	2,75*	1,85 ^{ns}	3,32*	3,43 ^{ns}	2,69*	3,17 ^{ns}	3,63*
Média geral	35,75	32,22	11,15	4,76	24,90	19,73	16,49	13,45	4,76	2,88	3,51	3,07
CV (%)	18,03	24,45	25,06	18,54	22,29	26,99	19,13	27,28	20,49	29,49	22,07	24,96

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativos, respectivamente.

Fonte: Própria autora

Tabela 9. Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a extração (kg t⁻¹ de grãos produzidos) de nitrogênio na safrinha 2017, de fósforo na safra 2016/17 e de potássio na safrinha 2017. Selvíria - MS.

Bactéria / Forma de inoculação	Extração de N (kg t ⁻¹ de grãos produzidos) na safrinha de 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	29,47aA	29,40abA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	29,25aA	30,60abA	
<i>Bacillus subtilis</i>	34,85aA	38,36abA	
<i>Bacillus pumilus</i>	35,88aA	26,28bA	13,34
<i>Bacillus licheniformis</i>	25,06aB	46,98aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	31,99aA	28,53abA	
DMS (5%)		20,05	
Bactéria / Forma de inoculação	Extração de P (kg t ⁻¹ de grãos produzidos) na safra 2016/17		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	16,74aA	8,77aB	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	12,73abA	9,01aA	
<i>Bacillus subtilis</i>	12,98abA	10,42aA	
<i>Bacillus pumilus</i>	9,47bA	9,90aA	4,73
<i>Bacillus licheniformis</i>	10,13abA	13,13aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	11,93abA	8,54aA	
DMS (5%)		7,11	
Bactéria / Forma de inoculação	Extração de K (kg t ⁻¹ de grãos produzidos) na safrinha de 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	15,74aA	18,88abA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	18,66aA	14,83bA	9,01
<i>Bacillus subtilis</i>	17,21aA	25,38abA	
<i>Bacillus pumilus</i>	12,87aA	18,97abA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	16,89aB	31,03aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	24,86aA	21,39abA	
DMS (5%)		13,54	

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

Fonte: Própria autora

Tabela 10. Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a extração (kg t⁻¹ de grãos produzidos) de cálcio, magnésio e enxofre na safrinha 2017. Selvíria - MS.

Bactéria / Forma de inoculação	Extração de Ca (kg t ⁻¹ de grãos produzidos) na safrinha de 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	11,01aA	12,01bA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	11,69aA	14,12abA	
<i>Bacillus subtilis</i>	13,53aA	14,19abA	
<i>Bacillus pumilus</i>	14,75aA	11,01bA	6,33
<i>Bacillus licheniformis</i>	9,87aB	21,84aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	14,91aA	12,45abA	
DMS (5%)		9,51	
Bactéria / Forma de inoculação	Extração de Mg (kg t ⁻¹ de grãos produzidos) na safrinha de 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	2,77aA	2,47abA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2,60aA	2,61abA	
<i>Bacillus subtilis</i>	3,21aA	3,32abA	
<i>Bacillus pumilus</i>	3,06aA	2,29bA	1,44
<i>Bacillus licheniformis</i>	2,19aB	4,49aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,04aA	2,58abA	
DMS (5%)		2,16	
Bactéria / Forma de inoculação	Extração de S (kg t ⁻¹ de grãos produzidos) na safrinha de 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	2,82aA	2,59aA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	2,89aA	2,97aA	
<i>Bacillus subtilis</i>	3,44aA	3,63aA	
<i>Bacillus pumilus</i>	3,27aA	2,33aA	1,30
<i>Bacillus licheniformis</i>	2,30aB	4,64aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	3,40aA	2,57aA	
DMS (5%)		1,94	

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

Fonte: Própria autora

Tabela 11. Extração de micronutrientes em g t⁻¹ de grãos produzidos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	Extração de micronutrientes (g t ⁻¹ de grãos produzidos)									
	B#		Cu#		Fe#		Mn#		Zn	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
	Inoculação via semente									
0% de N sem inoculação	19,18a	9,70a	49,07a	70,93a	535,50a	272,53a	86,94a	62,28a	117,20a	57,28a
75% de N sem inoculação	12,85a	12,15a	32,76a	13,95b	431,83a	187,36a	50,66a	39,17a	109,00a	51,94a
100% de N sem inoculação	11,50a	16,85a	33,03a	28,13a	408,37a	261,12a	118,66a	94,29a	82,27a	71,97a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	21,61a	12,68a	66,65a	48,92a	677,48a	166,87a	84,04a	51,43a	142,60a	59,48a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	17,56a	10,91a	51,48a	7,73b	688,98a	208,81a	90,05a	46,31a	109,20a	52,06a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	12,98a	13,88a	39,91a	51,31a	422,26a	348,31a	70,70a	123,98a	151,60a	60,82a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	11,51a	17,26a	55,84a	34,60a	451,44a	355,58a	98,60a	104,28a	98,66a	62,31a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	15,09a	10,73a	61,93a	10,76b	547,27a	161,48a	85,38a	44,00a	109,33a	52,27a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	16,43a	18,62a	47,79a	20,52b	494,47a	331,80a	81,67a	59,13a	118,37a	65,80a
Erro padrão	3,24	2,14	9,97	8,18	75,84	64,42	17,04	23,99	12,29	7,72
Média geral	15,63	13,64	48,72	31,87	517,51	254,87	85,19	69,43	115,36	59,33
CV (%)	18,01	14,14	17,41	20,50	12,88	21,63	16,79	25,54	18,46	22,55
	Inoculação via jato dirigido no estádio V3									
0% de N e sem inoculação	19,18a	9,70c	49,07b	70,93a	535,30a	272,53b	86,94a	62,28a	117,20a	57,28a
75% de N e sem inoculação	12,85b	12,15c	32,76b	13,95b	431,86a	187,36b	50,66a	39,17a	109,00a	51,94a
100% de N e sem inoculação	11,50b	16,85b	33,03b	28,13b	408,37a	261,12b	118,66a	94,29a	82,27a	71,97a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	15,83a	14,65b	33,81b	23,20b	273,42a	189,39b	62,28a	51,49a	93,55a	52,26a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	6,65b	18,75b	64,64a	26,34b	341,16a	320,21b	61,63a	78,13a	92,70a	49,79a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	21,11a	16,88b	51,70b	16,45b	635,12a	280,48b	142,04a	83,90a	145,18a	70,18a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	19,72a	9,24c	62,53a	3,55b	548,46a	153,29b	102,39a	35,04a	127,75a	58,43a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	8,91b	32,69a	87,07a	98,27a	522,59a	560,17a	99,53a	98,39a	116,71a	98,90a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	18,01a	13,16c	60,73a	33,00b	463,03a	244,34b	91,50a	74,13a	112,54a	50,92a
Erro padrão	2,63	2,17	9,70	11,36	94,34	49,94	19,36	15,67	10,28	9,36
Média geral	14,86	16,01	52,82	38,20	462,16	276,54	90,96	68,53	110,77	62,41
CV (%)	16,35	12,05	15,93	21,79	17,01	15,84	17,05	19,69	16,08	25,99

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. #: dados ajustados pela equação $(X + 0,5)^{0,5}$.

Fonte: Própria autora

Tabela 12. Extração de micronutrientes em g t⁻¹ de grãos produzidos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	Extração de micronutrientes (g t ⁻¹ de grãos produzidos)									
	B#		Cu#		Fe#		Mn#		Zn	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)										
<i>Azospirillum brasilense</i>	18,72	13,67	50,23	36,06	475,75	178,13	74,66	51,46a	118,08ab	55,87
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	12,11	14,83	58,06	17,04	515,07	274,51	75,83	62,22a	100,95b	50,92
<i>Bacillus subtilis</i>	18,05	15,38	40,81	33,88	528,69	314,39	106,37	103,94a	113,20ab	65,50
<i>Bacillus pumilus</i>	15,61	13,25	59,19	34,07	547,86	254,43	100,49	69,66a	148,40a	60,37
<i>Bacillus licheniformis</i>	12,00	22,71	74,50	54,52	487,01	360,83	92,46	71,20a	113,02ab	75,59
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	17,22	15,89	54,26	26,76	478,75	288,07	86,58	66,63a	115,46ab	58,36
DMS (5%)	9,82	7,16	33,88	31,76	276,57	163,62	48,48	70,50	43,72	25,53
Forma de inoculação (F)										
Semente	16,20	14,01	53,93	28,97	546,98	262,14	85,07	71,52a	121,63a	58,79
Jato dirigido	15,04	17,56	60,08	38,46	463,96	294,95	93,72	70,18a	114,74a	63,41
DMS (5%)	3,77	2,75	13,02	12,20	106,27	62,87	18,63	27,09	16,80	9,81
Teste F										
Bactéria	1,80 ^{ns}	2,32*	1,70 ^{ns}	2,81*	0,38 ^{ns}	2,68*	1,38 ^{ns}	1,32 ^{ns}	2,58*	2,19 ^{ns}
Forma de inoculação	0,59 ^{ns}	5,21*	0,75 ^{ns}	3,42 ^{ns}	3,38 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,95 ^{ns}
B x F	3,06*	9,30**	1,67*	10,61**	3,98*	8,18**	2,48*	2,41 ^{ns}	1,71 ^{ns}	3,61*
Média geral	15,61	15,79	57,01	33,72	505,47	278,39	89,40	70,85	118,18	61,10
CV (%)	18,48	12,72	16,92	23,56	15,14	15,88	14,59	24,94	20,56	23,23

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativos, respectivamente.

Fonte: Própria autora

Tabela 13. Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a extração (g t⁻¹ de grãos produzidos) de boro, cobre e ferro na safra 2016/17 e safrinha 2017. Selvíria - MS.

Safra	2016/17			2017		
	Extração de B (g t ⁻¹ de grãos produzidos)					
Bactéria / Forma de inoculação	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	21,61aA	15,83abA		12,68aA	14,65bcA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	17,56aA	6,65bB		10,91aB	18,75bA	
<i>Bacillus subtilis</i>	14,98aA	21,11aA	9,25	13,88aA	16,88bcA	
<i>Bacillus pumilus</i>	11,51aA	19,72aA		17,26aA	9,24cB	6,74
<i>Bacillus licheniformis</i>	15,09aA	8,91abA		10,73aB	32,69aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	16,43aA	18,01abA		18,62aA	13,16bcA	
DMS (5%)		13,89			10,12	
	Extração de Cu (g t ⁻¹ de grãos produzidos)					
Bactéria / Forma de inoculação	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	66,65aA	33,81bB		48,92aA	23,20bA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	51,48aA	64,64abA		7,73bA	26,34bB	
<i>Bacillus subtilis</i>	39,91aA	51,70abA	31,89	51,31aA	16,45bB	
<i>Bacillus pumilus</i>	55,84aA	62,53abA		34,60abA	33,55bA	29,89
<i>Bacillus licheniformis</i>	61,93aA	87,07aA		10,76bB	98,27aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	47,79aA	60,73abA		20,52abA	33,00bA	
DMS (5%)		47,91			44,91	
	Extração de Fe (g t ⁻¹ de grãos produzidos)					
Bactéria / Forma de inoculação	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	677,48aA	273,42bB		166,87aA	189,39bA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	688,98aA	341,16abB		208,81aA	340,21abB	
<i>Bacillus subtilis</i>	422,26aA	635,12aA	260,31	348,31aA	280,48bA	
<i>Bacillus pumilus</i>	547,27aA	548,46abA		355,58aA	153,29bB	154,00
<i>Bacillus licheniformis</i>	451,44aA	522,59abA		161,48aB	560,17aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	494,47aA	463,03abA		331,80aA	244,34bA	
DMS (5%)		391,12			231,39	

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

Fonte: Própria autora

Tabela 14. Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a extração (g t^{-1} de grãos produzidos) de manganês na safra 2016/17 e de zinco na safrinha 2017. Selvíria - MS.

