

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

ANDRÉ LUIS MÁXIMO DA SILVA

**INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA CANA-
DE-AÇÚCAR**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

ANDRÉ LUIS MÁXIMO DA SILVA

**INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA CANA-
DE-AÇÚCAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Márcio Henrique Pereira Barbosa

Coorientador: Marcelo C. Minhoto Teixeira Filho

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586i
2021
Silva, André Luis Máximo da, 1995-
Inoculação de bactérias promotoras de crescimento na
cana-de-açúcar / André Luis Máximo da Silva. – Viçosa, MG,
2021.
32 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Márcio Henrique Pereira Barbosa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 28-32.

1. *Saccharum* spp. 2. *Azospirillum brasiliense*. 3. *Bacillus subtilis*. 4. *Pseudomonas fluorescens*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.61

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB6/2552

ANDRÉ LUIS MÁXIMO DA SILVA

INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA CANA-
DE-AÇÚCAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 12 de julho de 2021.

Assentimento:



André Luis Máximo da Silva
Autor



Márcio Henrique Pereira Barbosa

Orientador

Dedico este trabalho ao meu avô José Luís (in memoriam), por todo apoio, educação e sabedoria que tive o privilégio de receber.

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço todas as oportunidades de crescimento que tive na vida, cada uma serviu como mais uma chance de ser alguém melhor.

Agradeço a minha família, a aqueles que tive mais próximo de mim, minha mãe Regiane, minha avó Reni, minha namorada Luana, meu irmão Rafael, meu tio Renato, meu pai Sidmar, vocês foram essenciais para o meu crescimento como pessoa.

Agradeço em especial ao meu avô José Luís (in memoriam) que foi muito mais que um pai para mim.

Ao meu orientador Márcio Henrique Pereira Barbosa por todo apoio nos momentos chave, ensinamentos e incentivos.

Ao meu coorientador Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, pela oportunidade de trabalhar novamente na instituição que me abriu muitas portas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade e por contribuir com minha excelente formação profissional.

A Usina Vale do Paraná pela parceria neste projeto inovador.

Agradeço a equipe de pesquisa Usina Vale do Paraná, em especial ao Luan Dionnes Kaiber Moreira que permitiu que o projeto fosse possível.

Ao laboratório de nutrição de plantas da UNESP – Ilha Solteira e ao técnico Marcelo Rinaldi por todo apoio.

A Universidade Federal de Viçosa e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

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

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.” (Robert Collier)

BIOGRAFIA DO AUTOR

ANDRÉ LUIS MÁXIMO DA SILVA, filho de Sidmar André da Silva e Regiane Máximo de Souza Silva, nasceu em 21 de janeiro de 1995, em Ituverava – São Paulo.

Em agosto de 2013 ingressou no curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) em Ilha Solteira. Graduou-se em fevereiro de 2019.

Em março de 2020 iniciou o mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa da dissertação em julho de 2021.

RESUMO

SILVA, André Luis Máximo da, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cana-de-açúcar.** Orientador: Márcio Henrique Pereira Barbosa. Coorientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho.

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) com produção de 642 milhões de toneladas no ano de 2020. A aplicação de grandes quantidades de fertilizantes minerais é necessária para a manutenção de altas produções na cultura. O intenso uso de adubos minerais na agricultura canavieira pode causar impactos negativos no meio ambiente. Alternativas sustentáveis e eficazes são necessárias para reduzir os custos de produção e os impactos ao meio ambiente. Bactérias promotoras de crescimento são uma alternativa sustentável, pois, são capazes de colonizar o interior de plantas, beneficiando-as por meio da fixação de nitrogênio da atmosfera, solubilizando parte do fósforo adsorvido do solo e produzindo reguladores de crescimento, conseqüentemente, reduzindo o uso de fertilizantes minerais. Os objetivos desse trabalho foram analisar os componentes de produção, qualidade tecnológica dos colmos e análise nutricional das variedades de cana-de-açúcar com inoculação de bactérias promotoras de crescimento. O experimento foi conduzido em Suzanápolis/SP, com o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3x4, sendo, três genótipos de cana-de-açúcar (RB867515, CTC4 e RB92579), com a inoculação de três bactérias (*Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens*) e controle sem inoculação. As avaliações realizadas na cana foram para componentes de produção (altura de plantas, número de perfilhos, índice de clorofila foliar, diâmetro médio do colmo, número de internódios por colmo, colmos por hectare, toneladas de açúcar totalmente recuperável por hectare) qualidade tecnológica dos colmos (teor aparente de sólidos solúveis presentes no caldo, % de fibra, % de pureza do caldo, % de umidade do material fresco) e análise nutricional da planta inteira e folhas diagnose das variedades. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância com o software R. Os inoculantes utilizados e sua interação com as variedades de cana-de-açúcar não promoveram efeito significativo sobre os componentes de produção e qualidade tecnológica. Apenas os genótipos CTC4 e RB92579 absorveram mais nutrientes com a inoculação das três bactérias. A inoculação de *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* nos genótipos RB867515, RB92579 e CTC4 não aumentou a produção e qualidade tecnológica dos colmos da cana-de-açúcar. A

inoculação das três bactérias no genótipo RB92579 aumentou a absorção de fósforo, enxofre, boro, cobre e ferro. O *Azospirillum brasiliense* aumentou a absorção de fósforo para a CTC4.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.. *Azospirillum brasiliense*. *Bacillus subtilis*. *Pseudomonas fluorescens*.

ABSTRACT

SILVA, André Luis Máximo da, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, July 2021. **Inoculation with growth-promoting bacteria in sugarcane.** Adviser: Márcio Henrique Pereira Barbosa. Co-adviser: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho.

Brazil is the largest producer of sugarcane (*Saccharum* spp.) with a production of 642 million tons in 2020. The application of large amounts of mineral fertilizers is necessary to maintain high production in the crop. The intense use of mineral fertilizers in sugarcane agriculture may cause negative impacts on the environment. Sustainable and effective alternatives are needed to reduce production costs and impacts on the environment. Growth-promoting bacteria are a sustainable alternative, as they are able to colonize the interior of plants, benefiting them by fixing nitrogen from the atmosphere, solubilizing a portion of adsorbed soil phosphorus and producing growth regulators, consequently reducing the use of mineral fertilizers. This work aimed to analyze the production components, technological quality of the stalks and nutritional analysis of sugarcane varieties with the application of growth-promoting bacteria. The experiment was conducted in Suzanópolis/SP, it was used randomized block design and 3x4 factorial scheme, with three sugarcane genotypes (RB867515, CTC4 and RB92579), with the inoculation of three bacteria (*Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens*) and control with no inoculation. The evaluations carried out in the sugarcane were for production components (height of plants, number of tillers, leaf chlorophyll index, average stalk diameter, number of internodes per stalk, stalks per hectare, tons of fully recoverable sugar per hectare) technological quality of the stalks (apparent content of soluble solids in the juice, % fiber, % purity of the juice, % moisture of fresh material) and nutritional analysis of the whole plant and leaves. Data were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5% significance with the R software. The inoculants used and their interaction with the sugarcane varieties did not have a significant effect on the components of production and technological quality. Only the CTC4 and RB92579 genotypes absorbed more nutrients with the inoculation of the three bacteria. The inoculation of *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* in genotypes RB867515, RB92579 and CTC4 did not increase the production and technological quality of sugarcane stalks in sugarcane plant. The inoculation of the three bacteria in the RB92579 genotype increased the absorption of phosphorus, sulfur, boron, copper and iron. *Azospirillum brasiliense* increased phosphorus uptake for CTC4.

