

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA**

Gabriela Demeneck Belen

Efeito da inoculação de isolados de *Pseudomonas* do grupo fluorescente na cultura do milho

Curitibanos
2023

Gabriela Demeneck Belen

**Efeito da inoculação de isolados de *Pseudomonas* do grupo fluorescente na cultura do
Milho**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Agronomia do Centro de Ciências Rurais da
Universidade Federal de Santa Catarina como requisito
para a obtenção do título de Bacharel em agronomia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Gloria Regina Botelho.

Curitibanos - SC
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Belen, Gabriela Demeneck

Efeito da inoculação de isolados de Pseudomonas do grupo
fluorescente na cultura do milho / Gabriela Demeneck Belen
; orientador, Gloria Regina Botelho, 2023.

39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2023.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Agronomia. 3. Milho. 4. Rizobactérias.
5. Nutrição vegetal. I. Botelho, Gloria Regina. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Gaboardi Km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC
TELEFONE (048) 3721-4174 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

GABRIELA DEMENECK BELEN

**EFEITO DA INOCULAÇÃO DE ISOLADOS DE *Pseudomonas* DO GRUPO
FLUORESCENTE NA CULTURA DO MILHO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira Agrônoma, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 02 de junho de 2023.



Documento assinado digitalmente
DJALMA EUGENIO SCHMITT
Data: 26/06/2023 07:52:05-0300
CPF: ***.180.539-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Gloria Regina Botelho
Data: 25/06/2023 19:40:43-0300
CPF: ***.241.057-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profª. Dra. Glória Regina Botelho
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
AMANDA GONCALVES GUIMARAES
Data: 26/06/2023 06:27:19-0300
CPF: ***.439.476-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profª. Amanda Gonçalves Guimarães
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares
Data: 26/06/2023 14:16:11-0300
CPF: ***.085.575-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Cláudio Roberto F. S. Soares
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de grande interesse econômico para a agricultura brasileira. Os solos tropicais das áreas agrícolas do Brasil geralmente apresentam condições ácidas o que resulta em pouca disponibilidade de nutrientes para as plantas. A baixa disponibilidade de nutriente no solo é um dos fatores que mais comprometem o crescimento vegetal. Por isso, estratégias alternativas para o aumento da eficiência da adubação, especialmente fosfatada, estão sendo estudadas. O uso de Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCPs), é uma alternativa para esse problema, devido a capacidade de auxiliar o desenvolvimento, através solubilização de fosfatos, produção de fitohormônios, além da fixação biológica de nitrogênio, produção da enzima ACCD e sideróforos, entre outros mecanismos de ação. Dentre as RPCPs, os gêneros *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas* são os mais estudados. Nesse contexto, objetivou-se testar *in vitro* e em campo, isolados de *Pseudomonas* do grupo fluorescente, da Coleção de Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas da UFSC campus Curitibanos. Os testes realizados *in vitro* foram: solubilização de fosfato de ferro e alumínio, produção de sideróforos e produção da enzima ACCD com dezesseis isolados de *Pseudomonas* fluorescentes. Três foram selecionados para análise em campo (CBSAL02, CBSAL05 e CBSAL06). O experimento foi conduzido em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), contendo cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram a inoculação dos isolados CBSAL02, CBSAL05, CBSAL06, testemunha sem inoculação e inoculante comercial contendo *A. brasilense*. As avaliações realizadas foram: altura de planta e inserção de espiga (cm), diâmetro do colmo (mm), teor de nitrogênio foliar (g kg^{-1}), número de fileiras por espiga e grãos por fileira e produtividade de grãos (t ha^{-1}). Das análises *in vitro*, dos dezesseis isolados, 56,25% foram produtores de sideróforo, 87,5 solubilizadores de Fe, 62,5% de Al e 87,5% produtores de ACCD. Dos três isolados selecionados por apresentarem características de solubilização de fosfato de ferro e alumínio, produção de ACCD e produção de sideróforo, apenas CBSAL05 apresentou resultado negativo para produção de sideróforo. Dos parâmetros avaliados em campo, a altura de planta e inserção da espiga não demonstraram diferenças estatísticas. No quesito diâmetro de colmo, o isolado CBSAL06 apresentou a maior média entre os tratamentos. Quanto ao número de grãos por fileira e teor de nitrogênio foliar, todos os tratamentos inoculados apresentaram médias superiores à testemunha. Na quantidade de fileiras por espiga, o tratamento padrão com *A. brasilense* obteve maior média. Para a avaliação de produtividade, todos os tratamentos inoculados superaram a média da testemunha. O isolado CBSAL06 se destacou em relação aos

demais. Esse alcançou médias superiores a testemunha em todos os parâmetros avaliados, chegando a superar a média do tratamento padrão com *A. brasilense* na avaliação de produtividade de grãos. Portanto, os isolados CBSAL02, CBSAL05 e CBSAL06 demonstraram eficiência como promotores de crescimento vegetal.

Palavras-chave: nutrição vegetal; rizobactérias; crescimento vegetal.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is a crop of great economic interest for Brazilian agriculture. Tropical soils in agricultural areas in Brazil generally have acidic conditions, which results in poor availability of nutrients for plants. The low availability of nutrients in the soil is one of the factors that most compromise plant growth. Therefore, alternative strategies to increase the efficiency of fertilization, especially phosphate, are being studied. The use of Plant Growth Promoting Rhizobacterias (PGPRs) is an alternative to this problem, due to its ability to aid development, through phosphate solubilization, phytohormone production, in addition to biological nitrogen fixation, ACCD enzyme production and siderophores, among other mechanisms of action. Among the PGPRs, the genera *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus* and *Pseudomonas* are the most studied. In this context, the objective was to test in vitro and in the field, isolates of *Pseudomonas* from the fluorescent group, from the Collection of Plant Growth Promoting Microorganisms at UFSC campus Curitibanos. The tests carried out in vitro were: iron and aluminum phosphate solubilization, siderophores production and ACCD enzyme production with sixteen fluorescent *Pseudomonas* isolates. Three were selected for field analysis (CBSAL02, CBSAL05 and CBSAL06). The experiment was conducted in a Randomized Block Design (RBD), with five treatments and four replications. The treatments used were the inoculation of isolates CBSAL02, CBSAL05, CBSAL06, control without inoculation and commercial inoculant containing *A. brasilense*. The evaluations carried out were: plant height and ear insertion (cm), stem diameter (mm), leaf nitrogen content (g.kg^{-1}), number of rows per cob and grains per row and grain yield (t.ha^{-1}). From the in vitro analyses, of the sixteen isolates, 56,25% were siderophore producers, 87,5% Fe solubilizers, 62,5% Al and 87,5% ACCD. Of the three isolates selected for presenting iron and aluminum phosphate solubilization characteristics, ACCD production and siderophore production, only CBSAL05 showed a negative result for siderophore production. Of the parameters evaluated in the field, plant height and cob insertion did not show statistical differences. In terms of stem diameter, the isolate CBSAL06 had the highest average between treatments. As for the number of grains per row and leaf nitrogen content, all inoculated treatments showed higher averages than the control. In the number of rows per cob, the standard treatment with *A. brasilense* obtained the highest average. For the productivity evaluation, all inoculated treatments surpassed the average of the control. The isolate CBSAL06 stood out in relation to the others. This achieved averages

higher than the control in all evaluated parameters, even surpassing the average of the standard treatment with *A. brasilense* in the evaluation of crop productivity. Therefore, the CBSAL02, CBSAL05 and CBSAL06 isolates demonstrated efficiency as plant growth promoters.

