



Características agrônômicas e produtividade do milho após inoculação com *Bacillus amyloliquefaciens*

Ariana Vieira Silva¹, Thiago Cardoso de Oliveira², Taís Carolina Franqueira de Toledo Sartori³, Jaqueline de Melo Gonçalves⁴, Natalia Costa⁵, Bruno César Moreira Scallì⁶

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, IFSULDEMINAS, professora pesquisadora. e-mail: ariana.silva@muz.ifsuldeminas.edu.br

² Thiago Cardoso de Oliveira. Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, IFSULDEMINAS, professor colaborador. e-mail thiagocardoso@agronomo.eng.br

³ Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, IFSULDEMINAS, professora pesquisadora. e-mail tais.toledo@muz.ifsuldeminas.edu.br

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, IFSULDEMINAS, graduada em Engenharia Agrônômica. e-mail: jaquelinemelo5453@gmail.com

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, IFSULDEMINAS, graduada em Engenharia Agrônômica. e-mail: nataliacrocga.sd@gmail.com

⁶ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, IFSULDEMINAS, graduado em Engenharia Agrônômica. e-mail: brunoscalli@gmail.com

Recebido em: 02/06/2022

Aceito em: 08/12/2022

Resumo

O milho é uma das culturas mais importantes no Brasil e, devido às suas características fisiológicas, tem alto potencial produtivo e elevada qualidade nutricional, para alimentação animal e humana. Assim sendo, objetivou-se avaliar *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 nas características agrônômicas e produtividade da cultura do milho. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com seis doses de *B. amyloliquefaciens* subsp. *Plantarum* FZB42 (0,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 mL kg⁻¹ sementes) e quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. O estudo foi realizado na área experimental de culturas anuais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, no ano agrícola 2017/18. As avaliações agrônômicas realizadas foram: altura de plantas, altura de inserção da espiga superior, diâmetro do colmo, teor de nitrogênio foliar, massa fresca da forragem, incidência de *Fusarium* na espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos e produtividade. Já as avaliações nutricionais realizadas foram: proteína bruta, cinzas, extrato etéreo, fibra bruta, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro. Em síntese, a inoculação da bactéria *B. amyloliquefaciens* subsp. *Plantarum* FZB42 em sementes de milho, independentemente da dose aplicada, não interferiu nas características agrônômicas e na qualidade nutricional da silagem de milho.

Palavras-chave: Bactéria. Inoculação. *Zea mays* L. Nutrição.

Introdução

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho (*Zea mays* L.) é o mais expressivo em produção. Segundo a Conab (2022), a safra 2021/22 foi 20,2% superior em produção em relação à safra anterior, com total de 113.272,1 mil toneladas, com área de 21.581,9 mil hectares, referente à soma da primeira, segunda e terceira safras.

Ainda, a cultura do milho forrageiro tem grande importância para microrregiões com expressão em bovinocultura, em especial para produção de leite, pois esta é uma matéria-prima com características de excelência para

ensilagem e, ainda, por possuir ótimo índice de digestibilidade e palatabilidade (PONTES, 2014).

No contexto agrícola, a redução do uso de produtos químicos ou o melhor aproveitamento destes dentro do sistema produtivo tem ganhado destaque. Neste caminho, bactérias com habilidades biotecnológicas vem despertando atenção, por se enquadrarem num modelo de agricultura sustentável, que, além de produtividade, também se preocupa com a conservação do meio ambiente (FIGUEIREDO et al., 2010).

O uso de bactérias colonizadoras de raízes de plantas com atividade promotora de crescimento

de plantas tem se mostrado uma alternativa eficiente e ecologicamente correta aos pesticidas e fertilizantes químicos (QIAO et al., 2014). As cepas de *B. amyloliquefaciens* associadas às pertencentes a subsp. *plantarum* se destacam por sua capacidade de colonizar a rizosfera vegetal, estimular o crescimento da planta e suprimir bactérias e fungos fitopatogênicos concorrentes (QIAO et al., 2014).

