

RELAÇÕES DE CAUSA E EFEITO, ABORDAGEM MULTIVARIADA PARA INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* NO MILHO

Priscila Ferreira Batista¹

Luiz Leonardo Ferreira²

Cleia Simone Ferreira³

Ariana Bertola Carnevale⁴

RESUMO

Bactérias benéficas à cultura do milho, como o *Azospirillum brasilense*, podem trazer ganhos consistentes para o agricultor. Neste sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar as relações de causa e efeito e abordagem multivariada da inoculação de *Azospirillum brasilense* em genótipos de milho. O estudo foi realizado no município de Mineiros-GO, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 12x2, correspondente a doze híbridos de milho (20A78, 2B587, 2B610, 30F53, CD3770, CD384, DKB310, LG36701, LG6030, MG652, P3646 e PB9110), submetidos a (ausência e presença) de *A. brasilense*. O preparo do solo foi realizado no sistema convencional com população de 60 mil plantas. No utilizado o formulado 8-25-15 na dose de 480 kg ha⁻¹. O controle de pragas foi realizado quando necessário. Ao termino do experimento foram tomadas as variáveis. Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. As análises foram realizadas na interface Rbio do R e Genes. O resumo da análise de variância com o quadrado médio QM e significância pelo teste F, revelou interação significativa entre híbrido x *A. brasilense*. Os híbridos de milho apresentaram maior expressividade nos componentes de rendimento na presença de *Azospirillum brasilense* aplicado no tratamento de sementes. O número de grãos por espiga e o peso de mil grãos foram os responsáveis diretamente pelo aumento do rendimento dos híbridos de milho tanto na presença como na ausência de *Azospirillum brasilense*.

Palavras-Chave: Análise de trilha, variáveis canônicas, efeitos diretos e indiretos.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família *Poaceae* e é uma espécie originária da América do Norte, com centro de origem genética no México, sendo destinada ao consumo *in natura* para alimentação animal e humano (SILVEIRA et al., 2015). O milho também contribui para competitividade de importantes cadeias produtivas como a de carnes e permite que o Brasil

¹ Pós-doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano, bolsista do programa pós-doutorado júnior CNPq - Brasil (154958/2018-2), priscilafferreira.bio@gmail.com;

² Docente titular do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, leogrozo@hotmail.com;

³ Docente adjunto do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, cleiasimone@unifimes.edu.br;

⁴ Docente adjunto do Centro Universitário de Mineiros (Mestre) - UNIFIMES, ariana@unifimes.edu.br;

forneça esse alimento para importantes mercados de consumo (FREITAS et al., 2017). Nos últimos anos, a cultura do milho, no Brasil, vem passando por importantes mudanças no manejo e nos tratamentos culturais, o que tem resultado em aumentos significativos na produtividade de grãos (FARINELLI e CERVEIRA JUNIOR, 2015).

O cenário do milho segunda safra nos últimos anos tem se modificado, visto que na década de 1980, era pouco representativo, associado a baixas produtividades. Porém, devido ao alcance de avanços tecnológicos, tornou-se uma das culturas com maior crescimento em produtividade e expansão de área cultivada no Brasil. Tem sido cultivado geralmente após a soja precoce, onde tem sido considerado a safra principal para muitos produtores (CORSINI, 2018).

Na safra de 2017/18, o Brasil produziu 87.279,0 mil t de grãos de milho, sendo que a primeira safra atingiu 25.121,2 mil t de grãos, 28,8% da produção total de milho, e a segunda safra com 62.158,1 mil t de grãos de milho, 71,2% da produção total de milho (CONAB, 2018).

O uso de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento de plantas pode ser uma das alternativas existentes para aumentar a eficiência do uso de fertilizantes químicos, podendo levar à diminuição da quantidade aplicada em ambientes de produção agrícola (SPOLAOR et al., 2016).

Bactérias benéficas à cultura do milho, como o *Azospirillum brasilense*, podem trazer ganhos consistentes para o agricultor sem a necessidade de grandes investimentos com fertilizantes químicos, particularmente os nitrogenados. Ensaio realizado em Londrina e Ponta Grossa constataram ganho médio de produtividade de 24% a 30% de incremento nos rendimentos em relação ao controle não inoculado (RIBEIRO, 2015).

De acordo com Dall'agnol et al. (2018), a inoculação do milho com *Azospirillum*, seja via sementes, via sulco de semeadura ou via aplicação foliar, aumenta a eficiência de uso do fertilizante nitrogenado, o que, a depender de certas condições, pode permitir a redução da quantidade de N aplicada em cobertura ao milho. O percentual de redução vai depender do nível tecnológico empregado, do potencial produtivo e dos riscos climáticos à lavoura.

A bactéria *Azospirillum* é uma bactéria de vida livre no solo, que apresenta boa capacidade de fixação biológica de nitrogênio associativa com as plantas, mas sem a complexidade da formação de nódulos. Acredita-se que a população de *Azospirillum* pode variar de híbrido para híbrido, em função das diferentes características qualitativas e quantitativas dos exsudatos radiculares (CADORE, 2016).