Bactéria / Forma de inoculação	Extração de Mn (g t^{-1} de grãos produzidos) na safra 2016/17		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	84,04aA	65,28bA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	90,05aA	61,63bA	
<i>Bacillus subtilis</i>	70,70aB	142,04aA	45,63
<i>Bacillus pumilus</i>	98,60aA	102,39abA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	85,38aA	99,53abA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	81,67aA	91,50abA	
DMS (5%)		68,56	
Bactéria / Forma de inoculação	Extração de Zn (g t^{-1} de grãos produzidos) na safrinha 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	59,48aA	52,26bA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	52,06aA	49,79bA	
<i>Bacillus subtilis</i>	60,82aA	70,18abA	24,03
<i>Bacillus pumilus</i>	62,31aA	58,43bA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	52,27aB	98,90aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	65,80aA	50,92bA	
DMS (5%)		36,11	

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

Fonte: Própria autora

Tabela 15. Exportação de macronutrientes em kg t⁻¹ de grãos produzidos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	Exportação de macronutrientes (kg t ⁻¹ de grãos produzidos)											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
	Inoculação via semente											
0% de N sem inoculação	12,72a	14,07a	4,61a	2,98a	6,00a	3,85a	4,34a	4,77a	1,27a	0,90a	1,22a	1,30a
75% de N sem inoculação	12,67a	14,14a	4,19a	2,60a	5,69a	2,56b	4,37a	5,09a	1,20a	0,77a	1,17a	1,22a
100% de N sem inoculação	12,95a	15,98a	4,12a	3,61a	5,94a	4,45a	4,22a	5,04a	1,26a	1,02a	1,18a	1,30a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	12,99a	17,03a	4,68a	3,49a	6,29a	4,44a	4,34a	4,92a	1,33a	0,95a	1,03a	1,29a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	13,44a	15,66a	4,36a	3,10a	6,16a	3,49a	4,32a	4,97a	1,26a	0,90a	1,15a	1,40a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	13,23a	16,87a	4,95a	3,20a	7,08a	3,77a	4,35a	4,89a	1,50a	0,85a	1,25a	1,34a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	12,34a	16,15a	3,68a	3,10a	5,60a	3,94a	4,27a	4,94a	1,16a	0,85a	1,07a	1,33a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	12,55a	16,57a	4,05a	3,38a	5,93a	4,28a	4,29a	4,95a	1,21a	0,99a	1,06a	1,28a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	12,51a	16,17a	4,46a	3,25a	5,78a	3,88a	4,37a	4,88a	1,21a	0,87a	1,10a	1,30a
Erro padrão	0,33	1,12	0,30	0,25	0,51	0,28	0,08	0,11	0,10	0,07	0,05	0,06
Média geral	12,82	15,85	4,34	3,19	6,05	3,85	4,32	4,94	1,27	0,90	1,14	1,31
CV (%)	4,47	12,28	12,07	13,60	14,61	12,80	3,39	3,81	14,27	13,78	7,67	8,07
	Inoculação via jato dirigido no estágio V3											
0% de N e sem inoculação	12,72a	14,07a	4,61a	2,98a	6,00a	3,85a	4,34a	4,77a	1,27a	0,90a	1,22a	1,30a
75% de N e sem inoculação	12,67a	14,14a	4,19a	2,60a	5,69a	2,56b	4,37a	5,09a	1,20a	0,77a	1,17a	1,22a
100% de N e sem inoculação	12,95a	15,98a	4,12a	3,61a	5,94a	4,45a	4,22a	5,04a	1,26a	1,02a	1,18a	1,30a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	13,25a	17,50a	4,13a	3,05a	5,85a	4,45a	4,21a	4,93a	1,23a	0,90a	1,05a	1,23a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	13,21a	14,37a	4,48a	2,80a	4,42a	4,47a	4,40a	5,09a	1,02a	0,84a	1,13a	1,22a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	13,02a	17,87a	4,17a	3,34a	5,97a	4,73a	4,37a	4,79a	1,26a	0,98a	1,16a	1,34a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	13,09a	16,94a	3,98a	3,12a	5,30a	4,44a	4,44a	4,89a	1,15a	0,87a	1,08a	1,23a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	12,25a	14,96a	3,80a	2,84a	4,96a	3,94a	4,30a	5,10a	1,07a	0,87a	0,94a	1,19a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	12,79a	16,73a	4,48a	2,74a	6,23a	4,19a	4,22a	4,96a	1,32a	0,84a	1,19a	1,25a
Erro padrão	0,38	1,35	0,35	0,25	0,54	0,36	0,07	0,12	0,11	0,06	0,06	0,07
Média geral	12,88	15,84	4,22	3,01	5,59	4,12	4,32	4,96	1,20	0,89	1,12	1,25
CV (%)	5,17	14,81	14,35	14,36	16,76	15,08	2,73	4,15	16,49	11,32	9,50	9,79

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Fonte: Própria autora

Tabela 16. Exportação de macronutrientes em kg t⁻¹ de grãos produzidos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria – MS.

Tratamento / Safra	Exportação total de macronutrientes (kg t ⁻¹ de grãos produzidos)											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)												
<i>Azospirillum brasilense</i>	13,13a	17,27a	4,41a	3,27a	6,07a	4,45a	4,28a	4,93a	1,28a	0,93a	1,04bc	1,26a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	13,32a	15,02a	4,42a	2,95a	5,29a	3,98a	4,36a	5,03a	1,14a	0,87a	1,14ab	1,31a
<i>Bacillus subtilis</i>	13,13a	17,37a	4,56a	3,27a	6,53a	4,25a	4,36a	4,84a	1,38a	0,92a	1,20a	1,34a
<i>Bacillus pumilus</i>	12,72a	16,54a	3,83a	3,11a	5,45a	4,19a	4,36a	4,91a	1,15a	0,86a	1,07abc	1,28a
<i>Bacillus licheniformis</i>	12,04a	15,76a	3,92a	3,11a	5,44a	4,11a	4,29a	5,03a	1,14a	0,93a	0,99c	1,23a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	12,65a	16,45a	4,47a	2,99a	6,01a	4,03a	4,29a	4,92a	1,27a	0,85a	1,14ab	1,27a
DMS (5%)	1,12	3,76	1,05	0,92	1,74	1,15	0,23	0,20	0,33	0,22	0,13	0,05
Forma de inoculação (F)												
Semente	12,85a	16,41a	4,36a	3,35a	6,14a	3,97a	4,32a	4,93a	1,28a	0,90a	1,11a	1,32a
Jato dirigido	12,96a	16,40a	4,17a	2,98a	5,45b	4,37a	4,32a	4,96a	1,18a	0,88a	1,08a	1,24a
DMS (5%)	0,43	1,45	0,40	0,35	0,67	0,44	0,09	0,08	0,13	0,08	0,05	0,09
Teste F												
Bactéria	1,95 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,69 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,54 ^{ns}	2,70 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,48 ^{ns}	6,21 ^{**}	0,52 ^{ns}
Forma de inoculação	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,94 ^{ns}	2,51 ^{ns}	4,52 [*]	3,60 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,92 ^{ns}	2,67 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,68 ^{ns}	3,43 ^{ns}
B x F	0,66 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Média geral	12,89	16,40	4,27	3,12	5,80	4,17	4,32	4,94	1,23	0,89	1,09	1,28
CV (%)	4,81	12,74	13,72	16,46	16,71	15,35	3,01	2,21	15,13	13,50	6,81	9,75

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativas, respectivamente.

Fonte: Própria autora

Tabela 17. Exportação de micronutrientes em g t⁻¹ de grãos produzidos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria, 2017.

Tratamento / Safra	Exportação de micronutrientes (g t ⁻¹ de grãos produzidos)									
	B#		Cu#		Fe#		Mn#		Zn	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Inoculação via semente										
0% de N sem inoculação	1,03a	1,28a	3,00b	46,00a	33,34a	14,67a	8,67a	7,00a	42,00a	29,00a
75% de N sem inoculação	0,18a	1,67a	2,67b	16,67a	32,33a	3,33a	11,67a	2,67a	31,00a	23,67a
100% de N sem inoculação	0,12a	2,67a	3,50b	14,33a	31,67a	6,67a	7,33a	9,33a	32,33a	31,67a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	0,28a	2,75a	40,67a	30,33a	37,67a	7,33a	8,99a	9,00a	32,67a	32,67a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,19a	2,03a	16,00b	5,67a	37,67a	4,67a	10,67a	3,00a	34,33a	28,67a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	1,22a	2,18a	5,00b	18,33a	41,00a	3,67a	10,00a	5,67a	38,33a	32,00a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	1,32a	2,14a	26,33a	20,33a	29,67a	4,00a	6,00a	7,33a	36,34a	31,67a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	0,31a	2,22a	22,67a	6,00a	33,67a	5,33a	4,66a	6,67a	30,00a	33,33a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,28a	3,01a	23,97a	14,33a	40,33a	7,00a	7,33a	8,33a	38,99a	31,00a
Erro padrão	0,51	0,52	5,94	9,73	5,08	2,73	1,68	2,20	3,58	2,15
Média geral	0,76	2,11	15,97	19,11	35,26	6,30	8,37	6,56	35,11	30,41
CV (%)	30,51	16,57	30,76	27,59	12,57	29,29	17,46	28,80	17,66	12,22
Inoculação via jato dirigido no estádio V3										
0% de N e sem inoculação	1,03a	1,28a	3,00b	46,00a	33,34a	14,67a	8,67a	7,00a	42,00a	29,00a
75% de N e sem inoculação	0,18a	1,67a	2,67b	16,67b	32,33a	3,33a	11,67a	2,67a	31,00a	23,67a
100% de N e sem inoculação	0,12a	2,67a	3,50b	14,33b	31,67a	6,67a	7,33a	9,33a	32,33a	31,67a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	1,00a	2,27a	27,00a	19,67b	26,33a	7,67a	4,33a	4,00a	37,99a	32,33a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,45a	2,22a	50,00a	18,67a	24,67a	5,67a	4,67a	3,00a	37,33a	26,33a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	1,69a	1,84a	17,00a	10,00b	32,67a	5,67a	6,33a	6,00a	33,33a	34,33a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	0,71a	0,86a	22,67a	30,00a	31,33a	6,00a	8,67a	8,00a	37,67a	36,67a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	1,35a	2,46a	39,33a	13,67b	28,33a	5,00a	6,33a	5,33a	36,67a	29,33a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,70a	0,66a	41,66a	15,00b	28,00a	7,67a	4,66a	7,67a	43,00a	27,33a
Erro padrão	0,57	0,60	8,14	6,70	4,34	2,92	1,41	2,25	3,80	2,59
Média geral	1,02	1,77	22,98	20,44	29,85	6,93	6,96	5,89	36,81	30,07
CV (%)	32,98	23,00	26,49	30,60	12,64	28,92	16,18	28,55	17,88	14,90

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. #: dados ajustados pela equação (X + 0,5)^{0,5}.

Fonte: Própria autora

Tabela 18. Exportação de micronutrientes em g t⁻¹ de grãos produzidos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria – MS.

Tratamento / Safra	Exportação total de micronutrientes (g t ⁻¹ de grãos produzidos)									
	B#		Cu#		Fe#		Mn#		Zn	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)										
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,64a	2,01a	33,84a	25,00a	31,99a	7,50a	7,50	6,50a	35,33ab	32,50a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,32a	2,12a	33,00ab	12,17a	31,17a	5,17a	6,83	3,00a	35,83ab	27,50a
<i>Bacillus subtilis</i>	1,46a	2,01a	11,00b	14,17a	36,80a	4,67a	8,17	5,83a	35,83ab	33,17a
<i>Bacillus pumilus</i>	1,01a	1,50a	24,50ab	25,17a	30,50a	5,00a	7,34	7,67a	37,00ab	34,17a
<i>Bacillus licheniformis</i>	0,83a	2,34a	31,00ab	9,83a	31,00a	5,17a	5,49	6,00a	33,33b	31,33a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,49a	1,84a	32,82ab	14,67a	34,17a	7,33a	5,99	8,00a	40,99a	29,17a
DMS (5%)	1,71	1,55	26,75	22,75	14,78	6,56	3,81	6,42	6,83	8,30
Forma de inoculação (F)										
Semente	0,93a	2,22a	22,44b	15,83a	36,67a	5,33a	7,95	6,67a	35,11a	31,56a
Jato dirigido	1,32a	1,72a	32,94a	17,83a	28,55b	6,28a	5,83	5,67a	37,66a	31,06a
DMS (5%)	0,66	0,59	10,28	8,74	5,67	2,52	1,46	2,47	2,63	3,19
Teste F										
Bactéria	0,92 ^{ns}	0,81 ^{ns}	2,85*	1,61 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,51 ^{ns}	1,79 ^{ns}	2,72*	1,81 ^{ns}
Forma de inoculação	1,49 ^{ns}	4,30 ^{ns}	5,81*	1,01 ^{ns}	9,00**	0,58 ^{ns}	8,88**	0,80 ^{ns}	4,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}
B x F	0,56 ^{ns}	2,43 ^{ns}	2,05 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,09 ^{ns}	4,44**	0,35 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,90 ^{ns}
Média geral	1,12	1,97	27,69	16,83	32,61	5,81	6,89	6,17	36,38	31,31
CV (%)	30,03	18,40	27,18	28,03	12,26	30,03	13,94	29,07	10,44	14,74

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativas, respectivamente.