As bactérias do gênero *Bacillus* são gram-positivas e podem ser aeróbias, facultativas ou anaeróbias, além de serem resistentes ao calor, e a maioria delas tem exigências nutricionais simples, requerendo alguns aminoácidos e vitaminas do complexo B como fatores de crescimento (STANIER; DUODOROFF; ADELBERG, 1969). Elas formam endósporos (estruturas de resistência) e têm a habilidade de produzir antibióticos (FREITAS; PIZZINATTO, 1997). A formação de endósporos aumenta a resistência aos fatores adversos. Dessa forma, podem ser armazenados como inoculantes por um período mais longo e possuem maior tempo de permanência no solo (PETRAS; CASIDA, 1985).

A espécie da *B. amyloliquefaciens* FZB42 é tipo *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* (BORRISS et al., 2011). Esta cepa tem algumas habilidades agronômicas bem caracterizadas, como a produção de compostos indólicos (SZILAGYI-ZECCHIN et al., 2015; IDRIS et al., 2007), sideróforos (SZILAGYI-ZECCHIN et al., 2015; CHEN et al., 2007) e fitase (IDRIS et al., 2002). Contudo, não produz 1-aminociclopropano-1-carboxilase (ACC) desaminase (CUARTAS, 2010) e também não fixa nitrogênio, pois não tem em seu genoma os genes referentes a essa característica (CHEN et al., 2007).

Assim sendo, objetivou-se avaliar *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 nas características agronômicas e produtividade da cultura do milho.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho, no ano agrícola de 2017/2018. A área experimental possui solo tipo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico (SANTOS et al., 2018) e está situada a 1020 m de altitude, latitude 21°22'33" Sul e longitude 46°31'32" Oeste. A classificação climática predominante da região, segundo Köppen (1948), é clima tropical de altitude, caracterizado com verão chuvoso e inverno mais ou menos seco. A temperatura média e a precipitação pluvial média anual são de 21,37°C e 1.600 mm, respectivamente (APARECIDO et al., 2014).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), sendo avaliadas seis doses de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 (0,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 mL kg⁻¹ sementes) com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Para tanto, foi adotado o híbrido simples de milho transgênico 2B587RR, dupla aptidão, precoce, de grãos semidentados amarelo-alaranjados, tolerante ao herbicida de molécula glifosato, e com uma população de 80 mil plantas ha⁻¹.

As parcelas experimentais contaram com seis linhas de 5,0 m de comprimento por 3,6 m de largura, espaçadas a 0,6 m umas das outras, considerando que a área total de cada parcela experimental foi de 18,0 m² e, das quatro linhas centrais, duas foram utilizadas para avaliação da silagem e duas para grãos.

Inicialmente, foi realizada a amostragem de solo do campo experimental de modo a caracterizar sua fertilidade em setembro de 2017 (Tabela 1), em outubro o solo foi preparado de forma convencional para receber as sementes. Em novembro, as sementes de milho forrageiro foram inoculadas com a bactéria *B.*

Tabela 1 - Atributos químicos do solo, na profundidade de 0-20 cm, antes da semeadura do experimento. Muzambinho – MG, ano agrícola 2017/18.

Prof.	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	P-rem	V	M	M.O.
	água	mg/dm ³		-----	cmolc/dm ³	-----	mg/L	-----	%	---	dag/kg		
0-20 cm	6,32	42,9	157	0,00	5,55	1,25	1,84	7,2	9,0	17,5	79,6	0	2,23

Métodos de extração: pH: água; M.O.: S. Sulfurosa; P, K, Cu, Fe, Mn, Zn: Mehlich-I; P-rem: CaCl₂; Ca, Mg, Al: KCl; H+Al: Tampão SMP; B: Água Quente.

amyloliquefaciens subsp. *plantarum* FZB42 por ocasião da semeadura.