Sendo assim avaliações que pontuem qual a real influência da bactéria na planta, é de extrema relevância; saber de qual forma e em qual momento do seu desenvolvimento a planta está sendo beneficiada pode ser um importante instrumento para o emprego correto da tecnologia e uma maior adoção, principalmente pela cadeia produtiva, da inoculação de plantas com bactérias promotoras de crescimento (CORSINI, 2018). Neste sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar as relações de causa e efeito e abordagem multivariada da inoculação de *Azospirillum brasilense* em genótipos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental Luiz Eduardo de Oliveira Sales, no município de Mineiros-GO, situado entre as coordenadas geográficas de 17°34'10'' latitude Sul e 52°33'04'' longitude Oeste, com altitude média de 760 m. Durante a condução do experimento foi verificada as médias de temperatura 20.55°C, umidade relativa do ar de 80%, ponto de orvalho de 16.9°C, pressão atmosférica de 934,25 hPa, velocidade do vento de 0.75 m s⁻¹, e pluviosidade de 608.8 mm (INMET, 2017). A área experimental é classificada como clima do tipo Aw quente a seco (COPPEN,1943). O solo da área experimental foi classificado NEOSSOLO Quartzarenico, com textura média, topografia suavemente ondulada a plana e boa limitada (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 12x2, totalizando 24 tratamentos, correspondente a doze híbridos de milho (20A78, 2B587, 2B610, 30F53, CD3770, CD384, DKB310, LG36701, LG6030, MG652, P3646 e PB9110), submetidos a (ausência e presença) de *A. brasilense* formulado com as cepas Ab-V5 e Ab-V6 com concentração de células viáveis de 10×8² no tratamento de semente, em 4 repetições, totalizando 80 unidades experimentais, onde cada unidade foi composta de 3 linhas de 1.5 m de comprimento distanciadas a cada 0.5 m e densidade de 4 grãos por m linear, relacionando uma população de 60.000 plantas ha⁻¹. As principais características morfoagronômicas dos híbridos de milho estão descritas (Tabela 1).

Tabela 1. Principais características morfoagronômicas dos híbridos de milho avaliados. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Nomenclatura		Ciclo ¹	Grãos		
Comercial	Comum		PMG ²	Cor ³	Textura ⁴
20A78 PW	20A78	SP	300-400	AM-AL	SMDURO
2B533 PW	2B587	P	300-400	AM-AL	SMDENT

2B610 PW	2B610	SP	300-400	AM-AL	SMDENT
30F53 VYHR	30F53	P	330	AM-AL	SMDENT
CD 3770 PW	CD3770	P	300-400	AM-AL	SMDURO
CD 384 PW	CD384	P	300-400	AL	SMDURO
DKB 310 PRO 3	DKB310	SMP	404	AM-AL	SMDURO
LG 36701 VT PRO 2	LG36701	P	300-400	AL	SMDURO
LG 6030 VT PRO2	LG6030	P	300-400	AL	SMDENT
MG652 PW	MG652	P	300-400	AM-AL	SMDURO
P3646 YHR	P3646	P	345	AM-AL	SMDURO
RB 9110 PRO	PB9110	SP	300-400	AM-AL	SMDURO

¹Ciclo: SP-superprecoce; P-precoce; SMP-semiprecoce. ²PMG: peso de mil grãos (g). ³Cor do grão: AL-alaranjado; AM-amarelo; LR-laranja. ⁴Textura do grão: SMDENT-semidentado; SMDURO-semiduro.

Antes da instalação do experimento foi realizada coleta e análise de solo na camada superficial de 0-20 cm verificando-se as seguintes características: potencial de hidrogênio 4.1; fósforo 3 em mg dm⁻³; potássio 0.6, cálcio 5, magnésio 3, alumínio 4, acidez potencial 29, soma de bases 8.6, capacidade de troca catiônica 37.6 e saturação de base 22.94 em mmol_c dm⁻³; argila 80, silte 30 e areia 890 em g dm⁻³. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UNIFIMES, segundo metodologia de (EMBRAPA, 2009).

O preparo do solo foi realizado no sistema convencional realizando aração com grade aradora e gradagem com niveladora (FERREIRA et al., 2019b). A semeadura foi realizada simultaneamente no sulco, sendo de forma manual a distribuição dos grãos. A adubação convencional de plantio foi realizada no dia 17/02/2017, com a utilização do mineral NPK da formula 8-25-15 com uma dose de 480 kg ha⁻¹.

Durante a execução do experimento se fez a aplicação de BT Control[®] no dia 17/04/2017, Connect[®] em 29/04/2017 além da aplicação de Roundup Original DI[®] em 04/03/2017 e o fertilizante Freefós[®], em 11/03/2017. Para estas foi utilizado pulverizador costal de pressão constante de 2,0 bar (CO₂), do tipo cone, aplicando um volume de calda de 335 L ha⁻¹, nas horas amenas do dia, com temperatura média ambiente de 25°C, umidade relativa do ar acima de 60% e ventos inferiores a 5 km h⁻¹.

Ao termino do experimento foram tomadas: altura de planta (ALP) em m, altura de inserção da espiga (ALE) em m, diâmetro de colmo (DIC) em cm, índice de área foliar (IAF) em cm² planta⁻¹, diâmetro da espiga sem palha (DSP) em cm, comprimento da espiga sem palha (CSP) em cm, diâmetro da espiga com palha (DCP) em cm, comprimento da espiga com palha (CCP) em cm, número de fileiras por espiga (NFE) em unid, número de grãos por fileira (NGF) em unid, número de grãos por espiga (NGE) em unid, peso de mil grãos (PMG) em g, e rendimento (REN) sc ha⁻¹ dos híbridos de milho (BENINCASA, 2004).

Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. Após, realizou-se a análise de variância com a finalidade de identificar a interação entre os híbridos de milho na ausência e presença do *A. brasilensis*, ao verificar interação significativa estas foram desmembradas aos efeitos simples e principal através do teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Posteriormente as variáveis desmembradas na presença e ausência de *A. brasilensis* foram submetidas a correlação linear de Pearson com intuito de compreender a tendência de associação, sendo sua significância baseada a 5% de probabilidade pelo test t. Na sequência a análise de trilha foi realizada a partir da matriz de correlação fenotípica, considerando o REN como a variável dependente e ALP, DIC, IAF, NGE e PMG como explicativas. Identificada a presença de elevada multicolinearidade dentre os dados, procedeu-se à análise de trilha sob multicolinearidade, com posterior ajuste do fator k aos elementos da diagonal da matriz de correlação. Após procedeu-se a dissimilaridade genética pelo algoritmo de *Mahalanobis* onde ponderou-se a matriz dos resíduos, construindo-se o dendrograma das distâncias através do agrupamento UPGMA, posteriormente empregou-se o método das variáveis canônicas *biplot* onde possibilitou visualizar a variabilidade geral do experimento e as tendências multivariadas. As análises foram realizadas na interface Rbio e R (BHERING, 2017), além do Software Genes (CRUZ, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância com o quadrado médio QM e significância pelo teste F, revelou interação significativa entre híbrido x *A. brasilense* nas variáveis de altura de planta ALP, altura de inserção da espiga ALE, índice de área foliar IAF, diâmetro da espiga sem palha DSP, número de fileiras por espiga NFE, número de grãos por fileira NGF, número de grãos por espiga NGE, peso de mil grãos PMG e rendimento REN ($p < 0,01$) (Tabela 1). Corroborando com Arantes et al. (2017), Brito (2019), Ferreira et al. (2019a), Arantes et al. (2017), Dartora et al. (2013), Müller et al. (2016) e Lana et al. (2012).

Tabela 2. Resumo das análises de variância (QM calculado e CV (%)) para altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), diâmetro de colmo (DIC), índice de área foliar (IAF), diâmetro da espiga sem palha (DSP), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP), comprimento da espiga com palha (CCP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN) de híbridos de milho. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

FV	GL	ALP	ALE	DIC	IAF	DSP	CSP	DCP	CCP	NFE	NGF	NGE	PMG	REN
HxA	10	0,02**	111,16**	0,01 ^{ns}	1375024,98**	0,42**	2,26 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,68**	5,69**	3599,03**	1285,23**	577,04**
Híbridos (H)	10	0,03**	382,12**	0,19**	5776793,67**	0,75**	13,87**	0,73**	8,26**	12,20**	24,46**	24880,27**	4813,24**	2002,64**
<i>A. brasilense</i> (A)	0	0,00 ^{ns}	11,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}	586,87 ^{ns}	1,29**	0,71 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1148,64 ^{ns}	139,09 ^{ns}	73,56 ^{ns}
Blocos	1	0,00 ^{ns}	61,97 ^{ns}	0,00 ^{ns}	910552,53**	0,33**	0,12 ^{ns}	0,31**	2,42*	0,01 ^{ns}	8,61**	2003,66*	89,87 ^{ns}	360,13**
Erro	45	0,00	27,76	0,01	408553,37	0,04	1,44	0,05	0,69	0,19	1,35	407,74	111,25	34,78
CV		4,45	5,70	4,83	5,89	3,99	4,78	4,54	4,44	2,69	3,22	3,37	3,51	3,25

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade.

Para a ALP e ALE, observou-se que os híbridos de milho 20A78 e MG652 quando avaliados em relação aos demais na ausência e presença do *A. brasilense* foram os que se diferenciaram positivamente dos demais, atingido as médias de 1.91 e 101.30 cm respectivamente (Tabela 3). Resultados semelhantes encontrados em Kopper et al. (2017) e Costa et al. (2015), constatou que o uso da bactéria promoveu maior ALP e ALE. Já Kappes et al. (2013) observaram maior ALP e ALE com a presença de *A. brasilense*, relacionando esse fato com as substâncias promotoras de crescimento produzidas pela bactéria, comparando com Bashan e Holguin (1997) que afirmam que esse estímulo é devido à produção de ácido indolacético (AIA), sendo um fator importante ao crescimento de plantas. Para Possamai et al. (2001) plantas com ALP e ALE elevada apresentam vantagens na colheita, influenciando nas perdas e pureza dos grãos na colheita mecanizada.

Tabela 3. Desmembramento dos híbridos de milho dentro da ausência e presença de *A. brasilense* para altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), índice de área foliar (IAF) e diâmetro da espiga sem palha (DSP). Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Híbridos	ALP		ALE		IAF		DSP	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
	-----m-----		-----cm-----		-----cm ² planta ⁻¹ -----		-----cm-----	
20A78	1.71 Bb	1.95 aA	91.65 cB	107.00 aA	9492.12 dB	10637.33 bA	5.65 bA	5.92 aA
2B587	1.84 Ba	1.85 aA	83.55 dA	76.60 dA	10796.06 cA	10651.22 bA	5.84 bA	6.04 aA
2B610	1.82 Ba	1.96 aA	97.75 bA	99.00 aA	10444.35 cB	11769.53 aA	5.57 bA	5.70 aA
30F53	1.99 Aa	1.98 aA	99.06 bA	100.30 aA	11637.58 bA	11759.75 aA	5.24 cA	5.30 bA
CD3770	1.90 Aa	1.91 aA	94.60 bA	87.90 cA	9884.06 cA	10768.14 bA	4.16 dB	5.97 aA
CD384	1.89 Aa	1.99 aA	82.05 dB	91.45 bA	11442.61 bA	10418.54 bA	6.06 aA	5.74 aA
DKB310	1.99 Aa	1.93 aA	109.70 aA	102.90 aA	13547.32 aA	12516.93 aA	6.02 aA	6.02 aA
LG36701	1.91 Aa	1.97 aA	93.43 cA	91.96 bA	12041.11 bA	11615.66 aA	5.05 cA	5.24 bA
LG6030	1.94 Aa	1.75 bB	101.50 bA	93.82 bA	10154.82 cA	9283.14 bA	4.87 cB	5.25 bA
MG652	1.71 Bb	1.88 aA	86.20 dB	95.60 bA	11484.38 bA	10055.48 bB	5.79 bA	5.63 aA
P3646	1.76 Ba	1.70 bA	90.30 cA	76.10 dB	10314.88 cA	10715.35 bA	5.60 bA	5.89 aA
PB9110	1.94 Aa	1.80 bB	85.10 dA	82.85 cA	9029.68 dA	10006.39 bA	5.14 Cb	5.53 bA