Keywords: plant nutrition; rhizobacteria; plant growth.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de solo da área experimental.....	21
Tabela 2 - Mecanismos de promoção de crescimento de plantas <i>in vitro</i> dos isolados.....	25
Tabela 3 - Altura de planta e inserção de espiga.....	26
Tabela 4 - Teor de nitrogênio foliar avaliado aos 105 DAS.....	27
Tabela 5 - Diâmetro do colmo aos 105 DAS.....	28
Tabela 6 - Número de fileiras/espiga (NFE) e número de grãos por fileira (NGF) avaliado aos 105 DAS.....	29
Tabela 7 - Produtividade avaliada no final do ciclo da cultura.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 A CULTURA DO MILHO	15
2.2 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL	16
2.3 RIZOBACTÉRIAS E SEUS MECANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS (RPCPs)	17
2.3.1 Produção de ACC desaminase	17
2.3.2 Solubilização de fosfatos	18
2.3.3 Produção de sideróforo	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 TESTE DE SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATOS, PRODUÇÃO DE SIDERÓFOROS E ACC DESAMINASE <i>in vitro</i>	20
3.2 AVALIAÇÃO DOS ISOLADOS EM CAMPO	20
3.2.1 Preparo de inóculos com isolados de <i>Pseudomonas</i> fluorescente	22
3.2.2 Instalação do experimento	23
3.4 PARÂMETROS AVALIADOS	23
3.4.1 Altura de planta e inserção da espiga	23
3.4.2 Teor de Nitrogênio foliar	23
3.4.3 Diâmetro do colmo	24
3.4.4 Número de fileiras por espiga e grãos por fileira	24
3.4.5 Produtividade	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 MECANISMOS DE PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO VEGETAL	25
4.2 ANÁLISES EM CAMPO	26
4.2.1 Altura de planta e inserção de espiga	26
4.2.2 Teor de nitrogênio foliar	27
4.2.3 Diâmetro do colmo	28
4.2.4 Número de fileiras por espiga e grãos por fileira	29
4.2.5 Produtividade	30

5 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O milho é um cereal cultivado em diversas partes do mundo e tem grande importância econômica devido a quantidade produzida (TACO, 2011; CONAB, 2020 a). Esse cereal é fonte para diversas áreas, desde a alimentação humana e animal até a produção de combustível (MIRANDA *et al.*, 2021). O milho é a base da alimentação para aves, suínos e bovinos, sendo amplamente utilizado na formulação de rações, devido ao seu potencial energético, sendo essencial para as atividades agropecuárias (MIRANDA *et al.*, 2021). As expectativas de aumento de consumo da carne desses animais refletem em projeções de incremento de demanda do cereal. Para atender a essa demanda, é necessário elevar a produtividade por meio de adubações e inserção de novas tecnologias mais eficientes (CONAB, 2019). A Conab previu para a cultura do milho, uma produção total de 125,8 milhões de toneladas, na safra 2022/23, com aumento esperado de 11,2% comparado à safra anterior. O plantio do milho primeira safra avançou em todas as regiões produtoras do cereal (CONAB, 2022).

Presente na maior parte do Brasil, o clima tropical úmido resulta na formação de solos muito profundos e intemperizados (BARUQUI *et al.*, 2006). Esse tipo de solo apresenta condições ácidas e predomínio de fosfato de ferro (FePO_4), que resulta em pouca disponibilidade de fósforo (P) para satisfazer as necessidades das plantas (NOVAIS; SMYTH, 1999). A baixa disponibilidade deste nutriente no solo é um dos fatores que mais comprometem o crescimento dos vegetais (BARROSO; NAHAS, 2005). Na intenção de minimizar este problema, é feita a aplicação de elevadas quantidades de fertilizantes fosfatados, método que aumenta os custos de produção, comprometendo a sustentabilidade do agronegócio brasileiro (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Outro problema que afeta o desenvolvimento vegetal são as situações de estresse causadas pelas transformações climáticas que aumentam os níveis de etileno nas plantas (KHAN, 2006), reduzindo a produtividade. O etileno regula vários processos fisiológicos, estimulando a germinação de sementes, a senescência floral e induz respostas ao estresse biótico e abiótico (KHAN, 2006; TAIZ *et al.*, 2009; MANZANO *et al.*, 2014). Picos de etileno podem causar a inibição do alongamento das raízes e da nodulação em leguminosas, o aparecimento de hipertrofias, aceleração dos processos de senescência e abscisão (GLICK *et al.*, 2007).

Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCPs), estão sendo estudadas com objetivo de promover uma agricultura mais rentável e sustentável. As RPCPs são microrganismos encontrados na rizosfera (SANTOS *et al.*, 2018). Um dos grupos que geram interesse entre os pesquisadores são *Pseudomonas* do grupo fluorescente, devido sua capacidade de promover o crescimento das plantas (ARAÚJO *et al.*, 2000), por meio de mecanismos, como fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fosfatos, produção de fitohormônios, sideróforos, produção de ACC desaminase entre outros (SHAHAB *et al.*, 2009)

Neste sentido, supõe-se que os isolados de *Pseudomonas* do grupo fluorescente da coleção do Laboratório de Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (LMPCP) da UFSC *campus* Curitibanos, têm capacidade de solubilizar fosfatos de ferro e alumínio, como também produzir a enzima ACC deaminase e sideróforos, podendo estimular o crescimento de plantas de milho na condição de campo. A coleção destes microrganismos contém 23 isolados, dos quais CBSAL02, CBSAL05 e CBSAL21 já foram submetidos a estudos em campo para avaliar o efeito dessas bactérias na cultura do milho, quando submetidas a diferentes doses de adubação de N (MODENA, 2019). Testes *in vitro*, para determinar a capacidade de solubilização de fosfato de cálcio, produção de AIA (ácido indol acético) e fixação biológica de nitrogênio foram feitos em toda a coleção (BOTELHO *et al.*, 2019).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar os mecanismos de promoção de crescimento de isolados de *Pseudomonas* do fluorescente e seus efeitos no desenvolvimento e crescimento do milho.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar a produção da enzima ACC desaminase *in vitro*.

Avaliar a produção de sideróforo *in vitro*.

Analisar a capacidade de solubilizar fosfatos de ferro e alumínio *in vitro*.

1.2 JUSTIFICATIVA

O crescimento na demanda por milho requer maior produtividade da cultura. Segundo Resende (2002), a adubação encarece o custo de produção e a grande quantidade de fertilizantes aplicados nos solos, com o passar do tempo, pode promover alterações na microbiota, prejudicando todo o ecossistema do solo, especialmente a ciclagem de nutrientes. A grande quantidade de fertilizantes aplicados pode acarretar em problemas, como aumento na concentração de sais e nitrato na água (LOPES; GUILHERME, 2000). Por isso, é importante que a planta aproveite, ao máximo, os nutrientes fornecidos, reduzindo a entrada excessiva desses insumos (LANDAU *et al.*, 2020).

Alternativas para reduzir o custo de produção e os impactos ambientais estão sendo estudadas. Por isso, a utilização de microrganismos capazes de promover o crescimento e melhorar a absorção de nutrientes tem ganhado grande espaço (RATZ *et al.*, 2017). Existem relatos de promoção de crescimento por rizobactérias em culturas como milho (CARDOSO *et al.*, 2008), trigo (RANA *et al.*, 2012; SHENG; HE, 2006.), entre outras. Na cultura do milho, a promoção de crescimento leva ao aumento na produção de grãos e ao crescimento da planta (COELHO *et al.*, 2007).

Por esse motivo, o uso de *Pseudomonas* do grupo fluorescente na promoção do crescimento de plantas é uma alternativa que vem se consolidando, devido aos seus diversos mecanismos de ação, como, a solubilização de fosfatos que favorece o suprimento do nutriente às culturas, aumentando sua absorção pelas plantas (AFZAL; BANO, 2008; LIFISGITZ *et al.*, 1987), a produção da enzima ACCD, (MARCHIORO, 2005), que reduz os efeitos do etileno, em decorrência de estresses ambientais e a produção de sideróforos que atuam no aumento da disponibilidade de Fe no solo (SANTOS *et al.*, 2018), estes organismos são frequentemente liberados por bactérias promotoras de crescimento de plantas (CHUN, 2014; JI; GURURANI). Além dos efeitos na nutrição, com a maior disponibilidade de ferro, os sideróforos também podem reduzir a população de fitopatógenos, pela competição pela aquisição deste nutriente (NIEHUS *et al.*, 2017).