Na semeadura, utilizou-se 500 kg ha⁻¹ da formulação 04-14-08 e 138 kg ha⁻¹ de KCl após recomendação e, em cobertura, aos 26 dias após a semeadura (DAS), no estágio V4, quando foram identificadas plantas com quatro folhas visíveis e expandidas, 700 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (20%).

O controle de plantas daninhas foi realizado com uma capina aos 15 DAS e o herbicida em pós-emergência nicosulfuron na dose de 1,25 L ha⁻¹ de produto comercial, aos 28 DAS. O manejo fitossanitário foi realizado com duas aplicações de inseticidas, a primeira aos 16 DAS com inseticida tiametoxam + lambda-cialotrina na dose de 250 mL ha⁻¹ de produto comercial, a segunda aos 37 DAS com clorpirifós na dose de 1 L ha⁻¹ de produto comercial.

Por ocasião do florescimento masculino das plantas de milho, fase VT (FANCELLI, 2015), foram marcadas dez plantas na área útil de cada parcela experimental, para as seguintes avaliações: altura das plantas (ALT; cm), medida com uma régua graduada do colo da planta até a inserção da folha bandeira; altura de inserção da espiga superior (ALTINS; cm), medida com uma régua graduada do colo da planta até a inserção desta; diâmetro do colmo (DC; mm), medido com um paquímetro digital no segundo internódio de baixo para cima; teor de nitrogênio (N) foliar (NFOLIAR; g kg⁻¹), determinado por meio da coleta da folha inteira, oposta e abaixo da espiga superior, retirando-se a nervura central das folhas, secas em estufa e moídas em

moinho tipo Willey e, posteriormente, analisadas quimicamente para determinação do teor de N foliar (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989).

A colheita do híbrido de milho como forragem foi realizada em duas linhas úteis de 5,0 m aos 114 DAS, cortados a 20 cm do solo, no estágio compreendido entre R4 e R5 (FANCELLI, 2015), ou seja, quando os grãos estavam entre farináceo e farináceo-duro. O total de plantas inteiras de cada parcela foi pesado para a determinação da massa fresca da forragem (MFF) em t ha⁻¹, em seguida triturado em ensiladora tratorizada, em partículas de 5 a 6 cm de comprimento. Após a homogeneização do total triturado, cada parcela foi ensilada no mesmo dia da colheita, em minissilos confeccionados a partir de tubos de PVC com 50 cm de comprimento e 100 mm de diâmetro. As amostras ensiladas foram compactadas, os tubos vedados e armazenados na sombra durante 45 dias, para que o processo de fermentação da silagem fosse realizado.

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata no Laboratório de Bromatologia e Água do IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho. A umidade 105°C (U105) foi determinada segundo a técnica gravimétrica, com o emprego do calor em estufa ventilada à temperatura de 105°C, com verificações esporádicas até obtenção de massa constante, segundo a AOAC (2016); proteína bruta (PB), para determinação do teor de nitrogênio por destilação em aparelho de Microkjedahl (AOAC, 2016), usando o fator 6,25 para o cálculo do teor de proteína bruta; cinzas (CINZ), material mineral fixo ou fração cinza, determinadas gravimetricamente

avaliando a perda de massa do material submetido ao aquecimento a 550°C em mufla (AOAC, 2016); extrato etéreo (EE) extraído pelo método de Goldfish (AOAC, 2016); fibra bruta (FB) pelo método gravimétrico após a hidrólise ácida (KAMER; GINKEL, 1952); fibra detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) determinadas por método gravimétrico por SILVA (1990).

No estádio R6, caracterizado como maturação fisiológica (FANCELLI, 2015), foram colhidas as espigas de seis plantas em cada uma das duas linhas úteis, ou seja, as espigas de 12 plantas por parcela, quando os grãos continham aproximadamente 18 a 21% de umidade para as seguintes avaliações: número de fileiras por espiga (NFIL); número de grãos por espiga (NGRÃOS); massa de 1000 grãos em g (M1000), obtida do total de grãos oriundos da debulha de todas as espigas das 12 plantas de cada parcela, com retirada de quatro amostras ao acaso, as quais foram submetidas à pesagem; e produtividade de grãos (PROD; t ha⁻¹).