Keywords: *Saccharum* spp., *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Dados meteorológicos de temperatura mínima, média e máxima mensal (°C), precipitação pluvial acumulada mensal (mm) e umidade relativa média (%), em Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, de maio de 2020 a maio de 2021.....	16
--	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Tabela 1. Caracterização química do solo da área estudo, na camada de 0 a 0,5m em Suzanópolis, São Paulo, Brasil.....17
- Tabela 2.** Valores do teste F da análise de variância para as avaliações de altura de plantas (AP) em metros, número de perfílios (NP) e índice de clorofila foliar (ICF) para os fatores genótipos de cana-de-açúcar (G), inoculação das bactérias (B), interação entre G e B (GxB), coeficiente de variação (CV%) e média geral (M) nas épocas 98, 194, 283 e 376 dias após o plantio (DAP), Suzanópolis, São Paulo, Brasil, 2021.....21
- Tabela 3.** Valores do teste F da análise de variância para as avaliações de diâmetro médio do colmo (DC) em milímetros, número de internódios por colmo (NI), colmos por hectare (TCH), toneladas de açúcar totalmente recuperável por hectare (TAH), teor aparente de sólidos solúveis presentes no caldo (°Brix), porcentagem de fibra (Fibra), porcentagem de pureza do caldo (Pureza), porcentagem de umidade do material fresco (Umidade) e açúcar totalmente recuperável (ATR) em kg ATR ha⁻¹ para os fatores genótipos de cana-de-açúcar (G), inoculação das bactérias (B), interação entre G e B (GxB), coeficiente de variação (CV%) e média geral (M), Suzanópolis, São Paulo, Brasil, 2021.....22
- Tabela 4.** Valores do teste F da análise de variância para a avaliação da análise nutricional da folha diagnose para os fatores genótipos de cana-de-açúcar (G), inoculação das bactérias (B), interação entre G e B (GxB), coeficiente de variação (CV%) e média geral (M), Suzanópolis, São Paulo, Brasil, 2021.....23
- Tabela 5.** Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (média + erro padrão da média) da folha diagnose na cana-de-açúcar de acordo com o genótipo e inoculação das bactérias e as seguintes médias para a inoculação das bactérias e genótipos, Suzanópolis, São Paulo, Brasil, 2021.....24
- Tabela 6.** Valores do teste F da análise de variância para a avaliação da análise nutricional das plantas inteiras para os fatores genótipos de cana-de-açúcar (G), inoculação das bactérias (B), interação entre G e B (GxB), coeficiente de variação (CV%) e média geral (M), Suzanópolis, São Paulo, Brasil, 2021.....25
- Tabela 7.** Teores de fósforo (P), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (média + erro padrão da média) em plantas inteiras de cana-de-açúcar para a inoculação das bactérias e genótipos, Suzanópolis, São Paulo, Brasil, 2021.....26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1 Caracterização da área experimental.....	15
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	17
2.3 Instalação e condução do experimento.....	17
2.4 Avaliações.....	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1 Componentes de produção e qualidade tecnológica.....	20
3.2 Análise nutricional da planta inteira.....	23
4. CONCLUSÕES	27
5. REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (Poaceae: *Saccharum* spp.) que deu origem as cultivares modernas, é nativa da Ásia e foi introduzida pelos portugueses no Brasil. Há relatos do plantio da cultura desde o século XVI, considerada desde então, importante para a história do país (Araújo e Moura, 2013). A cana tem metabolismo C4 e é capaz de produzir grande quantidade de sacarose, possui adaptabilidade a elevadas temperaturas, à altas intensidades luminosas e baixa disponibilidade hídrica (Bezerra et al., 2018; Lacerda et al., 2019; Nascimento et al., 2019).

A produtividade da safra 2019/20 no Brasil foi de 75783 kg/ha, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor (CONAB, 2019). Atualmente os genótipos mais plantados no país são RB696928, RB867515, CTC4 e RB92579 (RIDESA, 2020).

O intenso uso de adubos minerais na agricultura canavieira acarreta em altos custos de produção (Rosa et al., 2020) e pode provocar impactos negativos ao meio ambiente, tais como, a diminuição do teor de matéria orgânica nos solos, contaminação de lençóis freáticos e menor qualidade da água de mananciais (Matoso et al., 2020).

O uso de bactérias promotoras de crescimento visa a diminuição do uso de fertilizantes minerais, custos de produção e aumento de produtividade de forma mais sustentável (BRASIL, 2012). Bactérias diazotróficas endofíticas tem a habilidade de colonizar o interior de tecidos vegetais da cana-de-açúcar e auxiliar na obtenção de nutrientes (Estrada et al., 2013). A fixação biológica de nitrogênio, produção de fitormônios, solubilização de fósforo e zinco no solo, e melhoria dos mecanismos de defesa da planta contra pragas e patógenos são processos desencadeados na planta e solo por meio do uso dessas bactérias (Fischer et al., 2012; Pedula et al., 2016). A eficiência dessas bactérias dependerá, entretanto, do genótipo plantado e dos níveis de fertilidade do solo (Urquiaga et al., 2012; Pereira et al., 2013).

Estudos com bactérias do gênero *Azospirillum* visam diminuir o fornecimento de adubos nitrogenados e fosfatados, que possibilita melhor aproveitamento desses, diminuindo os custos de fertilizantes (Ferreira et al., 2017). A inoculação de gramíneas com essas bactérias pode suprir em partes as necessidades de nitrogênio da cultura e em certos casos, reduzir as doses aplicadas do nutriente (Mumbach et al., 2017; Golçalves et al., 2020). O *Azospirillum brasiliense* possui a capacidade de produzir fitormônios e solubilizar parte do fosfato no solo (Gordillo-Delgado et al., 2016; Kazi et al., 2016).

Bacillus subtilis interage com as raízes das plantas ocasionando efeitos positivos diretos e indiretos, tais como, crescimento de plantas, redução de estresses bióticos e abióticos (Hashem et al., 2019), síntese de metabólitos secundários, hormônios, antibióticos, antioxidantes e enzimas degradadoras de células, solubilização de fósforo e fixação de nitrogênio (Sturz e Nowak 2000, Tian et al., 2007; Ferreira, 2017; Hashem et al., 2019). O controle de nematoides com *B. subtilis* ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento dos nematoides e/ou indiretamente no comportamento, na alimentação e reprodução, que diminuirá a ocorrência da doença em plantas, proporcionando um desenvolvimento saudável (Tian et al., 2007; Machado e Costa 2017).

Pseudomonas fluorescens melhoram a nutrição de fósforo em plantas, pois solubiliza o fosfato inorgânico no solo, essa bactéria produz ácidos orgânicos (cítrico, oxálico e glucônico), que diminuirá o pH do solo, liberando esses ânions uma vez adsorvidos nos coloides (Afzal e Bano, 2008; Oliveira et al., 2015). A bactéria estimula o crescimento radicular, pois induz a planta a produzir em maior quantidade fitormônios (auxinas, giberelinas e citocininas), que facilitará na absorção de água e nutrientes, melhorando a nutrição do vegetal (Corneli, 2008).

Existem diversos trabalhos com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) na cana-de-açúcar. Trabalhos comparando a eficiência na absorção de nutrientes, produção da cultura entre BPCP nos principais genótipos plantados no estado de São Paulo e doses recomendadas de fertilizantes para a cultura, porém, são escassos na literatura.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento sobre os componentes de produção, qualidade tecnológica dos colmos e o teor de nutrientes de três variedades de cana-de-açúcar.

2. Material e métodos

2.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Usina Vale do Paraná em Suzanópolis São Paulo, Brasil, nas coordenadas (20°22'45.3"S e 51°02'41.5"W, a.s.l. 371 m), em 15 de maio de 2020 a 26 de maio de 2021. A área era constituída por pasto com a forrageira *Urochloa brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) anteriormente ao plantio da cana-de-açúcar.