Neste sentido, a coleção de *Pseudomonas* do grupo fluorescente estocadas no laboratório de microrganismos promotores de crescimento de plantas (LMCP) da UFSC – Curitibanos vem sendo testada. Os isolados já mostraram habilidade *in vitro* de solubilização

de fosfato de cálcio, produção de AIA e também capacidade de fixação biológica de nitrogênio (BOTELHO *et al.*, 2019) e apresentaram efeito significativo em parâmetros de crescimento e produtividade em milho, em primeiro experimento executado no campo experimental da UFSC Curitibanos (MODENA, 2019), sendo por isso necessário ampliar as análises *in vitro* e *in vivo*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DO MILHO

De acordo com a classificação botânica, o milho é uma monocotiledônea, pertencente à família Poaceae, subfamília Panicoideae, gênero *Zea* e espécie *Z. mays* L. (SILOTO, 2002). É uma planta herbácea monoica, ou seja, possui os dois sexos na mesma planta em inflorescências diferentes. Essa Poaceae anual completa o ciclo entre quatro a cinco meses, tem metabolismo C4 e apresenta ampla adaptação a diferentes condições ambientais. A cultura responde a altas temperaturas, variando entre 24 e 30°C, além de elevada exigência hídrica (média 600mm), principalmente no estágio de florescimento, essencial para seu desenvolvimento pleno (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

A importância econômica do milho é caracterizada pelas várias formas de utilização. Aproximadamente 70% da produção mundial desse cereal é usada na alimentação animal e o restante é consumido pelos humanos (GARCIA, 2016). Embora seja versátil em seu uso, a produção de milho tem acompanhado, basicamente, o crescimento da produção de suínos e aves, tanto no mundo, quanto no Brasil (DUARTE, 2011). A cultura do milho é destaque na produção mundial, não somente pelo acúmulo de conhecimentos científicos relacionados com a espécie, mas também devido ao grande valor econômico que essa representa (PATERNIANI; CAMPOS, 2005). De acordo com estes autores, não existe outra espécie de importância econômica que tenha sido alvo de tão intensas pesquisas científicas, cujos resultados contribuíram para o aperfeiçoamento do seu cultivo.

Durante seu ciclo produtivo, o milho extrai os nutrientes necessários para todo o seu desenvolvimento, sendo estes encontrados na natureza, fornecidos no manejo de adubação e/ou pelo solo (COELHO; FRANÇA, 1995; MALAVOLTA, 2006). No entanto, a falta de algum desses elementos durante o ciclo de desenvolvimento da planta, poderá acometer na má formação do mesmo, além de menor produtividade da cultura. O manejo nutricional é um dos pilares fundamentais para aperfeiçoar o resultado dos sistemas de produção de milho no mundo (MELGAR; TORRES, 2004). A quantidade de fertilizante a ser aplicada no cultivo do milho segue o mesmo princípio das demais culturas, variando de acordo com os valores obtidos na análise de solo (AMADO *et al.*, 2002).

O fósforo quando em baixa disponibilidade limita o desenvolvimento e crescimento vegetal (KHAN *et al.*, 2016) devido à sua atuação junto ao metabolismo energético e sua importância no mecanismo genético das células (TAIZ *et al.*, 2017). A grande maioria dos solos brasileiros apresentam concentrações de fósforo insuficientes para manter o potencial produtivo das culturas agrícolas. A baixa disponibilidade do fósforo nos solos brasileiros está relacionada à mineralogia e aos fatores químicos do solo, favorecendo retenção dos íons de P nos constituintes sólidos do solo, principalmente, óxidos de Fe e Al, diminuindo os níveis de fósforo, afetando sua disponibilidade às plantas (NOVAIS *et al.*, 2007). Geralmente, as doses de P recomendadas para o milho são altas, em função da baixa eficiência (20–30%) de aproveitamento desse nutriente pela cultura (GUILHERME, 2000; LOPES, 2000). Por isso, atenção às análises de solo é de grande importância para que as correções sejam feitas de forma a garantir a máxima eficiência, reduzindo custos (EMBRAPA, 2011).

2.2 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) englobam grupos de microrganismos que habitam a rizosfera ou qualquer parte das plantas sem provocar prejuízos ao seu hospedeiro e desenvolvem mecanismos que incrementam o crescimento das plantas (BASU; RABARA; NEGI, 2017; PIETERSE; DE JONGE; BERENDSEN, 2016). A promoção de crescimento vegetal consiste no modo como as bactérias atuam no organismo das plantas influenciando fatores relacionados ao desenvolvimento vegetal e elevando o potencial produtivo destes vegetais (HUNGRIA *et al.*, 2011). O uso destas bactérias no Brasil teve início na década de 1950 com o estudo de bactérias fixadoras de nitrogênio associadas à rizosfera de poaceas. Esses estudos iniciais abriram caminhos para diferentes linhas de pesquisa na área de promoção de crescimento vegetal (DOBEREINER, 1976).

As BPCVs promovem o crescimento vegetal por diferentes mecanismos, entre eles a capacidade de facilitar a absorção de nutrientes pelas plantas (OLIVEIRA-LONGATTI *et al.*, 2020; ROTARU; RISNOVEANU, 2019), reduz os níveis de etileno, reduzindo o efeito de estresse oxidativo (FUKAMI; CERZINI; HUNGRIA, 2018) auxilia a produção de enzimas antioxidantes (BULEGON; GUIMARÃES; LAURETH, 2016), promove maior crescimento do sistema radicular com a produção de ácido indol acético (PUENTE *et al.*, 2019; PURI; PADDA; CHANWAY, 2020; SHEN *et al.*, 2019; VALDEZ-NUÑEZ *et al.*, 2019), atua na produção de sideróforos e no aumento da produtividade (ZAREI *et al.*, 2019). Desse modo, as bactérias

Azospirillum, *Bacillus* e *Pseudomonas* ao possuir diferentes mecanismos que estimulam o crescimento das plantas são capazes de incrementar a produção das plantas de milho (PICAZEVICZ, 2019).

2.3 RIZOBACTÉRIAS E SEUS MECANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) são bactérias que habitam o solo na região da rizosfera de plantas. Dentre os gêneros mais comuns, *Pseudomonas* do grupo fluorescente vêm sendo alvo de diversos estudos (GLICK, 2012; MAHMOOD *et al.*, 2016). Considerando seus efeitos sobre o crescimento vegetal, as rizobactérias podem ser classificadas como benéficas, deletérias ou neutras (GRAY; SMITH, 2005). Aquelas que estabelecem uma associação benéfica com as plantas têm sido estudadas e algumas isoladas, multiplicadas, formuladas e utilizadas no manejo agrícola, favorecendo o desenvolvimento e a produtividade das plantas (FONSECA, 2003). Isso é possível devido aos diversos mecanismos de estímulo ao crescimento que possuem. Esses mecanismos incluem a capacidade de solubilização de fosfatos, consequência da produção de ácidos orgânicos, os quais atuam sobre o pH do solo, bem como mineralização de fosfatases, que são enzimas hidrolases capazes de romper as ligações éster e liberar os grupos fosfato de matéria orgânica para absorção pelas raízes das plantas (SANTOS *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2018), a fixação de nitrogênio, síntese de auxinas, giberelinas, citocininas, vitaminas, enzimas, como ACC deaminase (ACCD), produção de sideróforos e incremento na permeabilidade das raízes (GLICK, 1995). Todas essas associações cumprem um papel ecológico importante, pois além de favorecer a ciclagem de nutrientes em um ecossistema, melhoram o desenvolvimento vegetal e permitem que as plantas tenham mais tolerância frente a condições ambientais adversas (HOBBIE, 1992).