Fonte: Própria autora

Tabela 19. Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para a exportação de manganês (g t^{-1} de grãos produzidos) na safra 2016/17. Selvíria - MS.

Bactéria / Forma de	Exportação de Mn (g t^{-1} de grãos produzidos) da safra 2016/17		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	10,67aA	4,33aB	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	8,99abA	4,67aB	
<i>Bacillus subtilis</i>	10,00aA	6,33aB	
<i>Bacillus pumilus</i>	6,00abA	8,67aA	3,59
<i>Bacillus licheniformis</i>	4,66bA	6,33aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	7,33abA	4,66aA	
DMS (5%)		5,39	

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

Fonte: Própria autora

4.3 ICF, ANÁLISES BIOMÉTRICAS, COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

O índice de clorofila foliar (ICF) do milho não apresentou diferença em relação aos tratamentos inoculados e não inoculados (Tabela 20), tanto para a forma de aplicação na semente quanto na aplicação em jato dirigido na base da planta no estádio V3. O ICF possibilita avaliar se o teor de N foliar está adequado, tendo em vista ao enfezamento que provocou pontuações de clorose nas plantas, pode-se notar que o valor foi baixo para o milho safrinha 2017 e próximo para a safra 2016/17 em comparação ao encontrado por Rosa et al. (2015), onde nas mesmas condições de solo, constataram valores de 82,54 para inoculação com *Azospirillum brasilense*, porém com 100% da dose de N recomendada.

Para altura de planta também não houve interferência em relação à inoculação (Tabela 20), independente de sua forma, e às doses de N aplicadas. Isso pode estar correlacionado com o ICF, visto que a quantidade de N interfere no crescimento da planta, além desse fator ser desenvolvido pela genética da planta. Resultado esse semelhante ao observado por Cunha et al. (2015) para o híbrido DKB 390 YG RR2 e inoculação com *A. brasilense*, em que a bactéria não promoveu incremento na altura de plantas. Para o milho safrinha houve interação entre os fatores (Tabela 21), sendo que *A. brasilense*, *B. pumilus* e *B. subtilis* proporcionaram maior altura de planta

quando aplicados em jato dirigido no estágio V3 de desenvolvimento da cultura (Tabela 22).

Em relação à altura da inserção de espiga, com a inoculação via semente não foi constatada diferença entre os tratamentos não inoculados (Tabela 20), porém quando a inoculação das bactérias diazotróficas foi via jato dirigido, aquelas inoculadas com *A. brasilense* e *B. subtilis* foram superiores aos demais, inclusive em relação 100% da dose de N recomendada. De acordo com Santos et al. (2002) há alta correlação entre a altura de inserção da espiga com a produtividade, sendo assim ao aumentar esse valor maior será a produtividade, entretanto, deve ressaltar que quanto maior a altura de inserção e da planta, maior será a probabilidade de acamamento.

O diâmetro do colmo da planta não apresentou incremento com a inoculação e a adubação nitrogenada de cobertura em ambas as safras (Tabela 20). Esse parâmetro biométrico está correlacionado com a altura da planta e as características conferidos pelo híbrido produzido. Resultado semelhante foi observado por Pandolfo et al. (2015), em que a inoculação com *Azospirillum brasilense* não aumentou o diâmetro de plantas de milho da variedade SCS155 Catarina em um LATOSSOLO VERMELHO.

Prolifidade é o índice de proporção entre a quantidade de espigas produzidas em uma mesma planta. Os tratamentos que foram inoculados via semente na safra 2017 com *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* e na safra 2016/17 juntamente com *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens*, proporcionaram valores semelhantes a aplicação de 100% de N sem inoculação (Tabela 20), logo estas bactérias promotoras de crescimento de planta demonstraram interferência na quantidade de espigas em uma mesma área. Segundo Kappes et al. (2013) plantas de milho inoculadas via semente com *Azospirillum brasilense* apresentaram prolifidade maior do que em plantas não inoculadas, resultado diferente desta pesquisa, em que a bactéria em questão propiciou valor semelhante a ausência de inoculação e ausência de N na cobertura, sendo assim a forma como a inoculação é realizada pode influenciar neste parâmetro, visto que a aplicação em jato dirigido não se diferenciou dos tratamentos sem inoculação, provavelmente pela aplicação mais tardia.

Houve interação na safra 2016/17 entre *B. licheniformis* e a forma de aplicação (Tabela 21), em que esta BPCP teve maior prolifidade ao ser aplicada via jato dirigido em V3 (Tabela 22), sendo este valor de 1,29 superior ao encontrado por Kappes et al.

(2017) em que obteve 0,99 ao utilizar o híbrido Dow 2B587 Hx e inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense*.

A quantidade de espigas produzidas em um hectare não diferiu entre os tratamentos (Tabela 20), no entanto pode-se notar a diferença numérica de mais de 10000 espigas entre o tratamento com maior quantidade e o de menor quantidade em ambas os cultivos, o que possivelmente interferiu na produtividade de grãos.

A quantidade de matéria seca total para aplicação de *B. licheniformis* via jato dirigido foi superior na primeira safra em relação aos tratamentos não inoculados (Tabela 20) e houve interação na safra 2016/17 (Tabela 21). Os destaques foram *A. brasilense* via semente com valor de 27333 kg ha⁻¹ de MS e *B. licheniformis* via jato com valor de 27127 kg ha⁻¹ de MS (Tabela 22). Estes valores são coerentes com os encontrados por Rosa (2017), em que a matéria seca total acumulada pelos híbridos de milho DKB 390 e DKB 350 inoculados com *Azospirillum* via semente foram de 20889 e 17327 kg ha⁻¹, respectivamente.

O número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga não diferiram para os tratamentos tanto quando se inoculou via semente como na inoculação via jato dirigido no estádio V3 (Tabela 23). Resultados estes, contrários ao encontrado por Debastiani (2016) em que ao comparar milho inoculado com *Azospirillum brasilense*, constatou que estes componentes de produção do milho foram superiores àqueles ausentes dessa tecnologia. Isto pode ser devido ao fato destes componentes serem mais influenciados pelo material genético do vegetal.

Analisando o fatorial de inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de formas de inoculação (Tabela 24), notou-se que o número de fileiras de grãos por espiga não apresentou nenhuma diferença entre os tratamentos, porém o número de grãos por fileira e de grãos por espiga foram superiores quando a inoculação das bactérias foi via semente.

O comprimento de espiga foi influenciado pelos na safra 2016/17, sendo que com a inoculação com *A. brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* e *B. amyloliquefaciens* apresentaram resultados semelhantes com o tratamento sem inoculação e com adubação de dose 100%, tanto na aplicação via semente quanto via jato dirigido (Tabela 23).

Para o diâmetro da espiga não houve alteração com a adubação com 75 e 100% de N ou inoculação (Tabela 23), no entanto na primeira safra houve interação

significativa (Tabela 24) entre a forma de aplicação e a bactéria, onde *P. fluorescens* e *B. licheniformis* tiveram melhor desempenho quando aplicados via jato dirigido (Tabela 25). Zucarelli et al. (2011), utilizando o híbrido Dow2B587 e inoculação com *P. fluorescens* obteve 17,01 cm para comprimento de espiga e 4,94 cm para o diâmetro, resultado semelhante nesse trabalho, com 17,04 e 14,77 cm de comprimento e 5,22 e 4,92 cm de diâmetro da espiga, nas safras 2016/17 e 2017, respectivamente, de média para os tratamentos com inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas.

Outro componente de produção importante é a massa de 100 grãos, pois grãos mais pesados resultam em maior produtividade, pode-se notar que para a inoculação em jato dirigido não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 23), porém para inoculação via semente na safrinha, observa-se que os tratamentos com *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens* proporcionaram valores superiores ao tratamento com 100% da dose de N e sem inoculação. Sendo assim, mesmo com a incidência de doença e diminuição do peso geralmente encontrado por diversos autores como Kappes et al. (2013) em que a massa correspondente a inoculação com *Azospirillum brasilense* foi de 30 gramas, o presente trabalho indica que é possível reduzir a adubação de cobertura e utilizar bactérias diazotróficas para incremento da massa de grãos em milho.

As maiores produtividades de grãos de milho safra foram obtidas na inoculação via semente com *B. licheniformis*, *A. brasilense* e *B. amyloliquefaciens*, não diferindo significativamente dos tratamentos com 75 e 100% das doses de N em cobertura (Tabela 23).

Contudo, as maiores produtividades de grãos de milho safra foram constatadas na inoculação via jato dirigido em V3 com *B. licheniformis*, *P. fluorescens* e *B. pumilus*, não diferindo também dos tratamentos com 75 e 100% das doses de N em cobertura (Tabela 23). Dessa forma, o uso destas bactérias promotoras de crescimento de plantas descritas acima, inoculadas via semente ou jato dirigido, podem reduzir em 25% a dose de N aplicada em cobertura no milho safrinha, possibilitando ainda que numericamente produtividade de grãos de milho mais interessantes em relação ao tratamento com adubação apenas com 75% de N e sem inoculação.

Uma explicação seria para alta produtividade de grãos obtida quando o milho foi inoculado com *Bacillus licheniformis* é que estas plantas extraíram maiores

quantidades de nutrientes (em kg t⁻¹ de grãos produzidos), principalmente quando inoculado via jato dirigido no estágio V3.

Galindo et al. (2016) também constataram incrementos na eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho safra no Cerrado, com a inoculação de sementes com *A. brasilense*. Entretanto, Santini et al. (2018) verificaram que formas de inoculação (semente, sulco de semeadura e foliar em V3) e doses de *A. brasilense*, não proporcionaram melhorias na nutrição (exceto de Zn) e nas características agrônômicas do híbrido de milho DKB 350.

Na safra 2016/17, independentemente da forma de inoculação, dentre as bactérias o *B. licheniformis* proporcionou a maior produtividade de grãos (Tabela 23), porém diferindo apenas do *B. subtilis*. Entretanto, não houve diferença para produtividade de grãos entre formas de inoculação nesta safra. Para produtividade do milho de segunda safra verificou-se interação significativa entre bactérias e formas de aplicação (Tabela 24).

Neste trabalho, o enfezamento observado nas plantas, mesmo que tardio, prejudicou de forma geral a produtividade da cultura, sendo conseqüentemente o valor subestimado. No entanto, pode-se observar que os tratamentos inoculados, tanto via semente, quanto em jato dirigido, apresentaram valores superiores aos não inoculados (Tabela 23). Para a inoculação via semente destaca-se o *B. licheniformis* que propiciou a maior produtividade de grãos, seguido da inoculação com *A. brasilense*, *P. fluorescens*, *B. pumilus* e *B. amyloliquefaciens* (Tabela 23), cujas produtividades de grãos também foram superiores aos tratamentos sem inoculação, independente da dose de N em cobertura.

Para os tratamentos aplicados em jato dirigido apenas com *P. fluorescens*, *A. brasilense*, *B. pumilus* e *B. amyloliquefaciens* possibilitaram superiores produtividades de grãos de milho safrinha em comparação aos outros tratamentos, mesmo quando se aplica 100% da dose de N recomendada para a cultura (Tabela 23). Portanto, novamente o uso destas bactérias promotoras de crescimento de plantas, mesmo inoculadas via jato dirigido em estágio V3, podem reduzir em 25% a dose de N aplicada em cobertura no milho safrinha.