O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico típico de textura média (Santos et al., 2018). O clima é caracterizado como tropical úmido Aw, com o verão chuvoso e inverno seco (Kotttek et al., 2006). A temperatura média e precipitação foram de 24,8 °C e 71,9 mm respectivamente no período de maio/2020 a maio/2021, com base nos dados meteorológicos da estação pertencente da Universidade Estadual Paulista (UNESP) em Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, 30 km distante da área de estudo (Figura 1).

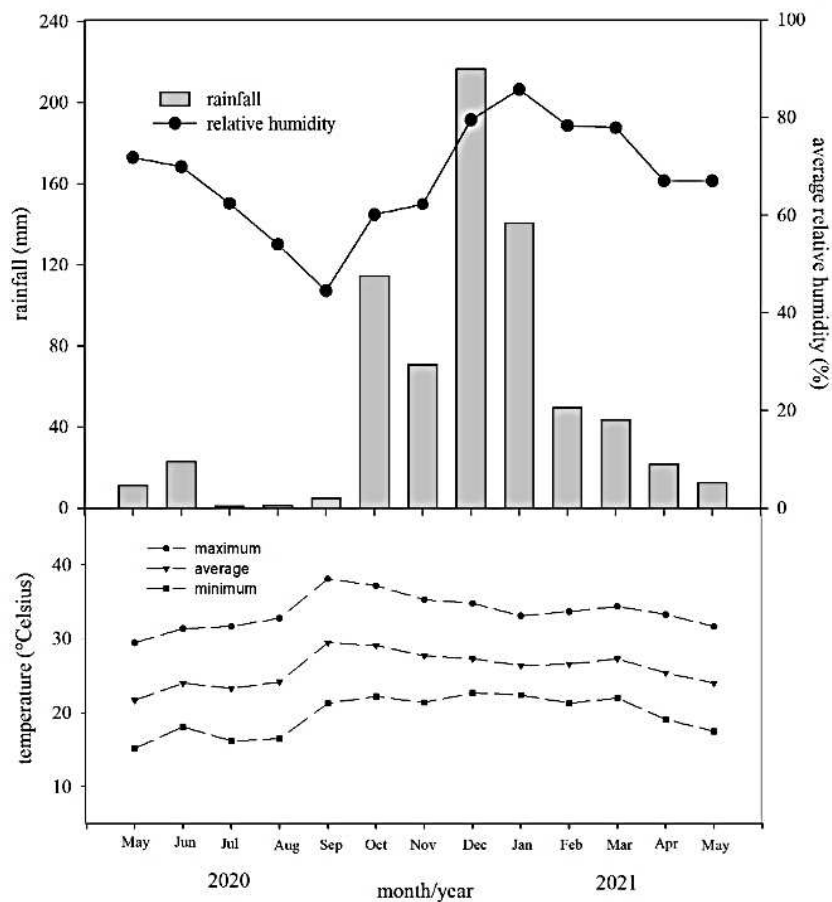


Figura 1. Dados meteorológicos de temperatura mínima, média e máxima mensal (°C), precipitação pluvial acumulada mensal (mm) e umidade relativa média (%), em Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, de maio de 2020 a maio de 2021.

A análise de solo foi realizada 18 dias antes do preparo de solo da área e feita no Laboratório de Fertilidade de solos do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (Tabela 1) utilizando como meio de extração de nutrientes do solo a resina trocadora de íons (Raij et al. 2001).

Tabela 1. Tabela 1. Caracterização química do solo da área estudo, na camada de 0 a 0,5 m em Suzanápolis, São Paulo, Brasil

Profundidade (m)	P (mg dm ⁻³)	MO (g dm ⁻³)	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	S-SO ₄ (mg dm ⁻³)
0,00-0,25 m	7	12	4,9	3,1	4	4	15	1	11,1	6
0,25-0,50 m	4	11	5,1	5,1	6	4	15	0	15,1	5

Profundidade (m)	V	Ca/CTC	Mg/CTC	m	CTC	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0,00-0,25 m	43	15	15	6	26,1	0,19	0,8	39	6,6	0,5
0,25-0,50 m	50	20	13	0	30,1	0,15	0,8	20	4,6	0,2

Valores referentes à fósforo (P), Matéria Orgânica (MO), Potencial Hidrogênio iônico (pH), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), acidez potencial (H+AL), alumínio (Al³⁺), soma de bases (SB), enxofre (S-SO₄), Saturação de Bases (V%), proporção de cálcio na CTC (Ca/CTC), proporção de magnésio na CTC (Mg/CTC), saturação de alumínio (m), capacidade de troca catiônica (CTC), boro (B), cobre (Cu²⁺), ferro (Fe²⁺), manganês (Mn²⁺) e zinco (Zn²⁺).

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso no esquema em fatorial 4x3, sendo quatro níveis relacionados aos genótipos de cana-de-açúcar (RB867515, RB92579 e CTC4) e três níveis as BPCP (*Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens*) com quatro repetições, totalizando 48 parcelas. As parcelas tinham cinco sulcos com 1,5 m entrelinha e cinco metros de comprimento. A área útil da parcela foi de 30 m² e total do experimento correspondeu a 2100 m² incluindo as bordaduras.

As características de destaque dos genótipos são: a RB867515 possui elevada produtividade de colmos e rusticidade; a RB92579 possui elevada produtividade de colmos; a CTC4 possui elevada produtividade de colmos, alto teor de açúcar, alto perfilhamento (ASSOCANA, 2020).

2.3. Instalação e condução do experimento

O preparo do solo foi realizado quatro dias antes do plantio, com a aplicação de calcário dolomítico na recomendação de 1,67 t ha⁻¹ de PRNT de 87%, incorporado com grade pesada. Fosfato natural (0,5 t ha⁻¹ de 00.29.00 + 35% Ca) e gesso (1 t ha⁻¹) foram aplicados em seguida e incorporados com grade intermediária. A operação de subsolagem com barreira química (inseticida Imidacloprido 700 g kg⁻¹ dose de 1,7 kg ha⁻¹, vazão de 200 l ha⁻¹) foi realizada logo na sequência.

A adubação foi feita no sulco de plantio com a operação de sulcação na profundidade 20 – 30 cm no espaçamento de 1,5 m, na dose de 0,5 t ha⁻¹ do adubo na formulação 6-30-24. Uma aplicação de fosfato natural a lanço na dose de 0,5 t ha⁻¹ foi realizada após essa operação.

231 kg ha⁻¹ de nitrato de amônia foi aplicado em cobertura após a operação de nivelamento do solo aos 108 dias após o plantio (DAP).

O experimento foi instalado nos dias 15 e 16/05/2020 com plantio manual dos toletes. Uma lâmina de água foi aplicada nos sulcos de plantio com um caminhão pipa antes da distribuição das mudas. Os colmos de cana (despontados e desfolhados) foram depositados inteiros nos sulcos e cortados com um facão no comprimento de aproximadamente de 40 cm. Os inoculantes foram aplicados sobre os colmos antes da taping manual dos sulcos a uma profundidade de até 10 cm.