2.3.1 Produção de ACC desaminase

O etileno é sintetizado nos tecidos vegetais em resposta a condições adversas, como ataque de patógenos, seca, salinidade e presença de contaminantes, induzindo uma aceleração dos processos de senescência na planta (HONMA; SHIMOMURA, 1978). Glick (1998) sugeriu que algumas rizobactérias promovem o crescimento vegetal, por meio da redução dos níveis de etileno em plantas. As plantas ajustam a produção endógena de hormônios vegetais ao longo do seu desenvolvimento, com a finalidade de adaptar-se às fases de desenvolvimento e a situações de estresse (TAIZ *et al.*, 2017).

As RPCPs utilizam essa estratégia, induzindo a produção e influenciando os níveis e o equilíbrio hormonal das plantas, principalmente em situações de estresse (GLICK, 2012; MENDONÇA *et al.*, 2019). A enzima ACC desaminase (ACCD) é capaz de degradar o precursor imediato do etileno, o ácido 1- aminociclopropano - 1 - carboxílico (ACC) e está presente em algumas bactérias (HONTZEAS *et al.*, 2005). A hidrólise do ACC pelas bactérias interrompe a biossíntese do etileno na planta, reduzindo os efeitos fisiológicos produzidos pelo aumento do etileno. Este mecanismo ocorre amplamente entre as bactérias com atividade ACCD (GLICK *et al.*, 2007), como é o caso das *Pseudomonas* do grupo fluorescente.

2.3.2 Solubilização de fosfatos

A solubilização é uma alternativa para a transformação de fosfatos inorgânicos em fosfatos solúveis. Esse fenômeno ocorre principalmente devido à ação de alguns microrganismos presentes no solo, como bactérias e fungos (NAHAS, 1991). A solubilização de fosfatos por bactérias é responsável por frações que variam de 1 a 50% do total de fosfato disponível às plantas (JONES *et al.*, 1991). Bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas* apresentam a capacidade de secretar ácidos orgânicos, produzir fosfatases ácidas, além de outros mecanismos, que resultam na solubilização e mineralização de fosfato (GLICK, 2012; MENDONÇA *et al.*, 2019). Considerando que os solos brasileiros têm menor teor e disponibilidade de fósforo, estando este nutriente retido em ligações com ferro e alumínio em solos ácidos, esses mecanismos tornam-se de grande importância para o crescimento vegetal (MOREIRA *et al.*, 2010).

Essas bactérias possuem a capacidade de promover o crescimento radicular, permitindo assim, maior exploração do solo e absorção de P, proporcionando maior interceptação radicular. Assim, a produção de inoculantes biológicos à base de *Pseudomonas* do grupo fluorescente apresenta-se como uma alternativa para reduzir custos e diminuir os riscos ambientais causados pela utilização inadequada e em excesso de fertilizantes e defensivos (COELHO *et al.*, 2007).

2.3.3 Produção de sideróforo

Sideróforos são moléculas orgânicas extracelulares de baixo peso molecular, secretadas por microrganismos (ANUPA *et al.*, 2007). A produção de sideróforos no ambiente pode ser extremamente importante para a nutrição dos organismos, pois, na maioria dos solos ricos em metais pesados, há deficiência de formas disponíveis de Fe (DENTON, 2007). Essas moléculas

atuam como sequestradores de ferro, disponibilizando-o para microrganismos e plantas a eles associados. Portanto, os sideróforos produzidos por Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCPs) podem reduzir a toxidez de metais pesados por meio da diminuição de sua disponibilidade ou incrementar a disponibilidade de metais não tóxicos importantes para a nutrição dos organismos, como o Fe (TANK; SARAF, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 TESTE DE SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATOS, PRODUÇÃO DE SIDERÓFOROS E ACC DESAMINASE *in vitro*

Os isolados de *Pseudomonas* do grupo fluorescente da rizosfera do alho (BOTELHO *et al.*, 2019), da coleção de microrganismos do laboratório de crescimento de plantas (LMPCP) da UFSC – Curitibanos, foram submetidos a testes *in vitro* para analisar o potencial de solubilização de fosfato de ferro e alumínio, como também a produção de sideróforos e enzima ACC desaminase.

Os isolados da coleção foram crescidos em tubos de ensaio contendo 5 mL de meio King B (KING, 1954) por 48h à 27 °C.

Para a análise de solubilização de fosfato de Fe e Al, cinquenta microlitros de cada um dos isolados foram adicionados em pontos equidistantes de placas contendo meio para solubilização de FePO_4 e AlPO_4 (NAHAS *et al.*, 1994) e submetidos a 27 °C, durante 72 horas. Nos isolados que apresentaram halos de solubilização ao redor das colônias, era confirmado sua capacidade de solubilização.

Para a avaliação da produção da enzima ACCD, placas contendo meio específico para esta análise foram preparadas (GUPTA; PANDEY, 2019). Cinquenta microlitros de cada isolado foram adicionados em pontos equidistantes das placas e submetidos a 27 °C durante 72 horas. Em seguida, os isolados que apresentaram crescimento no meio, indicando a produção da enzima ACCD foram destacados.

A avaliação para a produção de sideróforos ocorreu de modo que cinquenta microlitros de cada um dos 16 isolados foram adicionados em pontos equidistantes de placas contendo meio específico para esta análise. (SCHWYN; NEILANDS, 1987). Os isolados que apresentaram halo de coloração azul esverdeado foram caracterizados como positivos.

Ao final das avaliações *in vitro* foram selecionados três isolados para dar sequência aos estudos em campo, sendo esses: CBSAL02, CBSAL05 e CBSAL06. Para assim seguir com as avaliações em campo.

3.2 AVALIAÇÃO DOS ISOLADOS EM CAMPO

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina – campus Curitibanos. A semeadura foi feita no mês de novembro de 2022. A área fica localizada nas coordenadas geográficas 27°16'26.55" S e 50°30'14,41" W com altitude de aproximadamente 1000 metros. O clima da região é classificado, de acordo com Köppen-Geiger, é Cfb temperado: mesotérmico úmido e verão ameno. Apresenta chuvas bem distribuídas durante o ano todo, sendo a precipitação média anual em torno de 1.480 mm. O solo é classificado como Cambissolo Háplico de Textura Argilosa, com relevo ondulado (EMBRAPA, 2006).

Para iniciar a instalação do experimento, realizou-se a amostragem composta do solo e esta foi levada pelo setor agropecuário ao laboratório de análise que apresentou o seguinte resultado:

Tabela 1 - Análise de solo da área experimental.

Propriedades	Amostras (0-20)
pH CaCl ₂	5,50
P (mg.dm ⁻³)	23,52
K (mg.dm ⁻³)	70,20
Ca (cmolc.dm ⁻³)	10,48
Mg (cmolc.dm ⁻³)	4,95
Al (cmolc.dm ⁻³)	0,00
H + Al (cmolc.dm ⁻³)	4,28
MO (g.dm ⁻³)	37,84
SB (cmolc.dm ⁻³)	15,61
CTC pH7 (cmolc.dm ⁻³)	19,89
Zn (mg.dm ⁻³)	3,20
Fe (mg.dm ⁻³)	22,20
V (%)	78,48
Mn (mg.dm ⁻³)	17,90
Cu (mg.dm ⁻³)	3,80

De acordo com a análise de solo, não foi necessário fazer a calagem, visto que o solo apresentou pH dentro da faixa de normalidade, sendo feito apenas o uso de adubo químico 9.33.12 nas linhas de semeadura.

As condições climáticas durante o período de condução do projeto foram adequadas para o desenvolvimento da cultura. O período mais crítico foi durante a época de pendoamento, em que um baixo fotoperíodo resultou no desenvolvimento mais lento durante a floração, refletindo em um ciclo geral mais longo, acrescentando cerca de duas semanas a mais ao período que se esperava para o final do ciclo da cultura.