Por ocasião da colheita das espigas, foi realizada avaliação da severidade de podridão da espiga. Esta severidade foi avaliada por uma escala diagramática que estima a porcentagem da área da espiga com sintomas de podridão (*Fusarium*), caracterizados pela cobertura com micélio de coloração branco a róseo e pela presença de grãos escurecidos e/ou com estrias brancas no pericarpo. Essa escala compreende sete notas, sendo 1 = 0% – área da espiga sem sintomas –, 2 = 1 a 3%, 3 = 4 a 10%, 4 = 11 a 25%, 5 = 26 a 50%, 6 = 51 a 75% e 7 = 76 a 100% de área da espiga exibindo sintomas visíveis de infecção (AFOLABI et al., 2007).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey (5%), utilizando-se o programa SISVAR® versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

De acordo com a Tabela 2, observa-se que não houve resposta significativa das diferentes doses utilizadas de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 para os parâmetros avaliados: altura de plantas, altura de inserção da espiga superior, diâmetro de colmo, teor de N foliar e massa fresca da silagem.

Para todas as doses, o híbrido de milho utilizado cresceu em altura acima da sua caracterização apresentada por Pereira Filho e Borghi (2020), que é de 205 cm (Tabela 2). No trabalho conduzido por Szilagyi-Zecchin et al. (2015), em ensaio in vitro com plântulas de tomate inoculados com *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42, verificou-se o crescimento de plantas. Gaspareto (2018) afirma em estudos realizados que *B. amyloliquefaciens* aumenta a extração de cálcio, que é o elemento químico responsável pela formação de parede celular.

O resultado da altura de inserção da espiga superior está diretamente relacionado com o crescimento, e este é definido pelos teores ótimos de ácido indol acético (auxinas) produzidos pela planta e também pela capacidade de absorver água e nutrientes. Porém, de acordo com Pereira Filho e Borghi (2020), o contrário foi verificado para a altura de inserção da espiga superior, que é caracterizada como de 105 cm, mas os valores no presente estudo foram inferiores, mesmo com maiores alturas de plantas (Tabela 2).

Estudos de Balbinot (2018), utilizando o *Bacillus* spp., comprovaram que esse gênero pode influenciar diretamente no diâmetro do colmo, porém, quando associado com adubação nitrogenada parcelada, que não foi o caso da utilização no presente estudo, resulta em diâmetros do colmo similares independentemente da dose utilizada (Tabela 2).

Os valores encontrados para o teor de nitrogênio foliar foram similares (Tabela 2) e

Tabela 2 - Altura (ALT; cm), altura de inserção da espiga (ALTINS; cm), diâmetro do colmo (DC; mm), teor de N foliar (NFOLIAR; g kg⁻¹) e massa fresca da silagem (MVS; t ha⁻¹) do milho em função das diferentes doses de *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42. Muzambinho-MG, 2017/18.

Dose (mL kg ⁻¹ semente)	ALT (cm)	ALTINS (cm)	DC (mm)	NFOLIAR (g kg ⁻¹)	MFS (t ha ⁻¹)
0,0	231,95	92,30	27,38	34,40	26,50
2,5	226,50	92,40	27,45	33,83	24,05
5,0	233,03	94,65	28,18	33,63	27,95
7,5	241,58	95,38	28,25	34,80	27,85
10,0	233,23	96,08	28,45	34,53	28,33
12,5	231,33	97,63	28,88	34,48	27,20
F (%)	0,5245 ^{ns}	0,7289 ^{ns}	0,2703 ^{ns}	0,5172 ^{ns}	0,9362 ^{ns}
CV (%)	4,51	5,91	3,47	2,81	23,59

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

estão dentro do adequado (27-35 g kg⁻¹) de acordo com Cantarella, Rajj e Camargo (1997). Gaspareto (2018) também não verificou diferença no teor de nitrogênio foliar entre os tratamentos inoculados e não inoculados com diferentes espécies de *Bacillus*. Para a massa fresca da forragem (Tabela 2), os valores observados foram baixos, pois, conforme Valente et al. (1991), esta deve ser acima de 30 t ha⁻¹.