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

Os híbridos 20A78 e 2B610 obtiveram maior IAF quando na presença do *A. brasilense*, com média de 11203.43 cm² planta⁻¹ (Tabela 3). Corroborando com Arantes et al. (2017), que por sua vez relatou que o aumento do IAF com a presença de *A. brasilense* representa fator importante para a captação da energia luminosa, que serão convertidos em fotoassimilados e translocados para o enchimento dos grãos. O incremento no IAF pode estar associado com a

produção de fitormônios pela bactéria como a auxina, giberilina e citocinina (DARTORA et al., 2013). Quando analisado a variável DSP três híbridos se destacaram CD3770 (5.97cm), LG36701 (5.25cm) e PB9110 (5.53cm), alcançando maiores médias na presença de *A. brasilense* (Tabela 3).

O diâmetro de colmo DIC não foi influenciado pelo *A. brasilense*. O híbrido LG6030 foi superior em ambas as situações com média de 2.92 e 2.69 cm, nesta ordem (Tabela 4). Resultados distintos com elevação ao DIC utilizando *A. brasilense* na cultura do milho foram reportados por Costa et al. (2015) e Para Brito (2019), além da elevação da massa seca foliar, volume de raiz, e aos teores de nitrogênio, fósforo e potássio.

Tabela 4. Média para os efeitos principais dos híbridos de milho dentro da ausência e presença de *A. brasilense* para diâmetro de colmo (DIC), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP) e comprimento da espiga com palha (CCP). Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Híbridos	DIC		CSP		DCP		CCP	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
	-----cm-----							
20A78	2.18 c	2.37 b	25.35 b	23.10 b	5.34 a	5.53 a	18.10 c	17.40 d
2B587	2.48 b	2.55 a	23.35 c	24.10 b	5.43 a	5.53 a	17.30 c	17.90 d
2B610	2.37 c	2.41 b	25.75 b	27.00 a	5.25 a	5.38 a	18.55 c	18.80 c
30F53	2.52 b	2.50 a	25.46 b	26.50 a	4.62 c	4.67 b	19.10 b	18.33 c
CD3770	2.27 c	2.21 b	24.10 c	24.70 b	5.50 a	5.49 a	17.00 c	18.50 c
CD384	2.41 c	2.23 b	22.75 c	24.25 b	5.64 a	5.42 a	17.75 c	17.00 d
DKB310	2.57 b	2.54 a	27.80 a	26.75 a	5.46 a	5.53 a	21.00 a	21.90 a
LG36701	2.56 b	2.56 a	25.73 b	26.25 a	4.42 c	4.51 b	18.40 c	18.83 c
LG6030	2.92 a	2.69 a	28.31 a	27.40 a	4.94 b	5.05 a	19.91 b	19.41 c
MG652	2.20 c	2.23 b	24.20 c	24.05 b	5.26 a	5.24 a	19.45 b	19.20 c
P3646	2.24 c	2.32 b	23.30 c	25.15 b	5.24 a	5.23 a	19.10 b	20.25 b
PB9110	2.26 c	2.26 b	23.90 c	23.15 b	4.85 b	5.20 a	18.00 c	18.00 d

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

O híbrido DKB310 apresentou o maior comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha DCP e comprimento da espiga com palha (CCP), dentre os demais híbridos tanto na ausência como na presença do *A. brasilensis*, com médias de 27.26, 5.49 e 21.45, respectivamente (Tabela 4). Segundo Basi (2013), que avaliou diferentes modos de inoculação com *A. brasilense* em milho, não verificou diferença para os tratamentos sem inoculação, com inoculação na semente e com inoculação no sulco de semeadura. Para Taiz et al. (2017) fatores como luz (intensidade, qualidade e duração), água (disponibilidade e umidade do solo), dióxido de carbono, oxigênio, conteúdo e disponibilidade de nutrientes no solo,

temperatura e toxinas (ingredientes inertes, metais pesados e salinidade) podem afetar o crescimento e desenvolvimento do vegetal.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 5, observou-se que nas variáveis NFE, NGF e NGE o híbrido 2B587 quando avaliado na ausência e presença do *A. brasilense* se destacou com maiores médias na presença do tratamento com médias 17.40, 39.25 e 683.37 unid, respectivamente. Matos et al. (2017), que ao avaliarem o efeito de doses de N e inoculação com *A. brasilense* no milho, não observou alteração no NFE. De acordo com Valderrama et al. (2011), o NFE é uma característica genética de cada genótipo, portanto, não tendo efeito significativo. No quesito como o tamanho de grãos e outras características da espiga são estabelecidos por genes localizados em muitos cromossomos consequentemente está sujeito a escolha do híbrido (LOPES et al., 2017).