3.2.1 Preparo de inóculos com isolados de *Pseudomonas* fluorescente

Para garantir inoculação eficiente, medidas de assepsia foram tomadas para execução das atividades. Todo o processo de produção dos inóculos no laboratório, foi feito no interior do fluxo laminar e todo material utilizado foi previamente esterilizado. Os inóculos foram preparados no laboratório de microbiologia da UFSC Curitibanos. Os isolados de *Pseudomonas* fluorescente CBSAL02, CBSAL05 e CBSAL06 foram inoculados em tubos contendo 10 mL de meio líquido King B (KING, 1954) e incubados por 24h à 27 °C, para assim se obter as suspensões bacterianas. Após esse período, cada isolado foi inoculado em turfa esterilizada. A testemunha foi inoculada apenas com o meio líquido King B, sem inoculação bacteriana. Em seguida, os recipientes com a turfa foram levados à estufa onde permaneceram por 72 horas a 26 °C. O tratamento padrão a base de *A. brasilense* é composto por duas estirpes, sendo elas, Abv-5 e Abv-6, este recebeu inoculação líquida seguindo a recomendação de dosagem do fabricante.

A dose de inóculo turfoso para as sementes foi baseada na proporção recomendada para a maioria dos produtos comerciais, com diferentes bactérias promotoras de crescimento vegetal. A recomendação é de 100g de inoculante turfoso para 50 kg de sementes, acrescido de 300 mL de solução açucarada a 10%. Os cálculos da quantidade de inoculante e solução foram efetuados, de acordo com a quantidade de sementes necessária para a instalação do experimento. Nesse caso, para cada isolado foram utilizadas 260g de semente, 1g de inóculo turfoso e 2 mL de solução açucarada. No tratamento padrão foram utilizadas 260g de semente e 1 mL de inoculante comercial.

3.2.2 Instalação do experimento

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições, com total de 20 parcelas. Os tratamentos utilizados foram: T1: inoculação do isolado CBSAL02, T2: isolado CBSAL05, T3: isolado CBSAL06, T4: Testemunha e T5: produto comercial feito à base de *Azospirillum brasilense*.

As parcelas ficaram alocadas com três metros de comprimento e quatro metros de largura, totalizando 12 m², com oito linhas de semeadura. O espaçamento utilizado foi de 50 cm entre linhas e 30 cm entre plantas, totalizando 1.600 plantas no experimento. Para a avaliação, foram excluídas as linhas laterais da borda e mais 50 cm do início e final de cada parcela, havendo 6 m² de área útil.

A semeadura foi feita no dia 10 de novembro de 2022, de forma manual, colocando duas sementes por posição, com objetivo de evitar falhas. As linhas foram feitas com a semeadora de verão. Quinze dias após a semeadura, foi realizado o desbaste, para evitar competição entre as plantas, deixando assim, somente uma planta por posição. Trinta dias após a emergência das plantas, realizou-se a adubação de cobertura de N utilizando-se ureia e a aplicação foi realizada manualmente.

3.4 PARÂMETROS AVALIADOS

3.4.1 Altura de planta e inserção da espiga

No estágio fenológico R4, 105 dias após a semeadura (DAS), foram avaliados os parâmetros, altura de planta e altura de inserção de espiga. As medições foram feitas nos seis metros quadrados centrais da parcela em cinco plantas de cada parcela. A medida da altura foi feita da base da planta, rente ao solo, até a última folha, sem alterar sua conformação. A medida da altura da inserção da espiga foi feita da base da planta, rente ao solo, até a base de inserção da espiga. Ambas as medidas foram realizadas com trena métrica.

3.4.2 Teor de Nitrogênio foliar

No estágio fenológico R4, foi avaliado o teor nitrogênio foliar das mesmas plantas selecionadas no item anterior. Foi retirada a primeira folha abaixo da espiga de cada planta amostrada. O terço central da folha foi amostrado, desconsiderando as duas extremidades. As

amostras foram identificadas e armazenadas em saco de papel. Em seguida, foram levadas à estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 45 °C, onde ficaram por 48h, para perda de umidade. Depois desse período, as folhas foram levadas à trituração. O método da análise utilizado, baseia-se na digestão da amostra a temperatura aproximada de 380 °C com ácido sulfúrico concentrado. O nitrogênio presente na solução ácida resultante foi determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído, método de Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995).

3.4.3 Diâmetro do colmo

No estágio fenológico R4, foi realizada a medida de diâmetro do colmo, mensurado com o auxílio de um paquímetro. A aferição foi realizada nas mesmas cinco plantas do item anterior, levando em consideração o segundo nó acima do solo. Para esta avaliação foi utilizado o paquímetro.

3.4.4 Número de fileiras por espiga e grãos por fileira

Após a realização das análises anteriores, no mesmo dia, as cinco plantas avaliadas foram colhidas e então realizada a contagem do número de fileiras e grãos por fileira de cada espiga. A determinação foi feita de modo manual.

3.4.5 Produtividade

Para a quantificação da produtividade coletou-se cinco plantas da área útil de cada parcela, no final do ciclo da cultura. A massa dos grãos foi pesada e foi realizado o cálculo para estimativa de produtividade ($t\ ha^{-1}$), com correção da umidade para 14%.

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de significância, havendo significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, com auxílio do programa Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MECANISMOS DE PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO VEGETAL

Foram testados *in vitro*, 16 isolados de *Pseudomonas* do grupo fluorescente, pertencentes à coleção de microrganismos do laboratório de crescimento de plantas (LMPCP).

Tabela 2 – Mecanismos de promoção de crescimento de plantas *in vitro* dos isolados.

Isolados	ACCD	Sideróforos	FePO ₄	AlPO ₄
CBSAL02	+	+	+	+
CBSAL03	+	+	+	-
CBSAL04	+	+	+	-
CBSAL05	+	-	+	+
CBSAL06	+	+	+	+
CBSAL07	-	-	-	+
CBSAL08	+	-	+	+
CBSAL09	+	+	+	-
CBSAL10	+	-	+	+
CBSAL11	+	+	+	-
CBSAL13	+	+	+	+
CBSAL14	+	-	+	-
CBSAL16	+	+	+	+
CBSAL19	+	-	+	+
CBSAL22	-	+	-	+
CBSAL23	+	-	+	-

Estas análises são continuidade de trabalhos anteriores (BOTELHO *et al.*, 2019), em que foram avaliados outros mecanismos de promoção de crescimento de plantas *in vitro* com estes mesmos isolados, sendo esses: solubilização de fosfato de cálcio, produção de AIA (Ácido Indol- Acético) e fixação biológica de nitrogênio. A união destes resultados permitiu aprimorar o entendimento sobre o potencial de isolados de *Pseudomonas* da coleção.

De acordo com a tabela 1, a porcentagem dos isolados com capacidade de produção da enzima ACCD e sideróforo são, respectivamente 87,5% e 56,25%. O resultado para capacidade de solubilização de fosfato de ferro é de 87,5% e alumínio 62,5%. Estes resultados auxiliam na escolha dos isolados a serem inoculados, apresentando quais são suas aptidões em relação aos mecanismos de crescimento de planta. Os isolados CBSAL02 e CBSAL05 foram escolhidos para análises em campo por já estarem presentes em estudos anteriores (MODENA, 2019), o

isolado CBSAL06 foi selecionado por apresentar resultados positivos para todos os mecanismos testados nas análises *in vitro* do presente trabalho.

4.2 ANÁLISES EM CAMPO

Entre os estádios V3 e V7, foi necessária a aplicação de inseticida e herbicida. Com objetivo de controlar pragas como percevejo e cigarrinha, elencadas entre as principais pragas iniciais da cultura do milho, os inseticidas utilizados foram Talisman e Sperto, com doses de 500 mL ha⁻¹ e 250g.ha⁻¹ respectivamente.

Enquanto a cultura de interesse não tem estrutura suficiente para sombrear as entrelinhas e dificultar o desenvolvimento de plantas competidoras, é necessário o controle dessas, foi feito o uso do herbicida Atrazina com dose de 5 L ha⁻¹.

4.2.1 Altura de planta e inserção de espiga

Aos 105 DAS, procedeu-se as avaliações de altura de planta e inserção de espiga. Não houve diferença estatística entre os tratamentos (tabela 3).