Observando os dados obtidos na Tabela 3, como severidade de *Fusarium* nas espigas, número de fileiras nas espigas, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos e produtividade

de grãos, verifica-se que não houve diferença estatística entre as doses testadas.

Independentemente da dose utilizada do *B. amyloliquefaciens*, o controle da podridão por *Fusarium* não foi diferenciado, persistindo em todas as doses nos grãos avaliados (Tabela 3), ao contrário do observado por Ferreira et al. (2021), que afirmam que a utilização de *Bacillus* spp. é promissora para a cultura do milho no controle de *Fusarium*.

Na Tabela 3 não há diferença de número de fileiras de grãos em relação às doses de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42

Tabela 3 – Notas para severidade de *Fusarium* na espiga (FUSARIUM), número de fileiras por espiga (NFIL), número de grãos por espiga (NGRÃOS), massa de 1000 grãos (M1000G; g) e produtividade de grãos (PROD; t ha⁻¹) do milho em função das diferentes doses de *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42. Muzambinho-MG, 2017/18.

Dose (mL kg ⁻¹ semente)	FUSARIUM (%)	NFIL	NGRÃOS	M1000G (g)	PROD (t ha ⁻¹)
0,0	1,32	16,63	30,10	370,50	12,16
2,5	2,41	16,45	26,50	335,15	9,68
5,0	3,47	17,25	30,50	352,98	12,54
7,5	1,02	16,38	29,93	422,18	14,00
10,0	3,78	17,10	30,53	365,45	12,87
12,5	1,05	16,25	28,15	344,93	10,59
F (%)	0,3187 ^{ns}	0,4879 ^{ns}	0,8156 ^{ns}	0,2916 ^{ns}	0,2751 ^{ns}
CV (%)	100,09	5,08	16,74	14,42	22,17

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

utilizadas. Oliveira Júnior (2021) não observou ganho em número de fileiras de grãos de milho quando da utilização de *B. amyloliquefaciens*, da mesma forma também verificado por Ferreira e Lange (2018), avaliando a eficiência de aplicação de *B. amyloliquefaciens* via foliar e no sulco de plantio.

O número de grãos por fileira não teve interferência de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 utilizado, diferentemente do observado por Oliveira Júnior (2021) e Ferreira e Lange (2018). Andreotti et al. (2008) verificaram que a inoculação das sementes com outras bactérias do gênero *Bacillus* aumentou a massa de mil grãos. Ao contrário, foi observado por Ferreira e Lange (2018) com *B. amyloliquefaciens*, mas aplicado via foliar e no sulco de plantio, assim como observado no presente estudo (Tabela 3).

Quanto à produtividade de grãos, os tratamentos não se diferiram entre si (Tabela 3). Estudos realizados por Lima et al. (2011) concluíram que a inoculação das sementes de milho com bactérias do gênero *Bacillus* melhora o desenvolvimento da planta e aumenta a produtividade de grãos, o que não foi encontrado na aplicação de *B. amyloliquefaciens* via foliar e no sulco de plantio por Ferreira e Lange (2018).

Após analisar as características bromatológicas, pode-se observar que não houve diferença estatística entre as doses de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 (Tabela 4).

De acordo com Marcondes et al. (2012), os valores adequados para proteína bruta são entre 7 e 10%, sendo assim, em todos os tratamentos os valores não estão adequados, sendo inferiores e estatisticamente iguais independentemente da dose de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 utilizada (Tabela 4).

Os teores de cinzas obtidos na presente pesquisa foram similares entre as diferentes doses empregadas (Tabela 4), e não estão dentro do desejado, conforme estudos realizados por Assis et al. (2014), que variam de 4,02 a 4,62%.