A maior produtividade de grãos de milho safrinha quando se inocula via semente foi obtida com o uso de *B. licheniformis* (Tabela 25), embora este seja semelhante ao da inoculação com *P. fluorescens*. Na inoculação via jato dirigido no estágio V3 do milho, a maior produtividade de grãos foi propiciada pelo *B. pumilus*,

porém diferindo apenas da inoculação com *B. licheniformis*, embora tenha se aumentado a exportação de nutrientes, a produtividade foi reduzida.

Ao analisar o desdobramento de forma de inoculação dentro de cada bactéria (Tabela 25), evidencia-se que apenas houve diferença para produtividade de grãos de milho safrinha, quando se inocula com *B. licheniformis*, sendo mais interessante o fornecimento desta bactéria via semente. Gutierrez-Mañero et al. (2001) ao estudar *Bacillus licheniformis* produz quantidades relativamente elevadas de GA1, GA3 de C19-GAs, GA4 e GA20, que são giberilinas que promovem alongamento do caule e brotamento nas plantas, além de estimular o crescimento e melhorar o metabolismo da planta, isso condiz com o aumento da produtividade de uma cultura.

Tabela 20. ICF e análises biométricas em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	ICF		AP (m)		AIE (m)		DC (cm)		PRO		EHA		MS(kg ha ⁻¹)	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Inoculação via semente														
0% de N e sem inoculação	72,39a	39,77a	2,96a	1,88a	1,58a	1,06a	2,33a	1,50a	1,09b	1,09b	73333a	85185a	18655a	17142a
75% de N e sem inoculação	70,87a	46,07a	3,00a	1,89a	1,55a	1,05a	2,43a	1,43a	1,05b	1,11b	75518a	87407a	26520a	17496a
100% de N e sem inoculação	73,75a	43,74a	2,98a	1,88a	1,57a	1,04a	2,27a	1,51a	1,12b	1,15a	79999a	85185a	21880a	18908a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	72,63a	42,50a	2,97a	1,89a	1,54a	1,09a	2,26a	1,46a	1,06b	1,09b	75555a	74814a	27333a	16979a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	73,21a	44,53a	2,99a	1,88a	1,58a	1,08a	2,36a	1,57a	1,30a	1,13a	87407a	92592a	21871a	18405a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	74,69a	45,13a	2,99a	1,89a	1,56a	1,06a	2,20a	1,61a	1,25a	1,14a	79259a	85925a	21401a	17151a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	73,33a	44,73a	2,97a	1,87a	1,51a	1,08a	2,18a	1,56a	1,24a	1,13a	74444a	88888a	19124a	18689a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	71,73a	44,18a	2,96a	1,84a	1,53a	1,06a	2,18a	1,67a	1,29a	1,10b	91111a	79259a	20391a	17057a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	71,93a	44,77a	2,98a	1,90a	1,53a	1,09a	2,20a	1,60a	1,20a	1,10b	81851a	90370a	17938a	19835a
Erro padrão	1,31	2,32	0,02	0,02	0,03	0,02	0,06	0,07	0,05	0,04	6074	7285	2311	1366
Média geral	72,73	43,93	2,98	1,88	1,55	1,07	2,27	1,55	1,18	1,12	80164	85514	21679	17962
CV (%)	3,12	10,55	1,58	2,74	3,79	3,92	6,08	10,37	9,37	2,92	16,94	19,05	21,32	29,71
Inoculação via jato dirigido no estágio V3														
0% de N e sem inoculação	72,39a	39,77a	2,96a	1,88a	1,58a	1,06b	2,33a	1,50a	1,09a	1,09a	73333a	85185a	18655b	17142a
75% de N e sem inoculação	70,87a	46,07a	3,00a	1,89a	1,55a	1,05b	2,43a	1,43a	1,05a	1,11a	78518a	87407a	26520a	17496a
100% de N e sem inoculação	73,75a	43,74a	2,98a	1,88a	1,57a	1,04b	2,27a	1,51a	1,12a	1,15a	79999a	85185a	21880b	18908a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	73,95a	41,71a	2,91a	1,96a	1,51a	1,14a	2,43a	1,43a	1,16a	1,15a	71111a	80000a	18810b	16422a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	74,05a	42,19a	3,01a	1,88a	1,57a	1,07b	2,24a	1,44a	1,17a	1,13a	74444a	85925a	20451b	19641a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	72,99a	46,43a	2,96a	1,94a	1,51a	1,12a	2,14a	1,49a	1,21a	1,21a	74814a	91111a	17169b	18212a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	73,77a	41,92a	2,91a	1,94a	1,49a	1,06b	2,25a	1,39a	1,23a	1,17a	84814a	82962a	23327a	16779a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	74,73a	44,47a	2,95a	1,89a	1,56a	1,06b	2,28a	1,46a	1,12a	1,11a	74407a	95592a	27127a	20749a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	75,81a	45,89a	2,97a	1,90a	1,53a	1,09b	2,26a	1,38a	1,23a	1,16a	73333a	81481a	19636b	17618a
Erro padrão	2,06	1,64	0,02	0,02	0,03	0,02	0,07	0,06	0,04	0,03	3533	6824	2175	1258
Média geral	73,59	43,57	2,96	1,91	1,54	1,08	2,27	1,45	1,15	1,14	76419	85761	21508	18107
CV (%)	4,85	7,52	1,73	2,91	4,18	4,16	7,01	9,94	7,89	5,97	10,34	17,79	20,22	26,88

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. ICF= índice de clorofila foliar, AP = altura de plantas (m), AIE= altura de inserção da espiga (m), DC = diâmetro do colmo (cm), PRO= prolificidade, EHA= número de espigas por hectare. MS= matéria seca total (kg ha⁻¹)

Fonte: Própria autora

Tabela 21. ICF e análises biométricas de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria – MS.

Tratamento / Safra	ICF		AP (m)		AIE (m)		DC (cm)		PRO		EHA		MS (kg ha ⁻¹)	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)														
<i>Azospirillum brasilense</i>	73,29a	42,10a	2,94a	1,92a	1,52a	1,11a	2,25a	1,45a	1,11a	1,12a	73333a	77407a	23072a	16700a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	73,63a	43,36a	3,00a	1,88ab	1,58a	1,07a	2,30a	1,50a	1,24a	1,13a	80925a	89259a	21161a	19023a
<i>Bacillus subtilis</i>	73,84a	45,78a	2,98a	1,91ab	1,54a	1,09a	2,17a	1,55a	1,23a	1,18a	77037a	88518a	19285a	17681a
<i>Bacillus pumilus</i>	73,55a	43,32a	2,94a	1,90ab	1,50a	1,07a	2,21a	1,48a	1,24a	1,15a	76529a	85925a	21225a	17734a
<i>Bacillus licheniformis</i>	73,23a	44,32a	2,95a	1,87b	1,54a	1,06a	2,23a	1,56a	1,21a	1,11a	84529a	85925a	23759a	18903a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	73,87a	44,33a	2,98a	1,90ab	1,53a	1,09a	2,23a	1,49a	1,21a	1,13a	77592a	85925a	18787a	18726a
DMS (5%)	5,75	5,80	0,07	0,05	0,09	0,06	0,20	0,21	0,16	0,08	15886	18103	6224	4104
Forma de inoculação (F)														
Semente	72,92a	44,31a	2,98a	1,88b	1,54a	1,07a	2,23a	1,58a	1,22a	1,12b	81604a	85308a	21343a	18019a
Jato dirigido	74,22a	43,77a	2,95b	1,92a	1,53a	1,09a	2,24a	1,43b	1,19a	1,16a	75987a	85679a	21087a	18237a
DMS (5%)	2,21	2,25	0,03	0,02	0,03	0,02	0,08	0,08	0,06	0,03	6203	7069	2417	1577
Teste F														
Bactéria	0,04 ^{ns}	1,03 ^{ns}	2,25 ^{ns}	2,88*	1,43 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,59 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,97 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,95 ^{ns}
Forma de inoculação	1,48 ^{ns}	0,24 ^{ns}	4,24*	15,98**	0,85 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,04 ^{ns}	11,93**	1,53 ^{ns}	6,85*	3,33 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}
B x F	0,57 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,87*	0,40 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,88*	0,59 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,06 ^{ns}	3,73**	1,43 ^{ns}
Média geral	73,57	44,04	2,97	1,90	1,54	1,08	2,23	1,50	1,21	1,14	78796	85493	21215	18128
CV (%)	4,34	8,71	1,69	2,01	4,19	3,87	6,84	10,68	9,79	5,34	15,13	15,89	19,40	28,07

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativas, respectivamente. ICF= índice de clorofila foliar, AP = altura de plantas (m), AIE= altura de inserção da espiga (m), DC = diâmetro do colmo (cm), PRO= prolificidade, EHA= número de espigas por hectare, MS = matéria seca total (kg ha⁻¹).

Fonte: Própria autora

Tabela 22. Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para as análises de altura de plantas (m) na safrinha 2017 e prolificidade na safra 2016/2017. Selvíria - MS.

Bactéria / Forma de inoculação	Altura de plantas (m) na safrinha 2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	1,89aB	1,96aA	0,05
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,88aA	1,88bA	
<i>Bacillus subtilis</i>	1,89aB	1,94abA	
<i>Bacillus pumilus</i>	1,87aB	1,94abA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	1,84A	1,89abA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,90aA	1,90abA	
DMS (5%)		0,07	
Bactéria / Forma de inoculação	Prolificidade na safra 2016/2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	1,06bA	1,16aA	0,15
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,30aA	1,17aA	
<i>Bacillus subtilis</i>	1,25abA	1,21aA	
<i>Bacillus pumilus</i>	1,24abA	1,23aA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	1,29aA	1,11aB	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,20abA	1,23aA	
DMS (5%)		0,22	
Bactéria / Forma de inoculação	Matéria seca (kg ha⁻¹) na safra 2016/2017		
	Semente	Jato dirigido no estádio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	27334 aA	18811 abB	5922
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	21872 abA	20451 abA	
<i>Bacillus subtilis</i>	21402 abA	17170 bA	
<i>Bacillus pumilus</i>	19124 abA	23327 abA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	20391 abB	27128 aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	17939 bA	19636 abA	
DMS (5%)		8802	

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

Fonte: Própria autora

Tabela 23. Componentes de produção e produtividade de grãos de milho em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	NFGE		NGFE		NGE		CE (m)		DE (cm)		M100 (g)		PROD (kg ha ⁻¹)	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Inoculação via semente														
0% de N e sem inoculação	17,07a	15,87a	36,80a	26,20a	627,71a	415,60a	17,78b	14,00a	5,25a	4,67a	22,82a	13,77b	7336b	4995c
75% de N e sem inoculação	17,07a	14,80a	35,53a	26,13a	605,68a	387,07a	17,02b	14,60a	5,23a	4,87a	22,30a	13,11b	8801a	5478c
100% de N e sem inoculação	17,07a	15,60a	36,67a	24,73a	626,26a	389,20a	18,42a	14,32a	5,17a	4,77a	21,61a	13,53b	9935a	4872c
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	16,93a	15,87a	35,93a	27,40a	608,45a	435,07a	18,42a	15,32a	5,30a	5,11a	23,02a	14,52b	9034a	6247b
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	16,93a	15,33a	35,27a	27,40a	598,10a	424,53a	18,76a	15,12a	5,30a	5,04a	21,90a	17,64a	7317b	6657b
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	17,33a	15,47a	36,20a	28,73a	627,16a	444,67a	17,84b	15,00a	5,23a	5,00a	22,93a	15,77b	7903b	4962c
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	17,20a	15,99a	33,53a	27,07a	578,05a	434,40a	17,38b	15,38a	5,03a	5,18a	24,37a	15,18b	8123b	6180b
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	17,07a	15,47a	36,33a	26,87a	619,96a	415,47a	17,00b	15,54a	5,60a	5,13a	20,75a	19,25a	9909a	8506a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	17,07a	15,07a	32,87a	26,80a	561,40a	404,13a	18,28a	15,08a	5,17a	5,03a	22,54a	17,75a	7644b	6313b
Erro padrão	0,35	0,39	1,14	1,02	23,77	22,91	0,40	0,49	0,11	0,16	1,10	1,25	598,7	457,7
Média geral	17,08	15,49	35,46	26,82	605,86	416,68	17,88	14,93	5,52	4,98	22,36	15,61	8445	6023
CV (%)	4,58	5,57	7,19	8,52	8,77	12,29	5,01	7,39	4,56	7,39	8,51	17,93	15,85	16,99
Inoculação via jato dirigido no estágio V3														
0% de N e sem inoculação	17,07a	15,87a	36,80a	26,20a	627,71a	415,60a	17,78b	14,00a	5,25a	4,67a	22,82a	13,77a	7336b	4995b
75% de N e sem inoculação	17,07a	14,80a	35,53a	26,13a	605,68a	387,07a	17,02b	14,60a	5,23a	4,87a	22,30a	13,11a	8801a	5478b
100% de N e sem inoculação	17,07a	15,60a	36,67a	24,73a	626,26a	389,20a	18,42a	14,32a	5,17a	4,77a	21,61a	13,53a	9935a	4872b
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	17,20a	16,13a	34,60a	26,13a	596,04a	424,00a	18,42a	15,00a	5,30a	5,00a	22,11a	15,05a	8367b	6630a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	17,33a	15,07a	35,60a	24,33a	617,36a	367,86a	18,76a	15,08a	5,30a	5,03a	24,01a	15,06a	9065a	6078a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	16,13a	14,80a	35,47a	25,80a	572,19a	384,00a	17,84b	15,32a	5,23a	5,11a	23,30a	15,46a	7196b	5679b
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	16,80a	15,33a	33,99a	25,40a	570,65a	391,87a	17,38b	15,12a	5,03a	5,04a	22,45a	16,41a	8965a	6958a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	16,66a	15,33a	33,27a	24,73a	553,95a	382,00a	17,00b	15,38a	5,60a	5,13a	22,51a	13,40a	9635a	4861b
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	16,40a	15,60a	36,60a	27,73a	599,78a	432,93a	18,28a	15,54a	5,17a	5,18a	22,48a	14,96a	8267b	6126a
Erro padrão	0,35	0,37	0,91	0,98	18,85	20,89	0,40	0,49	0,11	0,16	1,26	1,34	450,1	457,5
Média geral	16,86	15,41	35,39	25,67	596,63	397,17	17,88	14,93	5,52	4,98	22,51	14,53	8619	5742
CV (%)	4,67	5,30	5,72	8,50	7,07	11,76	5,01	7,39	4,56	7,39	9,73	20,62	11,68	17,89