Tabela 3 - Altura de planta e inserção de espiga.

Tratamento	Altura (cm)	Inserção (cm)
CBSAL02	276,55a	142,85a
CBSAL05	272,25a	141,10a
CBSAL06	274,40a	151,10a
Testemunha	266,05a	140,55a
<i>A. brasilense</i>	280,10a	144,85a
CV =	5,86%	9,06%

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Pode-se observar que referente à altura das plantas, os tratamentos apresentaram média harmônica, variando entre 266,05 cm da testemunha e 280,10 cm do tratamento à base de *A. brasilense*. As alturas de inserção da espiga variaram entre 140,55 cm da testemunha e 151,10 cm, no tratamento inoculado com o isolado CBSAL06. Esses parâmetros são importantes a serem avaliados, pois estão diretamente ligados à resistência da planta ao acamamento e área foliar para atividade fotossintética.

Oliveira (2012) não observou diferença para o parâmetro altura de inserção de espiga para tratamentos com inoculação de *Pseudomonas* do grupo fluorescente. Zucarelli *et al.* (2011) obtiveram com seus estudos, resultados semelhantes aos apresentados no presente trabalho, em que as plantas inoculadas com *Pseudomonas fluorescens* não diferem estatisticamente daquelas sem inoculação, com relação à altura e inserção de espiga.

4.2.2 Teor de nitrogênio foliar

As médias do teor de nitrogênio foliar, diferenciam-se em dois grupos estatísticos, sendo o grupo “a” com as médias mais altas (tabela 4). Observou-se que todos os tratamentos com inoculação bacteriana apresentaram médias superiores à testemunha.

Tabela 4 - Teor de nitrogênio foliar aos 105 DAS.

Tratamento	gN.kg ⁻¹ M.S
CBSAL02	29,47a
CBSAL05	27,86a
CBSAL06	29,41a
Testemunha	22,12b
<i>A. brasilense</i>	29,48a
CV =	6,32%

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância. MS – Massa seca.

A análise foliar de nitrogênio possibilita avaliar o estado nutricional das plantas. Segundo Raij *et al.* (1996), a concentração de nitrogênio foliar que apresenta a adequada nutrição da cultura do milho, encontra-se entre 27 a 35 g.kg⁻¹. No presente trabalho, os teores de N entre os tratamentos inoculados variaram entre 27,86 e 29,48g de N por kg de massa seca, estando estes dentro da concentração adequada para a cultura do milho. A testemunha apresentou média inferior ao esperado para esta cultura. Isto sugere que os isolados potencializaram a aquisição desse nutriente e, conseqüentemente, sua translocação, incrementando o crescimento da planta, podendo contribuir com a produtividade.

Modena (2019) constatou que a inoculação do tratamento com o isolado CBSAL02 de *Pseudomonas fluorescens* com a adubação de 100% da dose de N resultou em incremento de nitrogênio foliar superior ao tratamento controle, com 100% da dose de N, sem inoculação. Os estudos de Lana *et al.* (2012) ressaltaram que a maior concentração e acúmulo de nitrogênio pelas plantas inoculadas não é resultado apenas do processo de FBN, mas também devido a

liberação de substâncias responsáveis pelo crescimento vegetal, que favorecem o desenvolvimento radicular e a capacidade das plantas em absorver nutrientes. Como exemplo destes mecanismos, ressalta-se a produção de AIA, responsável pelo estímulo ao crescimento de raízes, função presente nos três isolados avaliados no presente trabalho (BOTELHO *et al.*, 2019).

4.2.3 Diâmetro do colmo

Houve diferença significativa entre os tratamentos, como pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5 - Diâmetro de colmo aos 105 DAS.

Tratamento	mm
CBSAL02	24,35b
CBSAL05	23,90b
CBSAL06	28,40a
Testemunha	25,65ab
<i>A. brasilense</i>	26,75ab
CV =	16,55%

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

O diâmetro do colmo é um importante parâmetro, pois está diretamente relacionado à resistência da planta ao acamamento, e também, ligado ao transporte e armazenamento de fotoassimilados. Dessa maneira pode contribuir com aumento de produtividade (KAPPES *et al.*, 2011). Pode-se observar na tabela 5 que houve diferença estatística entre os tratamentos, sendo CBSAL06 o tratamento com maior média, diferindo dos demais isolados e se assemelhando à inoculação de *A. brasilense*. Este resultado sugeriu que a inoculação do CBSAL06, entre os três isolados, foi o que apresentou maior impacto neste parâmetro. O efeito no diâmetro foi avaliado em outras bactérias, em estudo realizado por Dartora *et al.* (2013), foi realizada a combinação das estirpes Ab-V5 (*A. brasilense*) e SmR1 (*H. seropedicae*) em que foi possível observar que na fase vegetativa, o diâmetro basal do colmo em relação à testemunha obteve um incremento de 15%. De acordo com os autores, esse resultado pode ser associado à promoção do crescimento, proporcionado pelas bactérias diazotróficas, estimulando não somente a raiz, mas também a parte aérea da planta, levando a maior expansão celular e aumento no diâmetro do colmo.

O isolado CBSAL05 apresentou a menor média para esta avaliação. Isto pode estar relacionado com seu desempenho negativo para a fixação biológica de nitrogênio (BOTELHO

et al., 2019) e produção de sideróforos. Santos *et al.* (2013) observaram que as FBN (bactérias fixadoras de nitrogênio) proporcionaram significativo aumento no diâmetro de colmo, favorecendo um melhor transporte de água e nutrientes.

4.2.4 Número de fileiras por espiga e grãos por fileira

Os tratamentos apresentaram diferença significativa quanto ao número de fileiras por espiga e grãos por fileira (tabelas 6).

Tabela 6 - Número de fileiras/espiga (NFE) e número de grãos por fileira (NGF) avaliado aos 105 DAS.

Tratamento	NFE	NGF
CBSAL02	18,90ab	35,30bc
CBSAL05	18,25b	35,40bc
CBSAL06	19,20ab	36,75ab
Testemunha	18,80ab	34,55c
<i>A. brasilense</i>	19,40a	38,85a
CV =	6,25%	6,86%

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Em relação ao NFE (tabela 6), os tratamentos diferiram-se em dois grupos estatísticos, havendo diferença significativa entre a inoculação com CBSAL05 e *A. brasilense*. Zucarelli *et al.* (2011) e Balbinot (2018) encontraram resultados semelhantes ao presente estudo para a avaliação de NFE, em que as plantas inoculadas com *Pseudomonas fluorescens* não apresentaram diferenças significativas entre as médias comparadas à testemunha sem inoculação

Na avaliação de NGF, originou-se três grupos estatísticos (tabelas 6). Neste parâmetro, o tratamento com *A. brasilense* atingiu a maior média, seguido do tratamento com CBSAL06, diferindo em 5,4% entre si. A testemunha, apresentou a menor média para esta avaliação, obtendo diferença de 11%, quando comparado à *A. brasilense*. Evidenciou-se assim, o efeito do isolado CBSAL06, pois a sua inoculação incrementou 5,6%, em relação à testemunha. O melhor desempenho do tratamento com *A. brasilense* pode ser consequência da sua formulação com duas estirpes (Ab-V5 e Ab-V6), enquanto os demais inoculados são compostos por apenas um isolado. A presença de mais de uma estirpe no inoculante pode potencializar o efeito na planta.

O isolado CBSAL06 apresentou resultados estatisticamente iguais ao tratamento padrão (*A. Brasilense*) para NFE e NGF, demonstrando a capacidade do isolado no incremento de crescimento da cultura do milho.

4.2.5 Produtividade

As médias de produtividade se diferenciam em três grupos estatísticos (tabela 7). Observou-se que o tratamento com CBSAL06 apresentou média superior à testemunha, não havendo diferença significativa entre os demais tratamentos, se equiparando ao tratamento com a inoculação de *A. brasilense*.

Tabela 7 - Produtividade, avaliada no final do ciclo da cultura.