Segundo o NRC (2001), os teores de extrato etéreo no alimento para ruminantes não devem ultrapassar 7%, pois pode ocorrer diminuição da fermentação ruminal, da digestibilidade da fibra e da taxa de passagem do alimento. Desta forma, os teores de extrato etéreo obtidos no presente trabalho são adequados para todas as doses que não diferiram entre si (Tabela 4). Mas, considerando os estudos de Marcondes et al. (2012), estes apontam que os valores adequados para o extrato etéreo são entre 2 e 5%, o que foi

Tabela 4 - Proteína bruta (PB; %), cinzas (CINZ; %), extrato etéreo (EE; %), fibra bruta (FB; %), fibra em detergente neutro (FDN; %) e fibra em detergente ácido (FDA; %) do milho em função das diferentes doses de *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42. Muzambinho-MG, 2017/18.

Dose (mL kg ⁻¹ semente)	PB (%)	CINZ (%)	EE (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)
0,0	4,99	3,46	2,03	21,26	39,59	22,16
2,5	5,19	3,60	1,79	19,04	47,65	21,38
5,0	4,67	3,86	1,79	21,59	41,79	22,20
7,5	5,07	3,46	1,85	18,73	38,29	19,78
10,0	5,13	3,45	2,10	18,45	40,77	19,16
12,5	5,20	3,39	2,24	18,60	40,18	25,37
F (%)	0,4952 ^{ns}	0,8560 ^{ns}	0,6100 ^{ns}	0,3433 ^{ns}	0,6798 ^{ns}	0,3675 ^{ns}
CV (%)	8,18	16,66	22,09	13,18	20,04	18,87

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

obtido na testemunha e nas doses de 10,0 e 12,5 mL kg⁻¹ semente de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 utilizadas.

Ensminger, Oldfield e Heinemann (1990) indicam valores médios de 24,5% para fibra bruta (FB), valores estes superiores aos do presente estudo, os quais foram estatisticamente iguais (Tabela 4). Valores acima de 60% de FDN, segundo Van Soest (1994), correlacionam-se de maneira negativa com o consumo, enquanto os valores de FDA acima de 35% reduzem a digestibilidade. Sendo assim, os valores de FDA e FDN obtidos no presente trabalho são adequados para o consumo animal (Tabela 4), por estarem inferiores a estes em todos os tratamentos, os quais não diferiram entre si (Tabela 4). Segundo dados de Pereira (2016), os valores considerados ideais para essa FDN devem ficar entre 45 e 52% da matéria seca, apenas verificado na dose de 2,5 mL kg⁻¹ semente de *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 utilizado (Tabela 4).

Conclusões

A inoculação da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 em sementes de milho, independentemente da dose aplicada, não interferiu nas características agrônomicas, produtividade de grãos ou na qualidade nutricional da silagem de milho.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, pelo apoio estrutural, financeiro e técnico para a condução do experimento. À Cooperativa Escola dos Alunos da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho – COOPAM, pelo apoio financeiro. Aos professores que contribuíram em todos os sentidos para o desenvolvimento deste trabalho e ao Grupo de Estudos em Agropecuária por todo apoio técnico.

Referências

AFOLABI, C. G.; OJIAMBO, P. S.; EKPO, E. J. A.; MENKIR, A.; BANDYOPADHYAY, R. Evaluation of maize inbred lines for resistance to *Fusarium* ear rot and fumonisin accumulation in grain in tropical Africa. **Plant Disease**, v. 91, n. 3, p. 279-286, 2007. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-91-3-0279>

ANDREOTTI, M.; LODO, B. N.; BASSO, F. C.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S. Avaliação da eficiência agrônômica do inoculante Rizofós contendo *Pseudomonas fluorescens* em cultivo de milho safrinha. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2010, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: SBCS, 2008.

AOAC – Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 20. ed. Washington, 2016. 3172 p.

APARECIDO, L. E. O.; GASPAR N. A.; SOUZA P. S. de; BOTELHOT. G. Análise climática para a região de Muzambinho –MG. In: WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA, 9., 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Jb, 2014. p. 97-104.