As doses utilizadas nos inoculantes líquidos para a inoculação das bactérias foram: *Azospirillum brasiliense* com as cepas Ab-V5 e AbV6, garantia de 2×10^8 unidades formadoras de colônia (CFU) ml⁻¹, na dose 1 L ha⁻¹; *Bacillus subtilis* com a cepa CCTB04, garantia de 1×10^8 CFU ml⁻¹; *Pseudomonas fluorensis* com a cepa CCTB03, garantia de 2×10^8 CFU ml⁻¹. A aplicação das bactérias foi feita com uma bomba costal com volume de calda aplicado foi de 200 L ha⁻¹, diretamente em cima dos toletes de cana nos sulcos, nas recomendações de 1 L ha⁻¹ para o *Azospirillum brasiliense* e 0,5 L ha⁻¹ para o *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorensis*, baseadas nas recomendações dos fabricantes. A aplicação foi feita no período da manhã e os sulcos de plantio foram tampados manualmente.

O experimento foi irrigado com uma lâmina de 30mm com um caminhão pipa nos sulcos em dias que o solo estava seco em três ocasiões até a brotação. Quatro parcelas apresentaram falhas de brotação nas linhas de plantio (dois em cada bloco), foi realizado o replantio manual destas falhas com a aplicação das bactérias novamente nos toletes replantados aos 52 DAP. Os tratamentos culturais para o controle de doenças, pragas e plantas daninhas foram feitas durante o ciclo da cultura em todas as parcelas do experimento.

2.4. Avaliações

As avaliações realizadas foram realizadas trimestralmente durante o desenvolvimento da cana aos 98, 194, 283 e 376 DAP foram altura de plantas (AP), número de perfilhos por metro (NP), índice de clorofila foliar (ICF), análise nutricional da planta e folhas diagnose, massa de perfilhos (MP), diâmetro médio de perfilhos (DP), número de internódios (NI), peso

fresco e seco de perfilhos (PF e PS), açúcar totalmente recuperável (ATR), teor aparente de sólidos solúveis presentes no caldo ($^{\circ}$ Brix), % de fibra dos perfilhos (Fibra) e umidade (Umidade).

Os resultados das avaliações foram divididos em três sessões, componentes de produção (AP, NP, ICF, DP, toneladas de colmos por hectare e toneladas de ATR por hectare), qualidade tecnológica ($^{\circ}$ Brix, Fibra, Umidade e ATR) e análise nutricional (folha diagnose e planta inteira).

A determinação do ICF foi feita até os 283 DAP (período chuvoso) com o auxílio de um ClorofiLOG[®] portátil, modelo CFL-1030 (Falker, 2008), realizada na parcela dentro das três linhas centrais, com cinco perfilhos aleatórios no terço médio das folhas com o primeiro dewlap (lígula) visível.

A estimativa de AP foi realizada até 376 DAP em cinco perfilhos aleatórios na parcela dentro das três linhas centrais desde a base até a primeira folha com o dewlap visível.

A determinação do NP foi realizada até 376 DAP em que foi contabilizado o número total destes, foi realizada dentro da linha das parcelas de três metros pré-estipulada antes da primeira avaliação, foi levado em consideração a homogeneidade e ausência de falhas na linha.

A determinação do estado nutricional da cana-de-açúcar foi realizada aos 283 DAP, a partir da coleta de 10 folhas diagnose de 10 perfilhos aleatórios dentro de cada parcela (Raij et al., 1997). O terço médio da folha e retirado a nervura central, as folhas foram moídas por um moinho do tipo willey da marca Marconi e utilizadas no laboratório de nutrição de plantas da UNESP - Ilha Solteira para determinação do teor nutricional das folhas da cana-de-açúcar.

A coleta de três perfilhos inteiros (colmos, ponteira, folhas verdes e secas) por parcela para a análise nutricional de plantas e quantificação da umidade foi feita aos 375 DAP, esses foram coletados ao acaso nas linhas centrais em que não foram utilizadas para pesagem de colmos, esses foram transportados para o laboratório de nutrição de plantas pertencente a UNESP – Ilha Solteira. Os perfilhos das parcelas foram triturados utilizando um triturador da marca Tramontina TRE25 pertencente ao laboratório de nutrição de plantas pertencente a UNESP – Ilha Solteira. A massa triturada com o caldo foi homogeneizada manualmente e coletado uma amostra posta em sacos de papel, esses foram pesados obtendo o PF, que foram submetidos imediatamente em uma estufa de circulação de ar forçado à 65°C por 5 dias. As amostras foram retiradas das estufas e pesadas obtendo o PS, utilizado para calcular a Umidade

das plantas dos tratamentos. O material seco posteriormente foi moído por um moinho do tipo willey da marca Marconi e utilizado para determinar o teor de nutrientes da planta inteira.

As avaliações biométricas de AP, NP, DP, NI e MP foram feitas aos 376 DAP, escolheu-se uma das três linhas centrais de cada parcela, foi contado o número de perfilhos total desta e cortado todos os perfilhos pela base, imitando a colheita mecanizada da linha de cinco metros. Os perfilhos foram despontados e desfolhados antes de quantificar o peso de colmos para a determinação do peso médio de colmos por parcela para o cálculo de toneladas de colmos por hectare (TCH).

Cinco perfilhos inteiros por parcela foram coletados aos 376 DAP para a biometria, esses foram desfolhados e despontados (abaixo do ponto de quebra da ponteira) em que foi medido a AP, NI e DP da base, meio e ponta dos colmos.

A determinação da qualidade tecnológica da cana ocorreu aos 350 DAP com ajuda do laboratório da Usina vale do Paraná, coletou-se 10 perfilhos por parcela, determinou-se o °Brix, Fibra, e ATR de acordo com Fernandes (2003). O ATR foi utilizado com o TCH para o cálculo de toneladas de ATR por hectare (TAH).

Os dados foram digitados em planilha eletrônica, foi realizado os testes de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) a 5% de significância e submetidos à análise de variância sendo empregado o modelo Logístico disponível no pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2014). As médias tanto para comparação das variedades de cana-de-açúcar como de inoculações com BPCP foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de significância com o software R (R-Core-Team, 2016).

3. Resultados e discussão

3.1. Componentes de produção e qualidade tecnológica

A interação entre genótipo e bactéria não foi significativa para os parâmetros de componentes de produção (AP, NP, ICF, DC, NI, TCH e TAH) em todos os períodos e para a qualidade tecnológica (°Brix, % de fibra, Pureza, Umidade e ATR) (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Valores do teste F da análise de variância para as avaliações de altura de plantas (AP) em metros, número de perfilhos (NP) e índice de clorofila foliar (ICF) para os fatores genótipos de cana-de-açúcar (G), inoculação das bactérias (B), interação entre G e B (GxB), coeficiente de variação (CV%) e média geral (M) nas épocas 98, 194, 283 e 376 dias após o plantio (DAP), Suzanápolis, São Paulo, Brasil, 2021

Épocas	Avaliações	G	B	GxB	CV (%)	M
98 DAP	AP	23,224*	0,852 ns	0,372 ns	14,84	0,25
	NP	8,172*	0,645 ns	0,897 ns	13,40	17,74
	ICF	0,843 ns	0,635 ns	0,361 ns	6,35	40,50
194 DAP	AP	13,253*	0,071 ns	1,165 ns	17,79	0,57
	NP	14,980*	0,093 ns	1,624 ns	16,85	23,09
	ICF	3,608*	1,523 ns	0,882 ns	8,21	37,30
283 DAP	AP	1,812 ns	0,979 ns	1,165 ns	8,11	2,80
	NP	3,225 ns	2,179 ns	1,496 ns	18,84	16,43
	ICF	0,698 ns	0,995 ns	0,721 ns	12,204	44,50
376 DAP	AP	23,884*	0,493 ns	1,135 ns	7,00	2,73
	NP	7,542*	0,352 ns	0,598 ns	24,01	15,20

* (significativo) e ns (não significativo) a $p < 0,05$ pelo teste F.