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. NFGE = número de fileiras de grãos na espiga, NGFE = número de grãos por fileira na espiga, NGE = número de grãos na espiga, CE = comprimento da espiga (cm), DE = diâmetro da espiga (cm) e M100 = massa de 100 grãos (g), PROD = produtividade (kg ha⁻¹).

Fonte: Própria autora

Tabela 24. Componentes de produção e produtividade de grãos de milho de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria – MS.

Tratamento / Safra	NFGE		NGFE		NGE		CE (cm)		DE (cm)		M100 (g)		PROD (kg ha ⁻¹)	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)														
<i>Azospirillum brasilense</i>	17,07a	15,99a	35,27a	26,77a	602,24a	429,53a	18,40a	15,10a	5,27a	5,03a	23,51a	14,78a	8700ab	6438
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	17,13a	15,20a	35,43a	25,87a	607,73a	396,20a	18,26a	14,23a	5,15ab	4,74a	22,00a	16,35a	8191ab	6367
<i>Bacillus subtilis</i>	16,73a	15,13a	35,83a	27,27a	599,68a	414,33a	17,82a	14,76a	5,20ab	4,92a	23,12a	15,62a	7549b	5321
<i>Bacillus pumilus</i>	16,99a	15,73a	33,77a	26,23a	574,35a	413,13a	17,43a	14,83a	5,07b	4,94a	23,41a	15,80a	8544ab	6569
<i>Bacillus licheniformis</i>	16,87a	15,40a	34,80a	25,80a	586,95a	398,73a	17,72a	14,60a	5,38a	4,87a	21,63a	16,32a	9772a	6683
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	16,73a	15,33a	34,74a	27,27a	580,59a	418,53a	17,98a	15,11a	5,23ab	5,04a	22,51a	16,35a	7956ab	6220
DMS (5%)	1,21	1,19	2,99	3,20	69,30	70,75	1,45	1,48	0,31	0,49	3,51	4,21	1881	1358
Forma de inoculação (F)														
Semente	17,09a	15,53a	35,02a	27,38a	598,99a	426,38a	17,92a	15,24a	5,16a	5,08a	22,59a	16,68a	8322a	6477
Jato dirigido	16,76a	15,40a	34,92a	26,57b	584,99a	397,11b	17,95a	14,30b	5,27a	4,78b	22,81a	15,06a	8583a	6057
DMS (5%)	0,47	0,46	1,17	1,25	27,06	27,63	0,57	0,58	0,13	0,19	1,35	1,64	735	530
Teste F														
Bactéria	0,36 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,88 ^{ns}	2,13*	0,88 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,38 ^{ns}	2,95*	2,31*
Forma de inoculação	2,04 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,03 ^{ns}	7,42**	1,07 ^{ns}	4,56*	0,01 ^{ns}	10,57*	3,41 ^{ns}	1,45*	0,12 ^{ns}	3,99 ^{ns}	051 ^{ns}	2,57 ^{ns}
B x F	1,08 ^{ns}	0,67 ^{ns}	2,57 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,46 ^{ns}	1,12 ^{ns}	2,16*	1,12 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,74 ^{ns}	1,19 ^{ns}	6,67**
Média geral	16,93	15,47	34,67	26,53	591,92	411,74	17,94	14,77	5,22	4,92	22,70	15,87	8452	6266
CV (%)	5,35	5,75	6,41	9,06	8,79	12,89	6,06	7,55	4,45	7,54	8,60	19,89	16,70	16,26

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativas, respectivamente. NFGE = número de fileiras de grãos na espiga, NGFE = número de grãos por fileira na espiga, NGE = número de grãos na espiga, CE = comprimento da espiga (cm), DE = diâmetro da espiga (cm) e M100 = massa de 100 grãos (g), PROD = produtividade (kg ha⁻¹).
Fonte: Própria autora

Tabela 25. Desdobramento da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o diâmetro (cm) de espiga na safra 2016/2017 e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) do milho na safrinha 2017. Selvíria - MS.

Bactéria / Forma de inoculação	Diâmetro da espiga (cm) na safra 2016/2017		
	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	5,23aA	5,30abA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	5,00aB	5,30abA	
<i>Bacillus subtilis</i>	5,17aA	5,23abA	0,05
<i>Bacillus pumilus</i>	5,10aA	5,03bA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	5,17aB	5,60aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	5,30aA	5,17abA	
DM̄S (5%)		0,44	

Bactéria / Forma de inoculação	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) do milho safrinha 2017		
	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	6247 bA	6630 abA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	6657 abA	6078 abA	
<i>Bacillus subtilis</i>	4962 bA	5679 abA	1299
<i>Bacillus pumilus</i>	6180 bA	6958 aA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	8506 aA	4861 bB	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	6313 bA	6126 abA	
DMS (5%)		1920	

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

Fonte: Própria autora

4.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

A quantidade de P presente no solo antes da implantação do experimento era de 20 mg dm⁻³ de P (resina); após a safra 2016/17, o *B. subtilis* promoveu maior teor desse nutriente no solo dentre os tratamentos via semente (Tabela 26). Além disso, analisando ao desdobramento da interação (Tabela 27), esta mesma bactéria quando aplicada via semente proporcionou teor de 57,67 mg dm⁻³ de P, e com aplicação via jato dirigido com 13,67 mg dm⁻³ (Tabela 28). Isso deve ao fato desse gênero de bactéria promover a solubilização de parte do fósforo fixado no solo (SANTOYO; OROZCO-MOSQUEDA; GOVINDAPPA, 2012). Já na segunda safra o tratamento sem inoculação e sem adubação foi superior em P disponível em relação aos inoculados via semente, o que se deve a menor absorção pelas plantas (Tabela 26).

Os teores de S-SO₄⁻ inicialmente eram de 3 mg dm⁻³, após a primeira safra a média do solo que recebeu inoculação foi de 3,42 mg dm⁻³ e na segunda safra foi de

4,67 mg dm⁻³ (Tabela 27), assim contribuindo para o incremento desse nutriente no solo, porém esses tratamentos não diferiram dos demais que não foram inoculados (Tabela 26). Provavelmente, estas bactérias proporcionaram maior desenvolvimento do sistema radicular, inclusive em profundidade, com maior absorção de enxofre das camadas mais profundas e posterior ciclagem deste nutriente.

Observou-se que com a inoculação de BPCPs, os teores de M.O. não se diferiram dos tratamentos não inoculados (Tabela 26), porém no ano de 2017 houve interação entre os fatores analisados (Tabela 27), sendo que a *P. fluorescens* ao ser aplicado na base da planta em V3 propiciou teor de 23,67 g dm⁻³ de M.O. e quando aplicado via semente o valor foi 18,67 g dm⁻³ (Tabela 28). Os teores de M.O. obtidos são semelhantes ao início do experimento com 24 g dm⁻³, isso provavelmente se deve ao fato de que após alguns anos de cultivo, o teor de matéria orgânica se estabiliza em torno de 25 a 30 g dm⁻³ em solos argilosos, e em teores mais baixos em solos de textura média ou arenosa (RONQUIM, 2010).

O pH do solo não foi alterado pela inoculação com bactérias (Tabela 26), se mantendo próximo ao inicial de 5,3, sendo em 2016/17 com o valor de 5,31 e 5,17 para o ano de 2017, ambos inoculados (Tabela 27), assim tornando esse solo com classificação de acidez média, segundo Tomé Júnior (1997). O solo com este pH está próximo do valor em que há maior disponibilidade de nutrientes para a cultura do milho que está entre 5,5 e 6,0 (pH CaCl₂) (MALAVOLTA, 1979).

O teor de K no solo diferiu apenas nos tratamentos inoculados via semente (Tabela 26), na safra 2016/17. Os teores de K foram superiores quando não se inoculou, e no ano seguinte estes foram semelhantes aos inoculados com *B. pumilus* e *B. amyloliquefaciens*. Notou-se também que o solo anteriormente continha 5,3 mmol_c dm⁻³ de K, e que esse diminuiu conforme o desenvolvimento da cultura, isso se deve a alta capacidade de absorção de K deste moderno híbrido de milho.

Os teores de Ca e Mg no solo obtidos com os tratamentos inoculados com as BPCPs foram semelhantes em relação à ausência da inoculação em ambas os cultivos (Tabela 26). Contudo, observou-se incremento com a inoculação da primeira safra para a segunda (Tabela 27), com os teores destas bases trocáveis se aproximando ao encontrado no início de 33,0 e de 20 mmol_c dm⁻³ de Ca e Mg, respectivamente.

A acidez potencial é constituída pela somatória do H+Al do solo, extraídos com soluções de sais tamponadas ou misturas de sais neutros com solução tampão

(PEECH, 1965), inicialmente o solo apresentava $28,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, após cada safra com o uso de inoculantes e adubações os valores foram de $31,64$ e $27,75 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente em 2016/17 e 2017 (Tabela 30).

Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn do solo não apresentaram diferença quando se comparada os tratamentos com ou sem inoculação com as bactérias (Tabela 29). No entanto, na safra 2016/17 os teores de Fe, Mn e Zn no solo apresentaram interação com a forma de inoculação e a espécie de bactéria (Tabela 30). Para o teor de Fe, as bactérias *A. brasilense*, *B. pumilus* e *B. amyloliquefaciens* se destacaram positivamente quando aplicadas via jato dirigido. Quanto ao Mn observou-se teores maiores quando a inoculação foi realizado na base da planta com *B. amyloliquefaciens*. E para o teor de Zn, as bactérias *A. brasilense* e *B. pumilus* propiciaram maior teor deste importante micronutriente quando inoculadas via semente (Tabela 31).

Com relação ao teor de B e a saturação de bases do solo, não houve interferência significativa das bactérias em relação aos tratamentos não inoculados (Tabela 29). Entretanto verificou-se uma diminuição na porcentagem de saturação de bases em relação ao início do experimento com 68% e nas safras seguintes com 58,47 e 66,22% (Tabela 30). Isso se deve a exportação de bases trocáveis pelos grãos colhidos.