ASSIS, F. B. de; BASSO, F. C.; LARA, E. C.; RAPOSO, E.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; FERNANDES, L. de O.; RABELO, C. H. S.; REIS, R. A. Caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho para silagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 2869-2882, 2014. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/10912> Acesso em: 04 nov. 2021.

BALBINOT, W. G. **Inoculação de *Bacillus* sp. na cultura do milho (*Zea mays* L.) como promotor de crescimento**. 2018. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia)

– Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Curitibanos, 2018.

BORRIS, R. CHEN, X. H.; RUECHERT, C.; BLOM, J.; BECKER, A.; BAUMGARTH, B.; FAN, B.; PUKALL, R.; SCHUMANN, P.; SPRÊER, C.; JUNGE, H.; VATER, J.; PÜHLER, A.; KLENK, H. P. Relationship of *Bacillus amyloliquefaciens* clades associated with strains DSM7T and FZB42T: a proposal for *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *amyloliquefaciens* subsp. nov. and *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* subsp. nov. based on complete genome sequence comparisons. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 61, p. 1786-1801, 2011. Disponível em: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/ijsem/10.1099/ijs.0.023267-0> Acesso em: 23 out. 2021.

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).

CHEN, X. H.; KOUMOUTSI, A.; SCHOLZ, R.; EISENREICH, A.; SCHNEIDER, K.; HEINEMEYER, I.; MORGENSTERN, B.; VOSS, B.; HESS, W. R.; REVA, O.; JUNGE, H.; VOIGT, B.; JUNGBLUT, P. R.; VATER, J.; SÜSSMUTH, R.; LIESEGANG, H.; STRITTMATTER, A.; GOTTSCHALK, G. E BORRIS, R. Comparative analysis of the complete genome sequence of the plant growth promoting bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Nature Biotechnology**, v. 25, n. 9, p. 1007-1014, 2007. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nbt1325> Acesso em: 23 nov. 2021.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília: CONAB, v. 9, n. 12, set. 2022. 88 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos> Acesso em: 05 nov. 2022.

CUARTAS, C. A. R. **Exploring the relation between plant phosphorus nutrition and growth promotion by *Bacillus subtilis/amyloliquefaciens* Strains**. 72 f. Dissertação (Doutorado em Fisiologia) – University of Auburn, Auburn, 2010.

ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. Composition of feeds. In: ENSMINGER, M. E. et al. (Eds.). **Feeds & Nutrition**. Clovis: Ensminger Publishing, 1990. p. 1265-1511.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia fenologia e implicações básicas de manejo. In: GALVÃO, J. C. C.; BORM, A.; PIMENTEL M. A. (Ed.). **Milho: do plantio colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 50-76.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh> Acesso em: 04 nov. 2021.

FERREIRA, T. C.; LAGO, L. do; SILVA, L. G.; PACIFICO, M. G.; FARIA, M. R. de; BETTIOL, W. Potencial de *Bacillus* spp. em promover o crescimento e controlar *Fusarium verticillioides* em milho. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 4, p. 195-203, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/FF9ZvRPRXwH9NrwMHG3WDvK/>. Acesso em: 02 dez. 2021.

FERREIRA, D. S. A.; LANGE, A. Avaliação da eficiência de aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* (BAL) via foliar e no sulco de plantio na promoção de crescimento e parâmetros de produtividade do milho. In: SEMANA ACADÊMICA DE SINOP, 5. 2018, Sinop. **Sistema de Eventos Acadêmicos da UFMT**, Sinop, 2018.

FIGUEIREDO, M. do V. B.; SELDIN, L.; ARAUJO, F. F. de.; MARIANO, R. de L. R. Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and

applications. In: MAHESHWARI, D. (eds). **Plant Growth and Health Promoting Bacteria**. Microbiology Monographs, v. 18. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010.