Tabela 3. Valores do teste F da análise de variância para as avaliações de diâmetro médio do colmo (DC) em milímetros, número de internódios por colmo (NI), colmos por hectare (TCH), toneladas de açúcar totalmente recuperável por hectare (TAH), teor aparente de sólidos solúveis presentes no caldo (°Brix), porcentagem de fibra (Fibra), porcentagem de pureza do caldo (Pureza), porcentagem de umidade do material fresco (Umidade) e açúcar totalmente recuperável (ATR) em kg ATR ha⁻¹ para os fatores genótipos de cana-de-açúcar (G), inoculação das bactérias (B), blocos (Bloco), interação entre G e B (GxB), coeficiente de variação (CV%) e média geral (M), Suzanópolis, São Paulo, Brasil, 2021

Avaliações	G	B	GxB	CV	M
DC	62,590 *	1,040 ns	0,625 ns	6,01	25,58
NI	49,649 *	0,763 ns	1,099 ns	8,71	18,93
TCH	4,526*	1,823 ns	1,165 ns	10,36	139,06
TAH	23,884*	0,493 ns	1,135 ns	7,00	15,90
°Brix	0,193 ns	1,134 ns	0,809 ns	10,34	16,60
Fibra	1,501 ns	0,413 ns	0,711 ns	13,56	9,80
Pureza	1,847 ns	1,329 ns	0,417 ns	8,16	76,20
Umidade	1,393 ns	1,278 ns	0,710 ns	3,39	72,70
ATR	0,803 ns	1,833 ns	0,393 ns	12,07	11,40

* (significativo) e ns (não significativo) a $p < 0,05$ pelo teste F.

Os genótipos RB867515, RB92579 e CTC4 não aumenta a capacidade de crescimento (altura de plantas e diâmetro médio de colmos), perfilhamento, índice de clorofila foliar, produção de açúcar (ATR) e componentes tecnológicos (°Brix, Pureza e umidade) com a inoculação de bactérias promotoras de crescimento quando há aplicação de fertilizantes minerais nas quantidades recomendadas para a cultura (Pereira et al., 2018; Simões et al., 2018; Antunes et al., 2019). O solo apresentando níveis adequados de nutrientes para o desenvolvimento, a cana-de-açúcar apresentará o potencial genético máximo produtivo (E Jamuna, 2020).

O processo de colonização das bactérias promotoras de crescimento que se hospedam nos tecidos radiculares não é passivo, a planta gasta energia para poder manter uma relação mutualística com esses microorganismos (Costa et al., 2014; Yan et al., 2017). Os nutrientes chegam as raízes no solo através de interceptação radicular, fluxo de massa e difusão, são processos que indiretamente a planta os absorve, portanto, energeticamente é mais vantajoso a

planta absorver nutrientes do solo que manter relações mutualísticas com microorganismos benéficos.

Estudos analisando inoculação de bactérias promotoras de crescimento e doses de nutrientes como nitrogênio e fósforo, observaram que nas maiores quantidades de fertilizantes aplicados, menor é a resposta da cana-de-açúcar em qualquer genótipo para os parâmetros tecnológicos e produtivos como DC, AP, TCH, ATR entre outros (Oliver e Silva, 2018; Lopes et al., 2019; Zuffo e Aguilera, 2020; Rosa et al., 2020).

3.2. Análise nutricional da folha diagnose e planta inteira

A interação entre genótipo e bactéria foi significativa para os teores de magnésio e cobre de acordo com o quadro de análise de variância da análise nutricional da folha diagnose para os genótipos de cana-de-açúcar (Tabela 4) e as seguintes médias e respectivos erros padrões dos teores de nutrientes (Tabela 5).

Tabela 4. Valores do teste F da análise de variância para a avaliação da análise nutricional da folha diagnose para os fatores genótipos de cana-de-açúcar (G), inoculação das bactérias (B), interação entre G e B (GxB), coeficiente de variação (CV%) e média geral (M), Suzanápolis, São Paulo, Brasil, 2021

Nutrientes	G	B	GxB	CV%	M
N (g kg ⁻¹)	10,277*	0,468 ns	0,542 ns	4,87	19,87
P (g kg ⁻¹)	2,408 ns	0,788 ns	0,684 ns	7,12	2,48
K (g kg ⁻¹)	0,488 ns	0,509 ns	1,223 ns	17,87	16,4
Ca (g kg ⁻¹)	8,138*	1,197 ns	1,123 ns	16,12	3,12
Mg (g kg ⁻¹)	20,793*	0,973 ns	2,072*	13,04	1,75
S (g kg ⁻¹)	11,007*	1,062 ns	1,311 ns	12,28	1,77
Cu (mg kg ⁻¹)	19,415*	15,560*	11,572*	14,82	9,28
Fe (mg kg ⁻¹)	1,033 ns	1,413 ns	0,447 ns	10,10	93,47
Mn (mg kg ⁻¹)	98,990*	0,170 ns	1,183 ns	12,16	112,69
Zn (mg kg ⁻¹)	6,628*	1,484 ns	0,719 ns	11,93	24,17

* (significativo) e ns (não significativo) a $p < 0,05$ pelo teste F. Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), Cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn).

Tabela 5. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (média + erro padrão da média) da folha diagnose na cana-de-açúcar de acordo com o genótipo e inoculação das bactérias e as seguintes médias para a inoculação das bactérias e genótipos, Suzanópolis, São Paulo, Brasil, 2021

Nutriente	Genótipo	C	AZ	BS	PF
N (g kg ⁻¹)	7515	18,78 ± 0,59	18,85 ± 0,82	19,46 ± 0,34	18,71 ± 0,41 B
	579	19,95 ± 0,45	19,67 ± 0,95	20,13 ± 0,20	19,88 ± 0,17 AB
	CTC4	20,67 ± 0,37	20,23 ± 0,91	20,51 ± 0,25	21,56 ± 0,25A
P (g kg ⁻¹)	7515	2,35 ± 0,20	2,50 ± 0,00	2,39 ± 0,14	2,32 ± 0,11
	579	2,48 ± 0,21	2,44 ± 0,07	2,65 ± 0,04	2,60 ± 0,08
	CTC4	2,38 ± 0,20	2,56 ± 0,11	2,54 ± 0,13	2,49 ± 0,03
K (g kg ⁻¹)	7515	15,38 ± 3,29	19,08 ± 0,33	15,40 ± 0,43	15,47 ± 0,41
	579	16,15 ± 0,34	16,03 ± 0,51	15,86 ± 0,21	15,33 ± 0,28
	CTC4	15,62 ± 0,47	16,07 ± 0,40	16,04 ± 0,15	20,35 ± 3,75
Ca (g kg ⁻¹)	7515	3,66 ± 0,29	3,23 ± 0,16 A	3,32 ± 0,50	3,25 ± 0,02
	579	2,92 ± 0,38	2,19 ± 0,29 B	2,70 ± 0,29	2,77 ± 0,10
	CTC4	2,93 ± 0,23	3,14 ± 0,01 AB	3,62 ± 0,08	3,76 ± 0,01
Mg (g kg ⁻¹)	7515	2,16 ± 0,01 A	1,98 ± 0,08 A	2,04 ± 0,01 A	2,04 ± 0,01 A
	579	1,74 ± 0,03 a AB	1,20 ± 0,05 b B	1,31 ± 0,02 ab B	1,56 ± 0,22 ab B
	CTC4	1,53 ± 0,24 B	1,76 ± 0,09 A	1,91 ± 0,01 A	1,81 ± 0,02 AB
S (g kg ⁻¹)	7515	1,96 ± 0,02 A	1,96 ± 0,14	2,11 ± 0,11 A	1,88 ± 0,05
	579	1,37 ± 0,16 B	1,82 ± 0,07	1,41 ± 0,08 B	1,63 ± 0,09
	CTC4	1,74 ± 0,02 AB	1,68 ± 0,16	1,86 ± 0,11 B	1,76 ± 0,03
Cu (mg kg ⁻¹)	7515	8,33 ± 0,27 ab	11,00 ± 0,00 a A	7,66 ± 0,27 b B	10,00 ± 1,25 ab B
	579	7,67 ± 0,98	7,50 ± 0,24 B	7,33 ± 0,72 B	7,67 ± 0,54 B
	CTC4	6,67 ± 0,54c	9,33 ± 1,19 ab AB	10,50 ± 0,24 b A	17,66 ± 0,00 a A
Fe (mg kg ⁻¹)	7515	91,33 ± 8,65	96,00 ± 10,14	91,66 ± 5,44	89,00 ± 5,35
	579	85,33 ± 9,80	101,66 ± 5,17	87,00 ± 1,25	93,00 ± 5,73
	CTC4	93,66 ± 8,55	98,33 ± 3,78	96,00 ± 5,44	98,66 ± 8,90
Mn (mg kg ⁻¹)	7515	112,66 ± 2,99 B	131,00 ± 6,68 A	115,66 ± 4,75 B	124,00 ± 4,99 A
	579	74,66 ± 14,61 C	62,66 ± 7,66 B	68,00 ± 0,94 C	74,33 ± 4,77 B
	CTC4	142,33 ± 3,34 A	147,33 ± 10,25 A	158,00 ± 0,82 A	141,66 ± 1,78 A
Zn (mg kg ⁻¹)	7515	25,33 ± 1,52	26,33 ± 2,33	25,66 ± 2,18 AB	26,00 ± 0,82
	579	20,33 ± 1,66	23,33 ± 1,19	21,00 ± 1,70 B	22,33 ± 0,27
	CTC4	21,66 ± 0,27	25,33 ± 1,44	27,66 ± 1,09 A	25,00 ± 1,25