Tabela 5. Desmembramento dos híbridos de milho dentro da ausência e presença de *A. brasilense* para número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN). Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Híbridos	NFE		NGF		NGE		PMG		REN	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
-----unid-----										
							-----g-----		-----sc ha ⁻¹ -----	
20A78	18.40 bA	17.40 bB	35.30 cA	34.80 bA	649.46 bA	605.52 bB	272.20 dB	308.02 cA	176.73 cB	186.51 cA
2B587	16.20 dB	17.40 bA	34.60 cB	39.25 aA	560.33 dB	683.37 aA	310.94 cA	297.24 cA	174.25 cB	202.88 bA
2B610	16.70 dB	17.80 bA	36.35 bA	37.70 aA	605.99 cB	671.06 aA	288.90 cA	284.57 cA	175.11 cB	190.97 cA
30F53	14.86 fA	15.31 dA	37.56 bA	36.25 bA	558.45 dA	555.32 cA	263.83 dA	265.35 dA	146.57 dA	147.42 fA
CD3770	17.20 cA	16.50 cA	32.70 cA	33.00 cA	562.44 dA	544.50 cA	296.49 cB	320.44 bA	166.76 cA	174.48 dA
CD384	19.20 aA	19.40 aA	36.52 bA	35.45 bA	701.54 aA	687.23 aA	276.98 dA	270.53 dA	194.22 bA	186.08 cA
DKB310	17.40 cA	17.70 bA	37.40 bB	39.97 aA	650.01 bB	707.64 aA	324.12 bA	326.78 bA	210.69 aB	231.39 aA
LG36701	14.10 gA	13.62 eA	34.44 cA	32.98 cA	485.46 eA	449.28 dB	309.23 cA	289.74 cB	171.79 cA	160.97 eB
LG6030	15.85 eA	15.91 dA	40.50 aA	39.09 aA	641.75 bA	621.81 bA	302.28 cA	264.58 dB	193.97 bA	164.58 eB
MG652	15.50 eA	15.20 dA	35.25 cA	35.85 bA	546.94 dA	544.91 cA	349.74 aB	383.62 aA	190.36 bB	208.94 bA
P3646	16.00 eA	16.60 cA	34.50 cA	33.50 cA	552.00 dA	556.08 cA	359.94 aA	295.00 cB	198.69 bA	163.97 eB
PB9110	16.55 dA	16.95 cA	37.45 bA	35.70 bA	620.06 cA	603.58 bA	272.19 dA	287.61 cA	168.45 cA	173.65 dA

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

Na Tabela 5, analisou-se que na variável PMG os híbridos que diferenciaram positivamente na presença de *A. brasilense* foram 20A78 (308.02 g), CD3770 (320.44 g) e MG652 (383.62 g). Cunha et al. (2016) relatam que os resultados obtidos em relação ao uso da inoculação com *A. brasilense* podem variar em função híbrido utilizado, mas que a maior eficiência de absorção do N promovido pela inoculação bacteriana influencia positivamente no metabolismo, resultando em plantas com maior desempenho fotossintético. Bactérias do gênero *Azospirillum* podem ser inoculadas em plantas de interesse agrônômico, estimulando seu crescimento por múltiplos mecanismos, incluindo síntese de fito-hormônio, melhoria da nutrição nitrogenada, mitigação de estresse e controle biológico da microbiota patogênica (BASHAN e BASHAN, 2010; QUADROS et al., 2014).

Em relação a variável REN o híbrido DKB310 quando avaliado na ausência e presença do *A. brasilense* foi o que obteve a maior média na presença com 231.39 sc ha⁻¹ (Tabela 5). O aumento da produtividade também foi evidenciado por Costa et al. (2015), Cunha et al. (2014), Morais et al. (2016), Caprio (2017). Müller et al. (2016), que obtiveram incremento de 2% na produtividade quando utilizaram o *A. brasilense* aplicado no sulco de semeadura e Lana et al. (2012) confirmaram os efeitos benéficos constatando incrementos de 7 a 15% na produtividade do milho em função da inoculação com *A. brasilense*. Em contrapartida Brito (2019) os métodos de inoculação com *A. brasilense* pouco influenciaram em parâmetros morfométricos e nutricionais do desenvolvimento do milho, não influenciando na produção.

A rede de correlação com o coeficiente de correlação de Pearson revelou 9 correlações positivas e significativas, sendo 3 na ausência e 6 na presença. Os pares CSPxALE, DCPxNFE e NFExNGE na ausência e na presença reportadas nos pares ALExALP, DSPxDCP, DCPxNFE, NFExNGE, NGExNGF e PMGxREN (Figura 1). Silva et al. (2015) colocam que as técnicas de análises multivariadas são eficientes para verificar as similaridades ou as diferenças na variabilidade da produtividade, com base nos atributos químicos e físicos do solo na área estudada.