FREITAS, S. S.; PIZZINATTO, M. A. Ação de rizobactérias sobre a incidência de *Colletotrichum gossypii* e promoção de crescimento em plântulas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). **Summa Phytopathologica**, v. 23, n. 1, p. 36-41, 1997.

GASPARETO, R. N. **Formas de inoculação com bactérias promotoras de crescimento na nutrição e desempenho agrônômico de milho no cerrado**. 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração: Sistema de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2018.

IDRIS, E. E.; MAKAREWICZ, O.; FAROUK, A.; ROSNER, K.; GREINER, R.; BOCHOW, H.; RICHTER, T.; BORRISS, R. Extracellular phytase activity of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB 45 contributes to its plantgrowth-promoting effect. **Microbiology**, v. 148, p. 2097-2109, 2002. Disponível em: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/micro/10.1099/00221287-148-7-2097> Acesso em: 28 nov. 2021.

IDRIS, E. E.; IGLESIAS, D. J.; TALON, M.; BORRISS, R. Tryptophan dependente production of indole-3-acetic acid (IAA) affects level of plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Molecular Plant-Microbe Interactions Journal**, v. 20, n. 6, p. 619-626, 2007. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/MPMI-20-6-0619> Acesso em: 28 nov. 2021.

KAMER, J. H. van de; GINKEL, L. van. Rapid determination of crude fiber in cereais. **Cereal Chemistry**, v. 29, n. 4, p. 239-251, 1952.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con um estúdio de los climas de La Tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LIMA, F.; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. do V. B.; ARAUJO, F. F. de; LIMA, L. M.; ARAUJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 657-661, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MARCONDES, M. M.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; ROSRIO, J. G. do; FARIA, M. V. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.2, p.173- 192, 2012. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1461> Acesso em: 04 nov. 2021.

NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 8. ed. National Research Council. Washington: National Academy, 2001. 381 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, F. **Acompanhamento da multiplicação on farm de bactérias promotoras de crescimento e sua eficiência na cultura do milho em empresa de bioinsumos no oeste da Bahia**. 41 f. Relatório (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2021.

PEREIRA, J. R. A. **Entendendo a qualidade da sua silagem**. 2016. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/54/entendendo-a-qualidade-da-sua-silagem> Acesso em: 09 nov. 2020.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho**: nova safra, novas cultivares e

contínua a dominância dos transgênicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 59 p. (Documentos, 251). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1122744/1/Doc-251.pdf> Acesso em: 05 nov. 2022.

PETRAS, S. F.; CASIDA, L. E. J. Survival of *Bacillus thuringiensis* spores in soil. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 50, n. 6, p. 1496-1501, 1985. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC238786/pdf/aem00146-0164.pdf> Acesso em: 30 nov. 2021.

PONTES, L. **A cultura do milho forrageiro**. 2014. Disponível em: <https://associacaoagricola.dailhadasflores.blogs.sapo.pt/a-cultura-do-milho-forrageiro-8172> Acesso em: 03 out. 2020.

QIAO, J.Q.; WU, H. J.; HUO, R.; GAO, X. W.; BORRISS, R. Stimulation of plant growth and biocontrol by *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 engineered for improved action. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 1, n. 12, p.1-14, 2014. Disponível em: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-014-0012-2> Acesso em: 04 nov. 2021.

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; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. *Online*. EMBRAPA: Brasília, 5. ed., ver. e ampl., 2018.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 2. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, Viçosa, MG, 1990. 165 p.

STANIER, R. Y., DUODOROFF, M., ADELBERG, E. A. **Mundo dos micróbios**. São Paulo: Edgard Blücher, USP, 1969.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; MÓGOR, Á. F.; RUARO, L.; RÖDER, C. Crescimento de mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) estimulado pela bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 em cultura orgânica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n.1, p. 26-33, 2015. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16865> Acesso em: 12 nov. 2021.

VALENTE, J. O. Introdução. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Milho para silagem**: tecnologias, sistemas e custo de produção. Sete Lagoas: EMBRAPA - CNPMS, 1991. p. 5-7. (Circular Técnica, 14).

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.