Verde = adequado; Azul = excesso; Vermelho = deficiência (Raij et al., 1997). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey. Genótipos RB867515 (7515), RB92579 (579) e CTC4. Inoculação de *Azospirillum brasiliense* (AZ), *Bacillus subtilis* (BS), *Pseudomonas fluorescens* (PF) e Controle (C).

A análise foliar é usada para avaliar a demanda de nutrientes para a cultura da cana-de-açúcar e contribui para o manejo de fertilizantes (Moura Filho et al., 2014). A análise nutricional da folha diagnose mostra que a cultura está com teores adequados para nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro manganês e zinco de acordo com o Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997).

A interação entre genótipo e bactéria foi significativa para os teores de fosforo, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco de acordo com o quadro de análise de variância da análise nutricional das plantas inteiras para os genótipos de cana-de-açúcar (Tabela 6).

Tabela 6. Valores do teste F da análise de variância para a avaliação da análise nutricional das plantas inteiras para os fatores genótipos de cana-de-açúcar (G), inoculação das bactérias (B), interação entre G e B (GxB), coeficiente de variação (CV%) e média geral (M), Suzanópolis, São Paulo, Brasil, 2021

Nutriente	G	B	GxB	CV%	M
N (g kg ⁻¹)	0,590 ns	0,802 ns	0,569 ns	16,83	6
P (g kg ⁻¹)	207,793*	16,928*	17,948*	11,68	0,4
K (g kg ⁻¹)	0,648 ns	5,094*	3,984*	17,87	17,30
Ca (g kg ⁻¹)	5,021*	4,369*	0,644 ns	11,20	2,40
Mg (g kg ⁻¹)	6,548*	3,612*	0,273 ns	16,60	1,00
S (g kg ⁻¹)	1,510 ns	0,707 ns	3,363*	12,19	1,20
B (mg kg ⁻¹)	4,202*	3,130*	9,203*	14,55	4,40
Cu (mg kg ⁻¹)	37,096*	52,539*	27,025*	12,62	20,30
Fe (mg kg ⁻¹)	7,819*	93,641*	34,462*	6,97	70,70
Mn (mg kg ⁻¹)	146,756*	48,292*	21,499*	6,19	64,10
Zn (mg kg ⁻¹)	123,194*	38,006*	15,924*	6,79	64,40

* (significativo) e ns (não significativo) a $p < 0,05$ pelo teste F. Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), Boro (B) cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn).

O genótipo RB867515 não apresentou maior absorção de nutrientes com a inoculação das bactérias (Tabela 7). O genótipo RB92579 apresentou maiores teores de fósforo, enxofre, boro, cobre e ferro com a inoculação das três bactérias. As bactérias *Azospirillum brasiliense* e *Bacillus subtilis* aumentaram a absorção de fósforo e cobre para o genótipo RB92579 (Tabela 7). A bactéria *Pseudomonas fluorescens* aumentou a absorção de fósforo, enxofre, boro, cobre

e ferro para o genótipo RB92579 (Tabela 7). A bactéria *Azospirillum brasiliense* aumentou a absorção de fósforo para o genótipo CTC4 (Tabela 7).

Tabela 7. Teores de fósforo (P), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (média + erro padrão da média) em plantas inteiras de cana-de-açúcar para a inoculação das bactérias e genótipos, Suzanápolis, São Paulo, Brasil, 2021

Nutriente	Genótipo	C	AZ	BS	PF
P (g kg ⁻¹)	7515	0,21 ± 0,00 ab B	0,19 ± 0,00 b C	0,17 ± 0,03 b C	0,29 ± 0,02 a B
	579	0,15 ± 0,01 b B	0,37 ± 0,02 a B	0,31 ± 0,02 a B	0,37 ± 0,02 a AB
	CTC4	0,5 ± 0,02 c A	0,72 ± 0,00 a A	0,59 ± 0,03 b A	0,40 ± 0,02 c A
S (g kg ⁻¹)	7515	1,19 ± 0,00 ab	1,46 ± 0,03 a A	1,28 ± 0,05 ab	1,09 ± 0,07 b
	579	0,98 ± 0,06 b	1,06 ± 0,09 ab B	1,23 ± 0,10 ab	1,34 ± 0,09 a
	CTC4	1,25 ± 0,01	1,14 ± 0,07 B	1,16 ± 0,14	1,25 ± 0,05
B (mg kg ⁻¹)	7515	4,73 ± 0,23 ab B	4,25 ± 0,45 ab	5,45 ± 0,12 a A	3,77 ± 0,22 b B
	579	3,30 ± 0,45 b C	4,04 ± 0,17 ab	3,30 ± 0,45 b B	5,21 ± 0,46 a A
	CTC4	6,40 ± 0,32 a A	3,40 ± 0,09 b	4,68 ± 0,26 b A	4,19 ± 0,04 b AB
Cu (mg kg ⁻¹)	7515	21,66 ± 1,19 a A	3,50 ± 0,24 c C	10,55 ± 1,41 b B	26,11 ± 2,81 a B
	579	11,22 ± 1,43 c B	24,00 ± 1,41 b A	26,22 ± 1,53 b A	36,00 ± 0,00 a A
	CTC4	24,55 ± 1,36 a A	18,59 ± 0,93 b B	15,66 ± 0,00 b B	25,89 ± 1,34 a B
Fe (mg kg ⁻¹)	7515	74,00 ± 4,19 a B	54,07 ± 1,96 b B	52,44 ± 1,18 b B	84,66 ± 2,23 a B
	579	68,00 ± 3,09 b B	54,89 ± 1,49 c B	48,00 ± 0,47 c B	116,33 ± 3,03 a A
	CTC4	90,44 ± 2,99 a A	66,66 ± 1,36 b A	70,00 ± 0,00 b A	69,00 ± 0,00 b C
Mn (mg kg ⁻¹)	7515	71,22 ± 3,56 a B	50,11 ± 2,00 b B	55,22 ± 0,09 b B	49,66 ± 0,27 b B
	579	69,11 ± 2,44 a B	59,11 ± 1,02 b A	48,78 ± 0,09 c B	45,77 ± 0,63 c B
	CTC4	91,22 ± 1,88 a A	58,33 ± 0,98 c A	77,22 ± 1,84 b A	93,89 ± 2,92 a A
Zn (mg kg ⁻¹)	7515	71,11 ± 3,65 a B	50,11 ± 2,00 b B	55,22 ± 0,09 b B	49,66 ± 0,27 b B
	579	69,11 ± 2,44 a B	59,11 ± 1,02 b A	48,78 ± 0,09 c B	47,33 ± 1,91 c B
	CTC4	91,11 ± 1,97 a A	60,00 ± 2,16 c A	77,22 ± 1,84 b A	93,89 ± 2,92 a A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey. Genótipos RB867515 (7515), RB92579 (579) e CTC4. Inoculação de *Azospirillum brasiliense* (AZ), *Bacillus subtilis* (BS), *Pseudomonas fluorescens* (PF) e Controle (C).