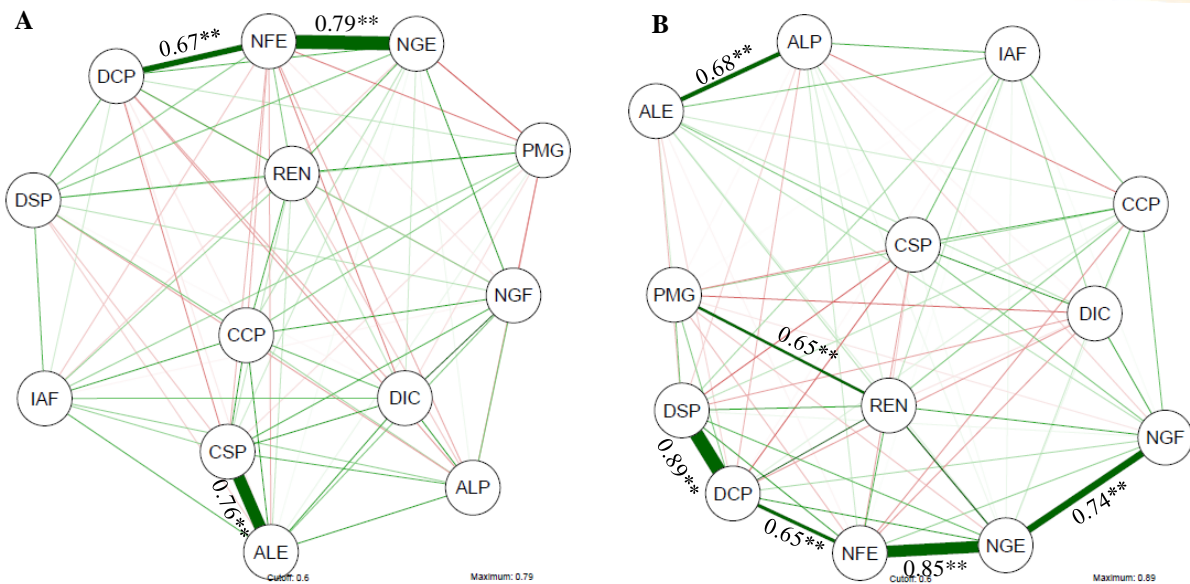


Figura 1. Rede de correlações lineares para os caracteres de híbridos de milho com ausência (A) e presença (B) de *A. brasilensis*. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Significância: *5% de probabilidade; **1 de probabilidade; ns: não significativo, pelo teste t.

Variáveis: altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), diâmetro de colmo (DIC), índice de área foliar (IAF), diâmetro da espiga sem palha (DSP), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP), comprimento da espiga com palha (CCP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN).

testando a dissimilaridade genética entre 25 genótipos de milho, em cinco ambientes de cultivo no Sul do Brasil, observou a formação de 9 clusters distintos. Silva et al. (2016) estimando a divergência genética entre progênies de meios-irmãos através de métodos hierárquicos observou a formação de 11 clusters, assim como, Alves et al. (2015), que contabilizou a formação de 4 clusters, a partir de estudos com divergência genética entre genótipos de milho.

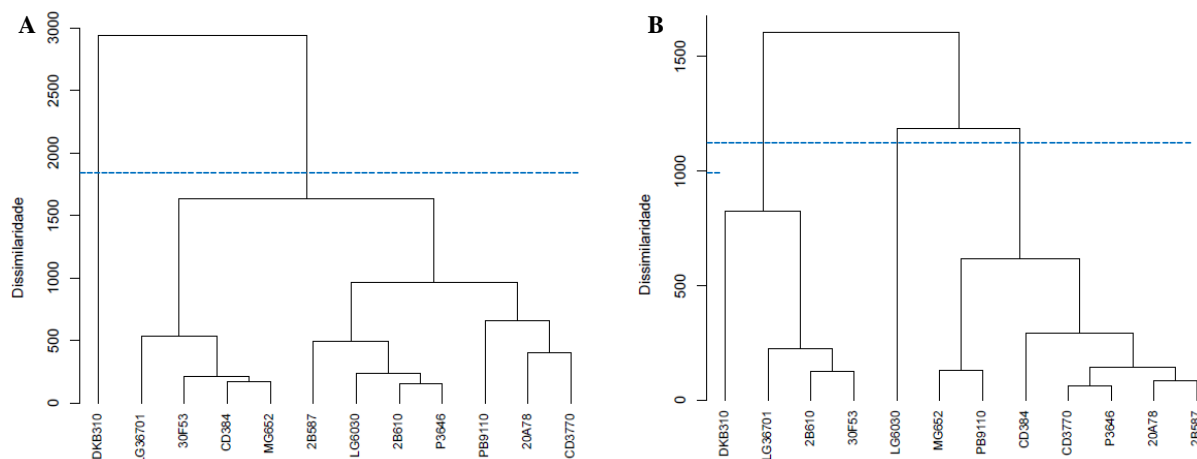


Figura 2. Dendrograma representativo da dissimilaridade entre híbridos de milho, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância generalizada de *Mahalanobis*, na ausência (A) e presença (B) de *A. brasilensis*. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), diâmetro de colmo (DIC), índice de área foliar (IAF), diâmetro da espiga sem palha (DSP), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP), comprimento da espiga com palha (CCP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN).

Na análise de variáveis canônicas (Figura 3A) verificou-se que a mesma apresentou explicação de 89,4% da variação total dos dados, observando que as variáveis DCP, PMG e REN apresentaram similaridade de grandeza entre si no híbrido DKB310. Na (Figura 3B) respondeu com 98,3% da variação total dos dados, demonstrando que as variáveis DSP e REN apresentaram similaridade de grandeza entre si nos híbridos 2B610 e 20A78. Guimarães et al. (2014), analisando o desenvolvimento da cultura do milho em diferentes tipos de solo, em função da inoculação com *A. brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*, destacaram que plantas inoculadas apresentaram desenvolvimento superior às não inoculadas em solos com característica de Latossolos, Eutroféricos, Argissolos Distroféricos e Argissolos Eutroféricos.