Tabela 26. Atributos químicos do solo em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	P (mg dm ⁻³)#		S-SO ₄ ⁻ (mg dm ⁻³)#		M.O. (g dm ⁻³)		pH		K (mmol _c dm ⁻³)#		Ca (mmol _c dm ⁻³)#		Mg (mmol _c dm ⁻³)#	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Inoculação via semente														
0% de N e sem inoculação	29,00b	50,67a	6,00a	3,33a	21,33a	28,00a	5,43a	5,30a	1,93a	3,83a	27,33a	40,33a	17,67a	27,33a
75% de N e sem inoculação	20,33b	25,67b	3,00a	2,67a	19,67a	25,00a	5,10a	5,13a	1,20b	3,70a	24,00a	31,67a	13,67a	20,33a
100% de N e sem inoculação	27,00b	23,33b	2,67a	3,00a	21,00a	29,00a	5,50a	5,37a	2,40a	3,53a	36,37a	46,00a	30,67a	29,00a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	14,00b	22,33b	3,00a	3,00a	18,33a	23,67a	5,27a	5,33a	0,87b	2,47b	23,33a	33,67a	15,00a	20,67a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	25,33b	9,33b	2,67a	7,67a	19,33a	18,67a	5,30a	4,90a	0,70b	1,90b	27,67a	23,33a	16,33a	23,00a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	57,67a	9,67b	3,00a	8,00a	20,33a	21,67a	5,73a	4,77a	1,17b	1,80b	32,33a	21,00a	24,67a	16,33a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	23,33b	26,00b	2,33a	3,00a	19,67a	27,33a	5,73a	5,43a	1,47b	2,70a	34,33a	38,00a	30,67a	33,33a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	20,67b	22,33b	2,00a	3,33a	18,67a	21,33a	5,30a	5,07a	1,00b	1,63b	22,67a	31,33a	17,00a	29,00a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	11,67b	30,00b	1,67a	2,67a	18,33a	23,67a	5,37a	5,50a	0,73b	2,80a	23,33a	38,00a	17,33a	30,67a
Erro padrão	6,57	6,92	1,33	5,76	1,44	1,31	0,17	0,19	0,34	0,48	6,49	5,78	7,24	5,88
Média geral	22,44	24,37	2,93	6,07	19,63	24,26	5,42	5,20	1,27	2,71	27,85	33,70	20,33	22,52
CV (%)	22,63	21,64	24,98	19,25	12,72	9,38	5,97	6,21	15,89	13,60	17,63	15,38	24,56	19,31
Inoculação via jato dirigido no estádio V3														
0% de N e sem inoculação	29,00a	50,67a	6,00a	3,33a	21,33a	28,00a	5,43a	5,30a	1,93a	3,83a	27,33a	40,33a	17,67a	27,33a
75% de N e sem inoculação	20,33a	25,67a	3,00a	3,67a	19,67a	25,00a	5,10a	5,13a	1,20a	3,70a	24,00a	31,67a	13,67a	20,33a
100% de N e sem inoculação	27,00a	23,33a	2,67a	3,00a	21,00a	29,00b	5,50a	5,37a	2,40a	3,53a	36,37a	46,00a	30,67a	29,00a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	18,67a	21,00a	4,67a	3,67a	20,00a	21,67b	5,10a	4,97a	1,40a	2,07a	22,33a	24,00a	14,33a	17,67a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	22,33a	25,67a	6,67a	7,00a	20,00a	23,67b	5,00a	5,03a	1,73a	3,40a	21,67a	31,00a	17,33a	26,67a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	13,67a	14,00a	3,33a	3,67a	20,00a	24,67b	5,47a	5,33a	2,20a	2,37a	25,67a	38,33a	22,67a	32,67a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	17,00a	24,33a	4,00a	4,33a	23,00a	28,00a	5,37a	5,30a	1,57a	5,23a	31,33a	33,00a	21,00a	27,00a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	13,67a	18,67a	3,67a	5,33a	17,67a	23,33b	5,23a	4,83a	1,57a	2,07a	31,33a	26,00a	28,33a	22,00a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	12,67a	39,00a	4,00a	4,33a	19,67a	24,67b	4,90a	5,60a	1,47a	2,80a	20,33a	40,00a	14,00a	37,00a
Erro padrão	5,87	9,96	1,65	1,25	1,79	1,59	0,19	0,16	0,46	0,89	5,21	6,33	6,05	6,47
Média geral	19,37	26,93	4,22	6,15	20,26	25,33	5,23	5,21	1,72	3,22	26,70	34,48	19,67	26,63
CV (%)	26,08	29,39	27,18	29,25	15,29	10,89	6,23	5,33	18,89	19,07	15,28	15,58	21,82	19,28

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. #: dados ajustados pela equação $(X + 0,5)^{0,5}$.

Fonte: Própria autora

Tabela 27. Atributos químicos do solo de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria – MS.

Tratamento / Safra	P (mg dm ⁻³)#		S-SO ₄ ⁻ (mg dm ⁻³)#		M.O. (g dm ⁻³)		pH		K (mmol _c dm ⁻³)#		Ca (mmol _c dm ⁻³)#		Mg (mmol _c dm ⁻³)#	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)														
<i>Azospirillum brasilense</i>	16,33ab	21,67a	3,83a	3,33a	19,17a	22,67b	5,18a	5,15ab	1,13a	2,27a	22,33a	28,83a	14,67a	19,17a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	23,83ab	17,50a	4,67a	7,33a	19,67a	21,17b	5,15a	4,97b	1,22a	2,65a	24,67a	27,17a	16,83a	24,83a
<i>Bacillus subtilis</i>	35,67a	11,83a	3,17a	5,83a	20,17a	23,17b	5,60a	5,05ab	1,68a	2,08a	29,00a	29,67a	23,67a	24,50a
<i>Bacillus pumilus</i>	20,17ab	25,17a	3,17a	3,67a	21,33a	27,67a	5,55a	5,37ab	1,52a	3,97a	32,83a	35,50a	25,83a	30,17a
<i>Bacillus licheniformis</i>	17,17ab	20,50a	2,83a	4,33a	18,17a	22,33b	5,27a	4,95b	1,28a	1,85a	27,00a	28,67a	22,67a	25,50a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	12,17b	34,50a	2,83a	3,50a	19,00a	24,17ab	5,13a	5,55a	1,10a	2,80a	21,83a	39,00a	15,67a	33,83a
DMS (5%)	17,18	5,77	2,87	5,60	5,65	4,12	0,47	0,56	1,21	2,91	16,40	16,90	17,04	20,27
Forma de inoculação (F)														
Semente	25,44a	19,94a	2,44b	4,61a	19,11a	22,72b	5,45a	5,17a	0,99b	2,22a	27,11a	30,89a	20,17a	25,50a
Jato dirigido	16,33b	23,78a	4,39a	4,72a	20,06a	24,33a	5,18b	5,18a	1,66a	2,99a	25,44a	32,06a	19,61a	27,17a
DMS (5%)	6,60	3,33	1,10	2,15	2,17	0,54	0,18	0,21	0,46	1,12	6,39	6,49	6,55	7,80
Teste F														
Bactéria	3,50*	2,00 ^{ns}	1,27 ^{ns}	1,83 ^{ns}	0,72 ^{ns}	5,82**	3,76 ^{ns}	3,58*	0,67 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,64 ^{ns}	1,78 ^{ns}	1,39 ^{ns}
Forma de inoculação	6,28*	0,72 ^{ns}	14,34 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,82 ^{ns}	4,46*	9,67**	0,01 ^{ns}	8,96*	2,41 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,31 ^{ns}
B x F	3,29*	0,76 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,60*	0,44 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,91 ^{ns}
Média geral	20,89	21,86	3,42	4,67	19,58	23,53	5,31	5,17	1,32	2,61	26,27	31,47	19,89	26,33
CV (%)	23,20	28,08	19,48	25,09	16,03	9,73	4,94	6,00	18,23	23,30	15,81	14,68	19,81	20,10

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativos, respectivamente.

Fonte: Própria autora

Tabela 28. Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o teor de fósforo no solo na safra 2016/2017 e matéria orgânica no solo na safrinha 2017. Selvíria - MS.

Bactéria / Forma de inoculação	P (mg dm ⁻³)# na safra 2016/2017		
	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	14,00bA	18,67aA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	25,33abA	22,33aA	16,17
<i>Bacillus subtilis</i>	57,67aA	13,67aB	
<i>Bacillus pumilus</i>	23,33bA	17,00aA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	20,67bA	13,67aA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	11,67bA	12,67aA	
DMS (5%)		24,31	
Bactéria / Forma de inoculação	M.O. (g dm ⁻³) na safrinha 2017		
	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	23,67abA	21,67bA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	18,67bB	23,67abA	1,32
<i>Bacillus subtilis</i>	21,67abA	24,67abA	
<i>Bacillus pumilus</i>	27,33aA	28,00aA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	21,33bA	23,33abA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	23,67abA	24,67abA	
DMS (5%)		4,12	

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

Fonte: Própria autora

Tabela 29. Atributos químicos do solo complementares em função da inoculação ou não com bactérias promotoras de crescimento de plantas e de acordo com a forma de inoculação e adubação nitrogenada. Selvíria - MS.

Tratamento / Safra	H+Al (mmol _c dm ⁻³)		Cu (mg dm ⁻³)		Fe (mg dm ⁻³)#		Mn (mg dm ⁻³)#		Zn (mg dm ⁻³)#		B (mg dm ⁻³)#		V (%)	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Inoculação via semente														
0% de N e sem inoculação	30,00a	27,00a	2,93a	2,93a	11,67a	28,00a	34,73a	29,50a	1,23a	1,60a	0,12a	0,38a	61,00a	72,33a
75% de N e sem inoculação	35,67a	29,00a	3,43a	2,90a	12,33a	24,00a	31,03a	23,63a	1,93a	0,73a	0,14a	0,27a	52,00a	65,33a
100% de N e sem inoculação	28,67a	26,00a	4,13a	2,93a	15,00a	31,00a	34,57a	27,33a	1,00a	3,30a	0,15a	0,42a	66,00a	74,00a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	31,00a	23,33a	3,23a	3,07a	10,33a	18,33a	28,53a	29,57a	0,97a	1,37a	0,10a	0,11a	54,67a	70,67a
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	31,00a	28,00a	3,23a	3,37a	12,00a	17,00a	31,93a	20,30a	1,50a	0,90a	0,14a	0,40a	58,67a	59,33a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	26,00a	31,67a	3,20a	3,43a	9,33a	20,67a	27,53a	31,40a	1,60a	1,50a	0,12a	0,19a	68,33a	54,67a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	25,33a	22,00a	2,87a	2,97a	9,00a	17,00a	24,83a	23,03a	1,13a	2,37a	0,09a	0,50a	67,67a	75,00a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	31,00a	26,67a	3,30a	3,20a	11,00a	18,33a	24,17a	22,53a	1,20a	1,00a	0,11a	0,07a	56,33a	65,67a
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	29,00a	22,67a	3,43a	3,07a	11,33a	15,67a	30,93a	22,80a	1,37a	2,17a	0,15a	0,11a	58,67a	74,33a
Erro padrão	3,08	2,88	0,43	0,20	2,04	3,96	6,06	2,76	0,30	0,76	0,02	0,13	6,14	6,01
Média geral	29,74	26,26	3,31	3,10	11,33	21,11	29,81	25,57	1,33	1,66	0,12	0,38	60,37	67,93
CV (%)	17,97	19,01	22,50	11,30	14,90	15,96	17,20	6,58	14,02	24,85	3,00	9,36	17,61	15,33
Inoculação via jato dirigido no estágio V3														
0% de N e sem inoculação	30,00a	27,00b	2,93a	2,93a	11,67a	28,00a	34,73a	29,50a	1,23b	1,60a	0,12a	0,38a	61,00a	72,33a
75% de N e sem inoculação	35,67a	29,00b	3,43a	2,90a	12,33a	24,00a	31,03a	23,63a	1,93b	0,73a	0,14a	0,27a	52,00a	65,33b
100% de N e sem inoculação	28,67a	26,00b	4,13a	2,93a	15,00a	31,00a	34,57a	27,33a	1,00b	3,30a	0,15a	0,42a	66,00a	74,00a
75% de N e <i>Azospirillum brasilense</i>	37,00a	32,00a	3,30a	3,40a	15,67a	22,33a	32,67a	25,93a	3,17a	2,87a	0,28a	0,70a	50,33a	57,33b
75% de N e <i>Pseudomonas fluorescens</i>	38,00a	38,00a	3,30a	3,17a	14,33a	28,67a	26,57a	28,67a	1,27b	1,67a	0,51a	0,24a	51,67a	60,67a
75% de N e <i>Bacillus subtilis</i>	30,00a	25,33b	3,40a	3,60a	11,00a	22,67a	27,50a	26,47a	2,07b	2,20a	0,20a	0,48a	61,33a	71,00a
75% de N e <i>Bacillus pumilus</i>	30,00a	26,00b	3,17a	3,30a	16,00a	20,33a	23,73a	29,03a	5,10a	3,80a	0,19a	0,31a	63,67a	71,00a
75% de N e <i>Bacillus licheniformis</i>	33,00a	35,33a	3,40a	3,63a	12,00a	24,33a	35,80a	27,37a	2,10b	2,00a	0,44a	0,68a	62,33a	57,67b
75% de N e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	38,33a	22,00b	3,00a	3,03a	18,33a	15,33a	48,90a	18,43a	2,30b	1,70a	0,36a	0,17a	48,00a	77,33a
Erro padrão	3,25	2,48	0,43	0,22	2,31	4,20	6,80	3,29	0,67	0,89	0,13	0,15	5,98	4,91
Média geral	33,41	28,96	3,34	3,21	14,04	24,07	32,83	26,26	2,24	2,21	0,27	0,41	57,37	67,41
CV (%)	16,86	14,82	22,17	11,99	14,31	15,02	19,77	11,00	18,62	25,77	12,99	13,24	18,05	12,62

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. #: dados ajustados pela equação $(X + 0,5)^{0,5}$.