A característica genética do genótipo RB867515 em solos com baixa fertilidade, é ter maior resposta produtiva, este aspecto pode ter influenciado o genótipo em uma condição de fertilização e condições nutricionais adequadas, não aumentar a absorção de nutrientes com a presença de bactérias promotoras de crescimento (Schultz et al., 2012).

As bactérias testadas nesse trabalho têm a capacidade de produzir fitormônios como auxinas, giberelinas e citocininas (Reyners e Vlassak, 1979; Tien et al., 1979). A produção

desses fitormônios causam mudanças na morfologia das raízes, promove o aumento da exploração radicular no solo, que está relacionado a maior absorção de nutrientes do solo (Talboys et al., 2014).

A inoculação de bactérias diazotróficas nas plantas permite produção de fitormônios e metabólitos, que aumentam a capacidade de crescimento e volume explorado pelas raízes, absorvendo maior quantidade de nutrientes (Oliveira et al., 2017; Granada et al., 2018). A inoculação com *Pseudomonas fluorescens* produz grandes quantidades de ácido glucônico, que solubiliza fósforo adsorvido (Oteino et al., 2015).

A inoculação com essas bactérias associada com a fertilização na cana-de-açúcar no genótipo RB92579 aumenta a capacidade dessa em absorver mais nutrientes como o fósforo e potássio (Pedula et al., 2016). A disponibilidade de nutrientes na rizosfera aumenta com esses microrganismos, ocorre alteração de mecanismos bioquímicos na raiz, como a acidificação da rizosfera e regulação de genes envolvidos na captação e translocação de íons (Pii et al., 2015).

O *Azospirillum brasiliense* coloniza o interior das raízes de plantas, essa associação aumenta a produção de esporos de micorrizas arbusculares no solo com o genótipo CTC4, esses organismos estabelecem associações mutualísticas com as plantas, que favorecem a absorção de nutrientes, essa bactéria também é capaz de produzir ácido-indolacético (Moura, 2015; Moura et al., 2017).

4. Conclusão

A inoculação de *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* nos genótipos RB867515, RB92579 e CTC4 não aumenta a produção e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em cana planta.

A inoculação das três bactérias no genótipo RB92579 aumenta a absorção de fósforo, enxofre, boro, cobre e ferro. O *Azospirillum brasiliense* aumenta a absorção de fósforo com no genótipo CTC4. A inoculação das três bactérias não influencia na absorção de nutrientes no genótipo RB867515.

5. Referências

- Afzal, A. E. & Bano, A. (2008). Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 10(1), 85 – 88.
- Antunes, J. E. L.; Freitas, A. D. S.; Oliveira, L. M. S.; Lyra, M. C. C. P.; Fonseca, M. A. C.; Santos, C. E. R. S.; Oliveira, J. P.; Araújo, A. S. F.; Figueiredo, M. V. B. (2019). Sugarcane inoculated with endophytic diazotrophic bacteria, effects on yield, biological nitrogen fixation and industrial characteristics. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(4) e20180990.
- Araújo, E. & Santos, J. (2013). O desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Brasil e sua relevância na economia nacional. *Revista Científica Facider*, 4.
- ASSOCANA - Associação Rural dos Fornecedores e Plantadores de Cana da Média Sorocabana. Disponível em, http://www.assocana.com.br/arquivos/upload/files/documentos/variedades_2020.pdf. Acesso, 14/06/2021.
- Bezerra, J. D. C.; Ferreira, G. D. G.; Oliveira, M. W.; Campos, J. M. S.; Andrade, A. P. & Nascimento Júnior, J. R. S. (2018). Cana-de-açúcar, Melhoramento genético e suas finalidades forrageiras. *Nucleus Animalium*, 10(2), 131 – 147.
- BRASIL. (2012). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura. Brasília, DF, 173 p.
- Companhia Nacional De Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 6 - Safra 2019/20, n. 3 - Terceiro levantamento, Brasília, p. 1 – 58. dezembro de 2019.
- Cornelis, P. (2008). *Pseudomonas*, Genomics and molecular biologia. 1º Ed. Caister Academic Press.
- Costa, P. B.; Granada, C. E.; Ambrosini, A.; Moreira, F.; De Souza, R.; Dos Passos, J. F. M.; Arruda, L. & Passaglia, L. M. P. (2014). A model to explain plant growth promotion traits, A multivariate analysis of 2,211 bacterial isolates. *PLoS ONE*, 9, 1 – 25,
- E, Jamuna. (2020). Influence of microbial bioinoculants on growth and yield attributes of sugarcane. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 2(4), 754 – 756.

Estrada, G. A.; Baldani, V. L. D.; Oliveira, D. M.; Urquiaga, S.; Baldani, J. I. (2013). Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. *Plant and Soil*, 369, 115 – 129.

FALKER, Automação agrícola. (2008). Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030) Porto Alegre, 33p. Disponível em, <http://www.falker.com.br/produto_download.php?id=4>. Acesso em, 10 jun. 2021.

FERNANDES, A.C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. 2.ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240p.

Ferreira, E. B.; Cavalcanti, P. P. & Nogueira, D. A. (2014). ExpDes, an R package for ANOVA and experimental designs. *Applied Mathematics*, 5(19), 952 – 958.

Ferreira J. P.; Nunes R. F.; Silva R. B.; Dal Bem E. A.; Garcia D. P.; Sabundjian M. T. & Souza F. M. L. (2017). *Azospirillum* brasilense via foliar e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo na região de Itapeva-SP. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 11(2), 154 – 163.

Ferreira, R. J.; Soares, P. L. M.; Carvalho, R. B.; Santos, J. M.; Batista, E. S. P. & Barbosa, J. C. (2017). Espécies de *Bacillus* no controle dos nematoides das galhas e no desenvolvimento de cana-de-açúcar. *Nematológica*, 47(2), 106 – 113.

Fischer, D.; Pfitzner, B.; Schmid, M.; Simões-Araújo, J.L.; Reis, V.M.; Pereira, W.; Ormeñoorillo; E., Hai, B.; Hofmann, A.; Schloter, M.; Martinez-Romero, E., Baldani, J.I. & Hartmann, A. (2012). Molecular characterization of the diazotrophic bacterial community in uninoculated and inoculated field-grown sugarcane. *Plant and Soil*, 356, 83 – 99.