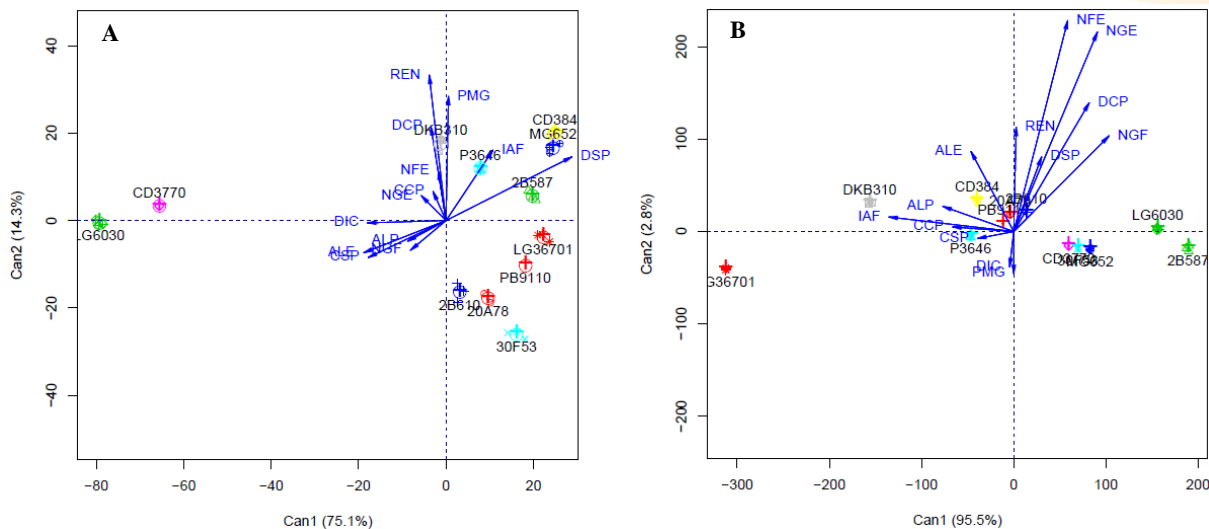


Figura 3. Análise de variáveis canônicas de caracteres de híbridos de milho com ausência (A) e presença (B) de *A. brasilensis*. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), diâmetro de colmo (DIC), índice de área foliar (IAF), diâmetro da espiga sem palha (DSP), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP), comprimento da espiga com palha (CCP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN).

As interações entre os fatores foram desdobradas em efeitos simples e principais, aplicando como ferramentas univariadas teste de agrupamento e médias, rede de correlação e coeficientes de correlação de Pearson, onde foi possível observar a variabilidade dos híbridos e distinção em suas variáveis com a presença da bactéria *A. brasilense* via semente. Nas análises multivariadas pode-se observar os efeitos diretos de variáveis sobre o rendimento de grãos, o agrupamento dos híbridos através do dendrograma de Cluster, além da expressividade destes sobre as variáveis nas variáveis canônicas.

Conclusão

Os híbridos de milho apresentaram maior expressividade nos componentes de rendimento na presença de *Azospirillum brasilense* aplicado no tratamento de sementes.

O número de grãos por espiga e o peso de mil grãos foram os responsáveis diretamente pelo aumento do rendimento dos híbridos de milho tanto na presença como na ausência de *Azospirillum brasilense*.

Referências

ALVES, B. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, C. B. M.; SILVA, L. P. Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e da qualidade nutricional. *Ciência Rural*, Santa Maria v.45, n.5, p.884-891, 2015.

- ARANTES, A. C. C., FONTANETTI, A., SILVA NETO, F. J. D., PRÓSPERO, A. G., PROVIDELLO, A., & FERNANDES, E. M. D. S. Crescimento e desenvolvimento de milho orgânico inoculado com *Azospirillum brasilense*. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in agronomy**, Madison, v. 108, n. 1, p. 77-136. 2010.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n. 2, p 103–121. 1997.
- BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura de milho**. 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade Cedeteg, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.
- BRITO, Tauane Santos. Métodos de inoculação de *Azospirillum brasilense* e sua influência na promoção de crescimento do milho. 2019.
- CADORE, R.; NETTO, A. P. C.; REIS, E.F.; RAGAGNIN, V. A.; FREITAS, D. S.; LIMA, T. P.; ROSSATO, M.; D'ABADIA, A. C. A. Híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n. 3, p. 398-409, 2016.
- CAPRIO, C.H. **Interação de variedades de milho sob inoculação com *Azospirillum brasilense* em diferentes épocas de semeadura**. 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO– CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, intenção de plantio, oitavo levantamento, maio de 2018** / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: CONAB, 2018 142 p.
- CORSINI, D. C. D. C. Coberturas vegetais e modos de inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho sobre três sistemas de preparo de solo. 2018.
- COSTA, R. R. G. F; QUIRINO, G. S. F.; NAVES, D. C. F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of secondharvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 304-311. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4534593>. Acesso em: 5 jan. 2017. doi: 10.1590/1983-40632015v4534593.
- CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.
- CUNHA FN, SILVA NF DA, RODRIGUES CR, MORAIS WA, GOMES FHF, FILHO LCL, CABRA LB DOS S, TEIXEIRA MB, VIEIRA G DA S, COSTA CTS, Federal. Performance of different genotypes of maize subjected to inoculation with *Azospirillum brasilense*. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3853-3862, 2016.
- CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. ; BASTOS, F. J. C. ; CARVALHO, J. J. ; MOURA, L. M. F. ; TEIXEIRA, M. B. ; ROCHA, A. C. ; SOUCHIE, E. L. . Efeito da *Azospirillum brasilense* na Produtividade de Milho no Sudoeste Goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo (Online)**, v. 13, p. 261-272, 2014.
- DALL'AGNOL, A.; NOGUEIRA, A. M. E HUNGRIA, M. ***Azospirillum* e a adubação nitrogenada em milho**. 15/05/2018.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.10, p.1023–1029, 2013.
- FARINELLI, R.; CERVEIRA JUNIOR, W. R. Resposta de cultivares de milho transgênico e convencional a densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 336-346, 2015.