Tratam.	t ha ⁻¹
CBSAL02	8,79ab
CBSAL05	8,53ab
CBSAL06	9,13a
Testemunha	7,33b
<i>A. brasilense</i>	8,99ab
CV =	23,13%

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

A inoculação do isolado CBSAL06 atingiu a maior média, 9,13 t ha⁻¹. Apresentou incremento de 1,79 t ha⁻¹ quando comparado à testemunha sem inoculação e de 133,33 kg ha⁻¹, em relação à *A. brasilense*, sugerindo sua efetividade. A inoculação dos isolados CBSAL02 e CBSAL05 não diferiram estatisticamente do *A. brasilense* e da testemunha. Porém, incrementaram respectivamente 16% e 14% em relação à testemunha. Oliveira (2012), observou em seus estudos, ganhos de produtividade na cultura do milho com a inoculação de *Pseudomonas fluorescens*, chegando à média de 0,65 t ha⁻¹, demonstrando o potencial dessas rizobactérias para obter ganhos de produção.

Modena (2019), obteve resultados significantes quanto à inoculação de RPCPs pertencentes ao gênero *Pseudomonas* associadas a 100% da adubação nitrogenada. Os isolados utilizados são da mesma coleção dos isolados utilizados no presente estudo, sendo os esses: CBSAL02, CBSAL05 e CBSAL21. Seu estudo observou incremento de produtividade para a cultura do milho, quando comparado ao tratamento com 100% da adubação nitrogenada sem inoculação (testemunha). Foi observado o incremento de até 1,85 t ha⁻¹ com a inoculação do

isolado CBSAL21, associado a 100% da dose de N, quando comparado à testemunha. A associação com 50% da dose de N também apresentou resultados significantes, sendo uma boa alternativa para a redução da adubação nitrogenada. Zucareli *et al.* (2011) também observaram que a inoculação com *P. fluorescens* associada à adubação nitrogenada possibilitou o incremento de produtividade na cultura do milho, quando comparado com o tratamento com adubação nitrogenada e sem inoculação.

Estes resultados sugerem que os mecanismos de ação presentes nos isolados avaliados, intensificaram as atividades do crescimento e metabolismo vegetal, resultando em maior produtividade.

5 CONCLUSÃO

Os isolados avaliados CBSAL02, CBSAL05 e CBSAL06 apresentaram *in vitro* os mecanismos de solubilização de fosfato de ferro e alumínio, produção de sideróforo e enzima ACCD, sendo o isolado CBSAL05 o único com resultado negativo para a produção de sideróforos. Estas funções estão envolvidas com a promoção de crescimento vegetal importantes para um desenvolvimento eficiente da cultura do milho. Os isolados CBSAL02 e CBSAL05 incrementaram os parâmetros de números de grãos por fileira, teor de N foliar e produtividade. O isolado CBSAL06 favoreceu o crescimento do milho e aumentou o teor de N foliar, beneficiando o rendimento de grãos desta cultura, sendo este o isolado mais promissor como promotor de crescimento para o milho.

REFERÊNCIAS

- AFZAL, A.; BANO, A. **Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*)**. International Journal of Biology, v.10, p.85-88, 2008.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p.241-248, 2002.
- ANUPA, N.; ASHA, J. A.; SANJEEV, S. K. **Production and Characterization of Siderophores and its Application in Arsenic Removal from Contaminated Soil**. Water Air & Soil Pollution, 180: 199–212, 2007.
- ARAÚJO, J. M.; SILVA, A. C.; AZEVEDO, J. L. **Isolation of endophytic actinomycetes from roots and leaves of maize (*Zea mays* L.)**. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 43, p. 447-451, 2000.
- BALBINOT, W. G. **Inoculação de bacillus sp. na cultura do milho (*zea mays* L.) como promotor de crescimento**. 2018. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2018.
- BARROSO, C.B.; NAHAS, E. **The status of soil phosphate fractions and the ability of fungi to dissolve hardly soluble phosphates**. Applied Soil Ecology, v.29, p.73-83, 2005.
- BARUQUI, A. M. *et al.* **Atributos diagnósticos**. In: Baruqui, A. M. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2006. Cap. 1. p. 33-44
- BASU, S.; RABARA, R.; NEGI, S. **Towards a better greener future - an alternative strategy using biofertilizers. I: Plant growth promoting bacteria**. Plant Gene, Netherlands, v. 12, p. 43-49, 2017
- BOTELHO, G.R. *et al.* **Plant growth promoting bacteria from garlic sowed at Curitibanos micro-region - Santa Catarina – Brazil**. Asociacion Argentina Ciencia del Suelo, Argentina, p.51-65, 2019.
- BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; LAURETH, J. C. U. **Azospirillum brasilense affects the antioxidant activity and leaf pigment content of *Urochloa ruziziensis* under water stress**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 46, n. 3, p. 343–349, 2016.
- CARDOSO, I. C. M. *et al.* **Resposta de milho (*Zea mays* L.) precoce à inoculação de rizobactérias em casa de vegetação**. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Londrina, p.28, 2008.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. Informações agronômicas, Piracicaba, n. 71, p 1-3. 1995.
- COELHO, L.F. *et al.* **Interação de *Pseudomonas* spp. e de *Bacillus* spp. com diferentes rizosferas**. Instituto Agrônomo – IAC, Campinas – SP, p.71, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira**. 6. ed. Brasília, 2019. 69 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Perspectivas de produção 2022/2023**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/perspectivas-para-a-agropecuaria/item/18847-perspectivas-para-a-agropecuaria-volume-10-safra-2022-2023>. Acesso em: 01 jan 2023.

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 - PB, v. 17, n. 10, p.1023-1029, jun. 2013.

DENTON, B. P. **Advances in phytoremediation of heavy metals using plant growth promoting bacteria and fungi MMG 445**. Basic Biotechnology, 3: 1–5, 2007.

DÖBEREINER J. **Fixação de nitrogênio atmosférico em gramíneas tropicais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 15., Campinas. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 593-602.

DUARTE, J. O. **Introdução e Importância Econômica do Milho**. 2011. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>. Acesso em: 11 set. 2022.

EMBRAPA. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa soja, 2011.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Brasília, vol.2, p.306, 2006.

FONSECA, M. C. C. **Diversidade de *Pseudomonas* spp. fluorescentes no Sistema Integrado de Produção Agroecológica**. (SIPA), Seropédica - RJ, 2003. 136p. (PhD. Thesis. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro).

FUKAMI, J.; CERZINI, P.; HUNGRIA, M. ***Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation**. AMB Express, Heidelberg, v. 8, n. 1, p. 73, 2018.

GARCIA, R. **Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a microorganismos promotores de crecimiento vegetal**. Scientia Agropecuaria, Trujillo, v.7, n.3, p.313-319, jul.2016. Disponível em: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000300004&lng=es&nrm=iso. Acesso em 23 dez. 2022.

GUPTA, S.; PANDEY, S. **ACC deaminase producing bacteria with multifarious plant growth promoting traits alleviates salinity stress in French bean (*Phaseolus vulgaris*) plants**. Frontiers in microbiology, v.10, p. 1-17, 2019.

GLICK, B. R. *et al.* **A Model For the Lowering of Plant Ethylene Concentrations by Plant Growth-promoting Bacteria**. Journal of Theoretical Biology, v. 190, n. 1, p. 63-68, jan. 1998. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1006/jtbi.1997.0532>. Acesso em 15 set. 2022.

GLICK, B.R. **Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications.** *Scientifica*. p.1-15, 2012.

GLICK, B. R. **The enhancement of plant growth by free-living bacteria.** *Canadian Journal of Microbiology*, v. 41, n. 2, p. 109-117, 1 fev. 1995. Canadian Science Publishing. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1139/m95-015>. Acesso em 10 set. 2022.

GLICK, B. R. *et al.* **Promotion of Plant Growth by Bacterial ACC Deaminase.** *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 26, n. 5-6, p. 227-242, 23 out. 2007. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/07352680701572966>. Acesso em 15 set. 2022.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. **Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes.** *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.37, n.3, p. 395-412, 2005.