Fonte: Própria autora

Tabela 30. Atributos químicos do solo complementares de acordo com a espécie de bactéria promotora de crescimento de planta e forma de inoculação. Selvíria – MS.

Tratamento / Safra	H+Al (mmol _c dm ⁻³)		Cu (mg dm ⁻³)		Fe (mg dm ⁻³)#		Mn (mg dm ⁻³)#		Zn (mg dm ⁻³)#		B (mg dm ⁻³)#		V (%)	
	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17	16/17	17
Bactéria (B)														
<i>Azospirillum brasilense</i>	34,00a	27,67ab	3,27a	3,12a	13,00a	20,33a	30,60ab	27,75a	2,07a	2,12a	0,19a	0,41a	52,50a	64,00a
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	34,50a	33,00a	3,27a	3,27a	13,17a	22,83a	29,25ab	24,48a	1,38a	1,28a	0,33a	0,32a	55,17a	60,00a
<i>Bacillus subtilis</i>	28,00a	28,50ab	3,30a	3,52a	10,17a	21,67a	27,52ab	28,93a	1,83a	1,85a	0,16a	0,34a	64,83a	62,83a
<i>Bacillus pumilus</i>	27,67a	24,00ab	3,02a	3,13a	12,50a	18,67a	24,28b	26,03a	3,12a	3,08a	0,14a	0,41a	65,67a	73,00a
<i>Bacillus licheniformis</i>	32,00a	31,00ab	3,35a	3,42a	11,50a	21,33a	29,98ab	24,95a	1,65a	1,50a	0,28a	0,38a	59,33a	61,67a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	33,67a	22,33b	3,22a	3,05a	14,83a	15,50a	39,92a	20,62a	1,83a	1,93a	0,26a	0,14a	53,33a	75,83a
DMS (5%)	8,25	9,32	0,57	0,76	4,94	11,58	13,31	9,01	1,90	1,96	0,35	0,37	17,48	17,25
Forma de inoculação (F)														
Semente	28,89b	25,72b	3,21a	3,18a	10,50b	17,83a	27,99a	24,94a	1,29b	1,55b	0,12b	0,36a	60,72a	66,61a
Jato dirigido	34,39a	29,78a	3,26a	3,36a	14,56a	22,28a	32,53a	25,98a	2,67a	2,37a	0,33a	0,43a	56,22a	65,83a
DMS (5%)	3,17	3,58	0,22	0,29	1,90	4,45	5,11	3,47	0,73	0,75	0,05	2,17	6,72	6,63
Teste F														
Bactéria	2,68 ^{ns}	3,67*	0,81 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,96 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,29*	1,97 ^{ns}	1,77 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,03 ^{ns}	2,11 ^{ns}	280 ^{ns}
Forma de inoculação	12,94**	5,51*	0,23 ^{ns}	1,39 ^{ns}	20,03**	4,21 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,29 ^{ns}	19,07**	5,79*	12,80**	0,21 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,06 ^{ns}
B x F	0,46 ^{ns}	2,32 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,38*	0,55 ^{ns}	1,44*	2,01 ^{ns}	3,41*	0,44 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,74 ^{ns}
Média geral	31,64	27,75	3,24	3,27	12,53	20,06	30,26	25,46	1,98	1,96	0,23	0,25	58,47	66,22
CV (%)	14,50	18,67	9,78	5,76	10,35	15,56	14,41	10,10	17,84	21,01	11,65	18,80	16,62	14,48

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. **, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativas, respectivamente.

Fonte: Própria autora

Tabela 31. Desdobramentos da interação bactérias e formas de inoculação do milho para o teor de ferro na safra 2016/2017, manganês na safra 2016/2017 e zinco na safra 2016/2017 no solo. Selvíria - MS.

Fe (mg dm⁻³)# na safra 2016/2017			
Bactéria / Forma de inoculação	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	10,33aB	15,67abA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	12,00aA	14,33abA	3,68
<i>Bacillus subtilis</i>	9,33aA	11,00bA	
<i>Bacillus pumilus</i>	9,00aB	16,00abA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	11,00aA	12,00abA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	11,33aB	18,33aA	
DMS (5%)		6,99	
Mn (mg dm⁻³)# na safra 2016/2017			
Bactéria / Forma de inoculação	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	28,53aA	32,67abA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	31,93aA	26,57abA	12,52
<i>Bacillus subtilis</i>	27,53aA	27,50abA	
<i>Bacillus pumilus</i>	24,83aA	23,73bA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	24,17aA	35,80abA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	30,93aB	48,90aA	
DMS (5%)		18,82	
Zn (mg dm⁻³)# na safra 2016/2017			
Bactéria / Forma de inoculação	Semente	Jato dirigido no estágio V3	DMS (5%)
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,67aB	3,17abA	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,50aA	1,27bA	2,69
<i>Bacillus subtilis</i>	1,60aA	2,07bA	
<i>Bacillus pumilus</i>	1,13aB	5,10aA	
<i>Bacillus licheniformis</i>	1,20aA	2,10bA	
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1,37aA	2,30abA	
DMS (5%)		2,69	

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

Fonte: Própria autora

5 CONCLUSÕES

As bactérias promotoras de crescimento e as formas de inoculação interferem na extração e exportação de nutrientes pela planta de milho. O milho quando inoculado com *Bacillus licheniformis* extraiu maiores quantidades de nutrientes (em kg t⁻¹ de grãos produzidos), principalmente quando inoculado via jato dirigido no estágio V3. Entretanto, com menor produtividade em relação à sua inoculação via sementes devido ao menor crescimento vegetativo e eficiência do uso dos nutrientes.

A exportação dos micronutrientes é mais influenciada pela inoculação das bactérias em relação à exportação dos macronutrientes.

Os atributos químicos do solo foram pouco influenciados pelas bactérias promotoras de crescimento de plantas. Entretanto, o teor de K do solo diminuiu nos tratamentos inoculados após o cultivo safra e safrinha.

Os resultados obtidos evidenciam que a dose de N pode nestas condições testadas, ser reduzida em 25% na cultura do milho, quando se inocula via semente ou foliar com algumas das bactérias testadas.

A inoculação via semente com *B. licheniformis* proporcionou as maiores produtividades de grãos de milho cultivado na safra e safrinha. Semelhantemente, a inoculação com esta bactéria via jato dirigido no estágio V3 no milho safra também se destacou positivamente na produtividade de grãos, assim como o *Bacillus pumilus*.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, D. B.; FRIKHA-GARGOURI, O.; TOUNSI, S. Rhizospheric competence, plant growth promotion and biocontrol efficacy of *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* strain 32a. **Biological Control**, Orlando, v. 124, p. 61-67, 2018.
- AHMAD, M.; AHMAD, I.; HILGER, T. H.; NADEEM, S. M.; AKHTAR, M. F.; JAMIL, M.; HUSSAIN, A.; ZAHIR, Z. A. Preliminary study on phosphate solubilizing *Bacillus subtilis* strain Q3 and *Paenibacillus* sp. strain Q6 for improving cotton growth under alkaline conditions. **PeerJ**, [S. l.], v. 6, p. e5122, 2018. DOI: 10.7717/peerj.5122.
- ALBUQUERQUE, C. A. C. D. **Potencial de *Bacillus* spp. no controle de estresses biótico e abiótico e na promoção de crescimento de tomateiro**. 2017. 89 f. Dissertação de mestrado (Agronomia – Proteção de plantas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio e Mesquita Filho” – UNESP, Botucatu, 2017.
- ANDRADE, A., CONDÉ, A., COSTA, R., POMELA, A., SOARES, A., MARTINS, F., LIMA, W., OLIVEIRA, C. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.15, n.2, p.229-239, 2016.
- ARAÚJO, E. D. O.; MERCANTE, F. M.; VITORINO, A. C. T.; NUNES, D. P.; PAIM, L. R.; MENDES, D. A. E. Estado nutricional do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*. In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 12., 2013, Dourados. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 1 CD-ROM., 2013.
- BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L.; CASANOVAS, E. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* ssp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, p. 49-59, 2008.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.
- BASHAN, Y.; MORENO, M., TROYO, E. Growth promotion of the seawatwer-irrigated oil seed halophyte *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospirillum* spp. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 32, p. 265-272, 2004.
- BASHAN, Y. & HOLGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, p. 103–21, 1997.

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

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Nutrição e adubação do milho**. Brasília, DF: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 17 p. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/NUTRICA0%20E%20ADUB.%20MILHO%20-%20CNPMS.pdf>>. Acesso em: 20 de out. de 2016.

COMPANT, S.; DUFFY, B.; NOWAK, J.; CLEMENT, C.; BARKA, E. A. Use of Plant Growth-Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases: Principles, Mechanisms of Action, and Future Prospects. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 71, p. 4951-4959, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos: safra 2014/15, décimo primeiro levantamento**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_18_10_30_18_boletim_graos_agosto_2015.pdf . Acesso em: 10 out. 2016.

CUNHA, F. N.; DA SILVA, N. F.; BASTOS, F. J. D. C.; DE CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. D. F.; TEIXEIRA, M. B.; SOUCHIE, E. L. Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2015.

DEBASTIANI, R. S. **Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* associado à adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2016. 21 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

DECARO, S. T. **Efeito de doses e fontes de zinco na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal, 1978. DISI, J.O.; KLOEPPER, J.W.; FADAMIRO, H.Y. Seed treatment of maize with *Bacillus pumilus* strain INR-7 affects host location and feeding by Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera*. **Journal of Pest Science**, [S. l.], v. 91, n. 2, p. 515-522, 2018.

ELIAS, J. M.; GUERRERO-MOLINA, M. F.; MARTINEZ-ZAMORA, M. G.; DIAZ-RICCI, J. C.; PEDRAZA, R. O. Role of ethylene and related gene expression in the interaction between strawberry plants and the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 20, n. 3, p. 490-496, 2018.

FANCELLI, A. L. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho**. Piracicaba: IPNI, 2010. 16 p. (Informações Agrônomicas, 131).

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.

FRANCISCO, E. A. B.; KAPPES, C.; DOMINGUES, L.; FELIPPI, C. L. Inoculação de Sementes de Milho com *Azospirillum brasilense* e Aplicação de Nitrogênio em Cobertura. In: CONGRESSO MILHO E SORGO, 29., Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: [s. n.], 2012.

GALINDO, F. S. **Desempenho Agronômico do milho e do trigo em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses e fontes de nitrogênio**. 2015. 150 f. Dissertação de mestrado (Agronomia – Sistemas de produção) – Universidade Estadual Paulista “Júlio e Mesquita Filho” – UNESP, Ilha Solteira, SP, 2015.