- FERREIRA, L. L.; AMARAL, U. ; SILVA, C. S. ; CURVELO, C. R. S.; PEREIRA, A. I. A. Components of maize crop as a function of doses of polymerized urea. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 185-192, 2019a.
- FERREIRA, L. L.; PEREIRA, A. I. A.; CURVELO, C. R. S.; FERNANDES, C. S.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, E. K. A.; SOUZA, B. R. Bioestimulante e nitrogênio de liberação gradual no desempenho do sorgo. **Nativa**, v. 7, p. 330-335, 2019b.
- FREITAS, R. S., DUARTE, A. P., SAWAZAKI, E., DA LUZ LEÃO, P. C., MIGUEL, F. B., CAVICHIOLI, J. C. & PESSINATTI, F. A. Desempenho agrônômico de cultivares de milho na região norte/oeste do estado de são paulo-safras 2015/16 E 2016/17. **Nucleus**, p. 113-120, 2017.
- GUIMARÃES VF, MENEGUS EA, SILVA ASL, PINTO JR AS, KLEIN J, RAMPIM L, SCHWANTES D, RODRIGUES ACPC, KESTRING D, INAGAKI AM, BATTISTUS AG, OFFEMANN LC, BULEGON LG, SOUZA AKP. Morphophysiological characteristics of maize inoculated with *Azospirillum brasilense* and *Herbaspirillum seropedicae* as seed treatment, cultivated in different types of soil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 39, p. 2919-2924, 2014.
- KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013
- KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGHI, W. A.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEIREDO, A. S. T. Características agrônômicas e produtividade de milho segunda safra em função da velocidade de semeadura e população de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife. v. 22, n. u, 2017.
- LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.
- LOPES, S. J., DAL, A., LÚCIO, C., STORCK, L., DAMO, H. P., BRUM, B., & DOS SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 37, n. 6, p.1536-1542, dez. 2017.
- MATOS, F. B.; OLIVEIRA, F. F.; PIETROSKI, M.; MULLER, P. F.; TAKESHITA, V.; CAIONE, G. Uso de *Azospirillum brasilense* para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 1, p. 131-141, 2017.
- MORAIS, T. P.; BRITO, C. H.; BRANDÃO, A. M.; REZENDE, W. S. Inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* in the seed furrow. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 2, p. 290-298. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160034>. Acesso em 7 jan. 2017. doi: 10.5935/1806-6690.20160034.
- MÜLLER, T. M.; SANDINI, I. E.; RODRIGUES, J. D.; NOVAKOWISKI, J. H.; BASI, S.; KAMINSKI, T. H.; Combination of inoculation methods of *Azospirillum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 210-215, 2016. doi: 10.1590/0103-8478cr20131283
- NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I.R.; FOLLMANN, D.N.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A.J.D.; SOUZA, V.Q.D. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, 40(1), 164-174. (2017).
- POSSAMAI, J. M.; SOUZA DE, C. M.; GALVÃO, J. C. C. **Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha**. Bragantia, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.
- QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; SILVA, F. S.; MACEDO, V.; ROEHS, D. D.; CAMARGO, F. A. O. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014.

RIBEIRO, P. **Bactérias aumentam produtividade do milho e reduzem adubos químicos.** 03/02/2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2467608/bacterias-aumentam-productividade-do-milho-e-reduzem-adubos-quimicos>>. Acesso em: 25 set. 2018.

SILVA, D.F.G.; COELHO, C.J.; ROMANEK, C.; GARDINGO, J.R.; SILVA, A.R.; GRACZYKI, B.L.; OLIVEIRA, E.A.T.; MATIELLO, R.R. Genetic dissimilarity and definition of recombination clusters among green corn half-sib progenies. **Bragantia**, Campinas, v.75, n.4, p.401-410, 2016.

SILVA, E.M.S.; MONTANARI, R.; PANOSSO, A.R.; CORREA, A.R.; TOMAZ, P.K.; FERRAUDO, A.S. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39(2), 598-607. (2015).

SILVEIRA, D. C., MONTEIRO, V. B., TRAGNAGO, J. L., & BONETTI, L. P. **Caracterização agromofológica de variedades de milho crioulo** (*Zea mays* L.) Na região noroeste do Rio Grande do Sul. **CIÊNCIA & TECNOLOGIA**, v. 1, n. 1, p. 01-11, 2015.

SPOLAOR, L. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SANTOS, O. J. A. P.; OLIVEIRA, A. L. M.; SCAPIM, C. A.; BERTAGNA, M. C. K. **Bactérias promotoras de crescimento associadas a adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônômico de milho pipoca.** **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 33-40, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Artmed Editora. 858p. 2017.

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