Gonçalves, M. C.; Silva, K. C.; Oliveira, C. E. S. & Steiner, F. (2020). Nitrogênio e *Azospirillum* brasilense no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. *Colloquium Agrariae*, 16(2), 72 – 81.

Gordillo-Delgado, F.; Marín, E. & Calderón, A. (2016). Effect of *Azospirillum brasilense* and *Burkholderia unamae* Bacteria on Maize Photosynthetic Activity Evaluated Using the Photoacoustic Technique. *International Journal of Thermophysics*, 37, 1 – 11.

Granada, C. E.; Passaglia, L. M. P.; Souza, E. M. & Sperotto, R. A. (2018). Is phosphate solubilization the forgotten child of plant growth-promoting rhizobacteria? *Frontiers in Microbiology*, 9.

Hashem, A.; Baby, T. & Elsayed, F. A. A. (2019). *Bacillus subtilis*, A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. Saudi Journal of Biological Sciences, 26(6) 1291 – 1297.

Kazi, N.; Deaker, R.; Wilson, N.; Muhammad K. & Trethowan, R. (2016). The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. Field Crops Research, 196, 368 – 78.

Kottek, M.; J. Grieser, C. & Beck, B. Rudolf, and F. Rubel. (2006). World map of the Koppen-Geiger climate classification updated, Meteorologische Zeitschrift, 15(3), 259 – 263,

Lacerda, A. R. S, Souza, A. R., Santos, T. M., Clemente, J. M., Duarte, A. R., Machado, M. G. (2019). Produtividade da cana-de-açúcar em resposta a adubação NPK em diferentes épocas. Humanidades & Tecnologia em Revista, 18(1), 45 – 51.

Lopes, V. R.; Bessalho Filho, J. C.; Figueiredo, G. G. O.; Oliveira, R. A. & Daros, E. (2019). Interaction between sugarcane families and plant growth-promoting bacteria in two crop cycles. Seminário de Ciências Agrárias, 40, 527 – 382.

Machado, A. P. & Costa, M. J. N. (2017). Biocontrole do fitonematoide *Pratylenchus brachyurus* in vitro e na soja em casa de vegetação por *Bacillus subtilis*. Revista Biociências, 23(1), 83 – 94.

Malavolta, E.; Vitti, G. C. & Oliveira, S. A. (1997). Evaluation of Plant Nutritional Status, Principles and Applications. Piracicaba, Potafos.

Matoso, E. S.; Avancini, A. R.; Maciel, K. F. K.; Alves, M. C.; Simon, E. D. T. & Silva, M. T. (2020). Influência do uso de um mix de bactérias diazotróficas na biometria e no conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar. Brazilian Journal of Development, 6(2), 7261 – 7274.

Moura Filho, G.; Albuquerque, A. W. D.; Moura, A. B.; Santos, A. C.; Oliveira Filho, M. D. S. & Silva, L. C. D. (2014). Nutritional diagnosis and yield of sugarcane varieties in Urtisols. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18, 1102 – 1109.

Moura, J. B. D. E. (2015). Diversidade e colonização micorrízica em diferentes usos do solo no Cerrado. [s.l.] UNB.

Moura, J. B.; Ribeiro, D. A.; Lopes, F. L. C.; Souza R. F. & Furquim, L. C. (2017). Arbuscular mycorrhizas in sugarcane under different planting systems and sources of nitrogen. Revista Scientia Agraria, 18(3), 20 – 29.

Mumbach, G. L.; Kotowski, I. E.; Schneider, F. J. A.; Mallmann, M. S.; Bonfada, E. B.; Portela, V. O. & Kaiser, D. R. (2017). Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. *Scientia Agraria*, 18(2), 97 – 103.

Nascimento, M. A.; Silva, T. L.; Rosendo, B. H. B.; Silva, E. S.; Almeida, L. J. M.; Freitas, A. B. T. M. & Mielezrski, F. (2019). Teor de sólidos solúveis de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas à calagem em dois ciclos produtivos da cultura. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 7(3), 80 – 87.

Oliveira, F. G. G.; Carlos, C. J.; Tales, R.; Carlo, B. F. J. & Edelclaiton, D. (2017). Sugarcane clones inoculated with five species of promoting-growth plant bacteria. *Idesia Arica*, 35(2).

Oliveira, M. A.; Zucareli, C.; Ferreira, A. S.; Domingues, A. R.; Spolaor, L. T. E. & Neves, C. S. V. J. (2015). Adubação fosfatada e rizobactérias no desempenho do milho. *Revista de Ciências Agrárias*, 38(1), 18 – 25.

Oteino, N.; Lally, R. D. Kiwanuka, S.; Lloyd, A.; Ryan, D.; Germaine, K. J. & Dowling, D. N. (2015). Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. *Frontiers in Microbiology*, 6(745).

Pedula, R. O.; Schultz, N.; Monteiro, R. C.; Pereira, W.; Araújo, A. P.; Urquiaga, S. & Reis, V. M. (2016). Growth analysis of sugarcane inoculated with diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization. *African Journal of Agricultural Research*, 11(30), 2786 – 2795.

Pereira, W.; Sousa, J. S.; Schultz, N. & Reis, V. M. (2018). Sugarcane productivity as a function of nitrogen fertilization and inoculation with diazotrophic plant growth-promoting bacteria. *Sugar Tech*, 21.

Pereira, W.; Leite, J. M.; Hipólito, G. S.; Santos, C. L. R. & Reis, V. M. (2013). Acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 363 – 370.

Pii, Y.; Mimmo, T.; Tomasi, T.; Terzano, R.; Cesco, S. & Crecchio, C. (2015). Microbial interactions in the rhizosphere, beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. *Biology and Fertility of Soil*, 51, 403 – 415.

Raij, B. V. & Cantarella, H. (1997). “Other industrial crops: sugarcane,” in: *Technical Bulletin 100: Liming and Fertilizing Recommendations for the State of São Paulo*, eds B. V. Raij, H. Cantarella, J. A. Quaggio, and A. M. C. Furlani (Campinas: IAC), 233 – 239.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 285p. 2001.

R-Core-Team. R, A. (2016). Language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing.

Reynders, L. & Vlassak, K. (1979). Conversion of tryptophan to indoleacetic-acid by *Azospirillum brasilense*. *Soil Biology Biochemistry*, 11, 547 – 548.

RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético. Disponível em, <https://www.ridesa.com.br/censo-varietal>. Acesso em, 15 de fevereiro de 2021.

Rosa, P. A. L.; Mortinho, E. S.; Jalal, A.; Galindo, F. S.; Buzetti, S.; Fernandes, G. C.; Neto, M. C.; Pavinato, P. S. & Filho, M. C. M. T. Inoculation with growth-promoting bacteria associated with the reduction of phosphate fertilization in sugarcane. *Frontiers in Environmental Science*, 8(32), 2020.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. Á. Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araújo Filho, J. C.; Oliveira, J. B. & Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos Embrapa, Brasília, DF.

Schultz, N.; Morais, R. F.; Silva, J. A.; Baptista, R. B.; Oliveira, R. P.; Leite, J. M.; Pereira, W.; Carneiro Júnior, J. B.; Alves, B. J. R.; Baldani, J. I.; Boddey, R. M.; Urquiaga, S. & Reis, V. M. (2012). Avaliação agronômica de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47, 261 – 268.

Simões, W. L.; Oliveira, A. R.; Reis, V. M.; Pereira, W. & Lima J. A. (2018). Aplicação de bactérias diazotróficas via sistema de irrigação para fixação biológica de nitrogênio na cana-de-açúcar. *Energia na Agricultura*, 33(1), 45 – 51.

Sturz, A. V. & Nowak, J. (2000). Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecology*, 15, 183 – 190.