GALINDO FS, TEIXEIRA FILHO MCM, BUZETTI S, SANTINI JMK, ALVES CJ, NOGUEIRA LM, LUDKIEWICZ MGZ, ANDREOTTI M., BELLOTTE JLM. Corn Yield and Foliar Diagnosis Affected by Nitrogen Fertilization and Inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 40, n. e0150364, p. 1-18, 2016 .

GALINDO FS, TEIXEIRA FILHO MCM, TARSITANO MAA, BUZETTI S, SANTINI JMK, LUDKIEWICZ MGZ, ALVES CJ, NOGUEIRA LM, ARF O. Economic analysis of corn inoculated with *Azospirillum brasilense* associated with nitrogen sources and doses. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n.4. p. 1749-1764, 2017.

GALINDO FS, TEIXEIRA FILHO MCM, BUZETTI S, RODRIGUES WL, BOLETA EHM, ROSA PAL, GASPARETO RN, BIAGINI ALC, BARATELLA EB, PEREIRA IT. Technical and economic viability of corn with *Azospirillum brasilense* associated with acidity correctives and nitrogen. **Journal of Agricultural Science**, [S. I.], v. 10, n. 3. p. 213-227, 2018.

GOES, R. J. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura para a cultura do milho em espaçamento reduzido. **Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 24, p. 257-263, 2014.

GUTIÉRREZ-MAÑERO, F. J.; RAMOS-SOLANO, B.; MEHOUACHI, J.; TADEO, F. R.; TALON, M. The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen v. 111, n. 2, p. 206-211, 2001.

HENRIQUES, A.O.; MORAN JUNIOR, C.P. Structure and assembly of the bacterial endospore coat. **Methods**, [S. I.], v. 20, p. 95-110, 2000.

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.; SALAMONE, I. G. de (Ed.) **Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Córdoba: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.17-28.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 325, p.36, 2011.

IFA. Associação Internacional de Fertilizantes. Site. [S. I.], 2018. Disponível em: <<https://www.fertilizer.org/>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

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: 20 dez 2017.

JAMIL, M.; ZEB, S., ANEES, M., ROOHI, A., AHMED, I., UR REHMAN, S., RHA, E. S. Role of *Bacillus licheniformis* in phytoremediation of nickel contaminated soil cultivated with rice. **International Journal of Phytoremediation**, Philadelphia, v. 16, n. 6, p. 554-571, 2014.

JEONG, M. H.; LEE, Y. S.; CHO, J. Y.; AHN, Y. S.; MOON, J. H.; HYUN, H. N.; CHA, G. S; KIM, K. Y. Isolation and characterization of metabolites from *Bacillus licheniformis* MH48 with antifungal activity against plant pathogens. **Microbial Pathogenesis**, London, v. 110, p. 645-653, 2017.

KANEKO, F. H.; SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; LEAL, A. J. F.; CARNEIRO, L. F.; PAULINO, H. B. 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.; DA SILVA, R. G.; FERREIRA, V. E. N. Aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha. **Scientia Agraria Paranaense**, Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 3, p. 366-373, 2017.

KAPPES, C.; ARF, O. ; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BEM, E. A. D.; 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.

KAUSHAL, M.; KUMAR, A.; KAUSHAL, R. *Bacillus pumilus* strain YSPMK11 as plant growth promoter and biocontrol agent against *Sclerotinia sclerotiorum*. **3 Biotech**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 90, 2017.

KHAN, S.; ZAFFAR, H.; IRSHAD, U.; AHMAD, R.; KHAN, A. R.; SHAH, M. M.; BILAL, M.; IQBAL, M.; NAQVI, T. Biodegradation of malathion by *Bacillus licheniformis* strain ML-1. **Archives of Biological Sciences**, Belgrade, v. 68, n. 1, p. 51-59, 2016.

KHAN, A.; ZHAO, X. Q.; JAVED, M. T.; KHAN, K. S.; BANO, A.; SHEN, R. F.; MASOOD, S. *Bacillus pumilus* enhances tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) to combined stresses of NaCl and high boron due to limited uptake of Na⁺. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 124, p. 120-129, 2016.

LALLY, R. D.; GALBALLY, P.; MOREIRA, A. S.; SPINK, J.; RYAN, D.; GERMAINE, K. J.; DOWLING, D. N. Application of Endophytic *Pseudomonas fluorescens* and a Bacterial Consortium to *Brassica napus* Can Increase Plant Height and Biomass under Greenhouse and Field Conditions. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 8, p. 2193, 2017.

LIBÓRIO, P. H. da S.; BÁRBARO-TORNELI, I. M.; NÓBILE, F. O. de, ANUNCIÇÃO, M. G.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. da. Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada reduzida em híbridos de milho. **Nucleus**, Ituverava, v. 13, n. 2, p. 241-253, 2016.

LIN, C.; TSAI, C. H.; CHEN, P. Y.; WU, C. Y.; CHANG, Y. L.; YANG, Y. L.; CHEN, Y. L. Biological control of potato common scab by *Bacillus amyloliquefaciens* Ba01. **PloS one**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. e0196520, 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Projeções do agronegócio: Brasil 2014/2015 a 2024 a 2025: projeções de longo prazo**. 60 ed. Brasília, DF, 2015.

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

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 4. ed. São Paulo: Agronomia Ceres, 1979. 255 p.

MARQUEZ-SANTACRUZ, H. A.; HERNANDEZ-LEON, R.; OROZCO-MOSQUEDA, M. C.; VELAZQUEZ-SEPULVEDA, I.; SANTOYO, G. Diversity of bacterial endophytes in roots of mexican husk tomato plants (*Physalis ixocarpa*) and their detection in the rhizosphere. **Genetics and Molecular Research**, [S. l.], v. 9, p. 2372-2380, 2010.

MARTINS, F. A. D.; ANDRADE, A. T.; CONDÉ, A. B. T.; GODINHO, D. B.; CAIXETA, C. G.; COSTA, R. L.; POMELA, A. W. V.; SOARES, C. M. S. Avaliação de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 113-128, 2012.

MARTINS, T. G.; JÚNIOR, F.; PAIVA, S.; LUZ, L. N.; MARCO, C. A.; VÁSQUEZ, E. M. F. Inoculation efficiency of *Azospirillum brasilense* on economising nitrogen fertiliser in landrace popcorn. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 2, p. 283-290, 2018.

OCHOA-VELASCO, C. E.; VALADEZ-BLANCO, R.; SALAS-CORONADO, R.; SUSTAITA-RIVERA, F.; HERNÁNDEZ-CARLOS, B.; GARCÍA-ORTEGA, S.; SANTOS-SÁNCHEZ, N. F. Effect of nitrogen fertilization and *Bacillus licheniformis* biofertilizer addition on the antioxidants compounds and antioxidant activity of greenhouse cultivated tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheva). **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 338-345, 2016.

PADILHA, F. A.; DE RESENDE, Á. V.; MOREIRA, S. G.; GUIMARÃES, L. J. M.; GUIMARÃES, P. E. O. Produtividade de híbridos de milho sob dois níveis de tecnologia na região central de minas gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 2, p. 207-218, 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**. Brasília, DF, 2015.

PEECH, M. Exchange acidity. In: BLACK, C. A. ed. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 905-913.

PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F.; PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; FRANCO, A. A. Doses de inoculante contendo *Azospirillum brasilense* via foliar e doses de nitrogênio em cobertura em milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013, [S. l.]. **Anais...** [S. l.: s. n.], 2013. p. 1-6.

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

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RITCHIE SW, HANWAY JJ, BENSON GO. Como a planta de milho se desenvolve. **Informações Agronômicas**, Piracicaba: Potafos; 2003. (Arquivo do Agrônomo, 15).

ROCHA, R. J. de S. **Adubação nitrogenada em milho em semeadura direta e cultivo convencional na região Meio-Norte do Piauí**. 2010. 73 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2010.

RODRIGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, New York, v. 17, p.319-339, 1999.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

ROSA, P. A. L. **Acúmulo de matéria seca, extração e exportação de nutrientes por híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense***. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017.

ROSA, P. A. L.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.; SGOBI, M. A.; BELLOTTE, J. L. M.; NOGUEIRA, L. M. Índice de Clorofila foliar e acúmulo de matéria seca de plantas de milho inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense*. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Anais...** Natal: [s. n.], 2015.

RYAN, R. P.; GERMAINE, K.; FRANKS, A.; RYAN, D.J.; DOWLING, D. N. Bacterial endophytes: recent developments and applications. **FEMS Microbiology Letters**, Amsterdam, v. 278, p. 1-9, 2008.

SANTINI, J. M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.; GALINDO, F. S.; COAGUILA, D. N.; BOLETA, E. H. Doses and forms of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 6, p. 373-377, 2018.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. DE (ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 353 p.

SANTOYO, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M. DEL C.; M. GOVINDAPPA, M. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: a review. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 22, n. 8, p. 855-872, 2012.

SANTOS, P. G.; JULIATTI, F. C.; BUIATTI, A. L.; HAMAWAKI, O. T. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 5, p. 597-602, 2002.

STANCHEVA, I., DIMITROV, I.; KALOYANOVA, N.; DIMITROVA, ANGELOV, M. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense* on photosynthetic enzyme activities and grain yield in maize. **Agriculture**, [S. l.], v. 12, p. 319-324, 1992.

SIRAJUDDIN; KHAN, A.; ALI, L.; CHAUDHARY, H. J.; MUNIS, M. F. H.; BANO, A.; MASOOD, S. *Bacillus pumilus* alleviates boron toxicity in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) due to enhanced antioxidant enzymatic activity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 200, p. 178-185, 2016.

SIVASAKTHI, S.; USHARANI, G.; SARANRAJ, P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR) - *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 16, n. 9, p. 1265-1277, 2014. DOI: 10.5897/AJAR2013.7914.

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

TAHIR, H.A.S.; WU, H.; RAZA, W.; HANIF, A.; WU, L. COLMAN, M.V.; GAO, X. Plant growth promotion by volatile organic compounds produced *Bacillus subtilis* SYST2. **Frontiers in Microbiology**, London, v. 8, p. 171, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Nutrição mineral**. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 96-101.

TEIXEIRA FILHO M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; BENETT, C. G. S.; ARF, O.; SÁ, M. E. Wheat nitrogen fertilization under no till on the low altitude Brazilian Cerrado. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 37, n. 11, p. 1732-1748, 2014. Doi: 10.1080/01904167.2014.889150

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

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 274 p.

VASCONCELLOS, C. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Adução para o milho verde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. p. 1-65 (Circular Técnica, 17).

XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 63, p.153-182, 2012.

XU, Q.; PAN, W.; ZHANG, R.; LU, Q.; XUE, W.; WU, C.; SONG, B.; DU, S. Inoculation with *Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilense* Produces Abscisic Acid That Reduces Irt1-Mediated Cadmium Uptake of Roots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 66, n. 20, p. 5229-5236, 2018. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b00598.

YASMIN, S.; ZAKA, A.; IMRAN, A.; ZAHID, M.A.; YOUSAF, S.; RASUL, G.; ARIF, M.; MIRZA, M.S. Plant growth promotion and suppression of bacterial leaf blight in rice by inoculated bacteria. **PloS One**, New York, v. 11, p. 7, 2016.

YANCHEVSKAYA, T. G., GRITS, A. N., KOLOMIETS, E. I., ROMANOVSKAYA, T. V., YARULLINA, L. G., IBRAGIMOV, R. I., TSVETKOV, V. O. Stimulation of Cellular Mechanisms of Potato Antivirus Resistance by the Action of a Preparation Based on *Bacillus subtilis* Bacteria. **Applied Biochemistry and Microbiology**, New York, v. 54, n. 3, p. 324-330, 2018.

ZAMARIOLLI, L. E. R. **Inoculação de *Pseudomonas* via semente e eficiência agrônômica de fosfatos na cultura do milho**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

ZUCARELI, C.; CIL, I. R.; PRETE, C. E. C.; PRANDO, A. M. Eficiência agrônômica da inoculação à base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho. **Agrarian**, [S. l.], Dourados, v. 4, n. 13, p. 152-157, 2011.

ZHANG, J. H.; HUSSAIN, S.; ZHAO, F.T.; ZHU, L. F.; CAO, X. C.; YU, S.M.; JIN, Q. Y. Effects of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* on nitrogen transformation and enzyme activity in the rice rhizosphere. **Journal of Soils and Sediments**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 1453-1465, 2018.