HOBBIE, S. E. **Effects of plant species on nutrient cycling.** *Trends in Ecology & Evolution*, v. 7, n. 10, p. 336-339, out. 1992. Elsevier BV. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0169-5347\(92\)90126-v](http://dx.doi.org/10.1016/0169-5347(92)90126-v). Acesso em: 20 set. 2022.

HONMA, M. *et al.* **Metabolism of 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic Acid.** *Agricultural and Biological Chemistry*, v. 42, n. 10, p. 1825-1831, out. 1978. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00021369.1978.10863261>. Acesso em: 14 set. 2022.

HONTZEAS, N. *et al.* **Evidence for Horizontal Transfer of 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate Deaminase Genes.** *Applied and Environmental Microbiology*, v. 71, n. 11, p. 7556-7558, nov. 2005. American Society for Microbiology. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1128/aem.71.11.7556-7558.2005>. Acesso em: 10 set. 2022.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; CHUEIRE, L.; MEGÍAS, M. **Symbiotic effectiveness of fast-growing rhizobial strains isolated from soybean nodules in Brazil.** *Biology and Fertility of Soils*, Heidelberg, v. 33, n.5, p. 387-394, 2011.

JI, S. H.; GURUNANI, M. A.; CHUN, S. C. **Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic diazotrophic bacteria from Korean rice cultivars.** *Microbiological Research*, Germany, v. 169, n. 1, p. 83-98, 2014.

JONES, D.; SMITH, B. F. L.; WILSON, M. J.; GOODMAN, B. A. **Phosphate solubilizing fungi in a scottish upland soil.** *Mycological Research*, Oxford, v. 95, n. 9, p. 1090-1093, 1991.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A.; OLIVEIRA A. C.; **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas.** *Bragantia*, p. 334-343, 2011.

KHAN, A. L. *et al.* **Indole acetic acid and ACC deaminase from endophytic bacteria improves the growth of *Solanum lycopersicum*.** *Electronic Journal of Biotechnology*, Chile, v. 21, p. 58-64, 2016.

KHAN, N. *et al.* **Ethylene Action in Plants**. Estados Unidos: Springer Berlin Heidelberg, p. 206, 2006.

KING E. O.; WARD M.; RANEY D. E. J.; J. **Lab. Clin. Med.**, 1954, 44, p. 301.

KÖPPEN, W. **Classificação de Köppen: significado dos símbolos e critérios para classificações**. In: VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: Editora da UFV, 2004. 449 p.

LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. **Inoculation with Azospirillum, associated with nitrogen fertilization in maize**. Revista Ceres, Viçosa, v. 59, n.3, p. 399-405, 2012.

LANDAU, E. C. *et al.* **ÁRVORE DO CONHECIMENTO: Milho- relações com o clima**. Agência Embrapa de Informação e Tecnologia. 2020. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_17_168200511157.html. Acesso em: 10 mar. 2023.

LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO - CLACS, 22., 2019, Montevideo. Anales Montevideo: Easy Planners, 2019. CD-ROM.

LIFSHITZ, R.; KLOPPER, Q. Q.; KAZLOWSKI, M.; SIMONSON, C.; CARLSON, J. TIPPING, E.; ZALESKA, I. **Growth promoting of canola (rapessed) sedlig by strian of Pseudomonas putida under gnotobiotic conditions**. Canadian Journal of Microbiology, v.33, p.390-395, 1987.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos**. ANDA – Associação Nacional Para Difusão de Adubos: São Paulo, n.4, p.70, 2000.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Embrapa, Circular Técnica, n. 76, 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf. Acesso em 10 set. 2022.

MAHMOOD A.; TURGAY OC.; FAROOQ M.; HAYAT R (2016) **Seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria: A review**. FEMS Microbiology Ecology 92: 1–14.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Ceres, 2006. 631p.

MANZANO, S. *et al.* **Involvement of ethylene in sex expression and female flower development in watermelon (Citrullus lanatus)**. Plant Physiology and Biochemistry, v. 85, p. 96-104, dez. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.11.004>. Acesso em: 14 set. 2022.

MARCHIORO, L.E.T. **Produção de ácido indol acético e derivados por bactérias fixadoras de nitrogênio**. 2005. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p.47, 2005.

MELGAR, A. J.; TORRES DUGGAN, M. **Manejo de la Fertilización em Maiz**. Proyecto fertilizar EEA INTA Pergamino, Argentina. 2004.

MENDONÇA, J. J. *et al.* **Avaliação in vitro dos mecanismos de promoção de crescimento das bactérias isoladas do capim pangolão.** In: CONGRESO. 2019.

MIRANDA, R. A. *et al.* **Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021.

MODENA, G. **Inoculação De Pseudomonas do grupo fluorescente Como Promotor De Crescimento em milho (*Zea mays* L.).** 2019. 39 f. TCC (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2019.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. **Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações.** *Comunicata Scientiae*, v. 1, n.2, p. 74-99, 2010.

NAHAS, E.; CENTURION, J. F.; ASSIS, L.C. **Microrganismos solubilizadores de fosfatos e produtores de fosfatases de vários solos.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.43-48, 1994.

NAHAS, E. **Ciclo do fósforo: transformações microbianas.** Jaboticabal: FUNEP, 1991, 67p.

NIEHUS, R. *et al.* **The evolution of siderophore production as a competitive trait.** *Evolution*, Sweden, v. 71, n. 6, p. 1443-1455, 2017.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B., NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 399, 1999.

OLIVEIRA-LONGATTI, S. M. *et al.* **The culture medium volume and the inoculation method should be considered in semi-quantitative screening of calcium phosphate solubilization by bacteria.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 42, p. 332, 2020.

OLIVEIRA, M.A. **Desempenho agrônômico de milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande –PB, v.16, n.10, p.1040-1046, 2012.

PATEL, J. K.; ARCHANA, G. **Diverse culturable diazotrophic endophytic bacteria from Poaceae plants show cross-colonization and plant growth promotion in wheat.** *Plant and Soil*, Netherlands, v. 417, n. 1-2, p. 99-116, 2017.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. **Melhoramento do milho.** Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, v. 2, n. 1, p. 491-552, 2005.

PICAZEVICZ, A. A. C. **Crescimento do milho em resposta a *Azospirillum brasilense* e nitrogênio.** *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v. 10, n. 5, p. 287-294, 2019.

PIETERSE, C. M. J.; DE JONGE, R.; BERENDSEN, R. L. **The soil-borne supremacy.** Trends in Plant Science, Kidlington, Oxford, v. 21, n. 3, p. 171-173, 2016.

PUENTE, M. L. *et al.* **Improvement of soybean grain nutritional quality under foliar inoculation with Azospirillum brasilense strain Az39.** Symbiosis, United States, v. 77, n. 1, p. 41-47, 2019.

PURI, A.; PADDA, K. P.; CHANWAY, C. P. **In vitro and in vivo analyses of plant-growth-promoting potential of bacteria naturally associated with spruce trees growing on nutrient-poor soils.** Applied Soil Ecology, Netherlands, v. 149, p. 103538, 2020.

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

RANA, A.; JOSHI, M.; PRASANNA, R.; SHIVAY, Y.S.; NAIN, L. **Biofortification of wheat through inoculation of plant growth promoting rhizobacteria and cyanobacteria.** European Journal of Soil Biology, v. 50, p. 118-126, 2012.

RATZ, J.R.; *et al.* **Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja.** ENGEVISTA, v. 9, n. 4, p. 890-905, 2017.

RESENDE, A.V. **Agricultura e qualidade da água: Contaminação da Água Por Nitrato.** Embrapa Cerrados, Planaltina, n.57, p.29, 2002.

RODRIGUES, R. B.; OZORIO, L. M.; PINTO, C. L. B.; BRANDÃO, L. E. T. **Opção de troca de produto na indústria de fertilizantes.** Revista de Administração, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 129-140, 2015.

ROTARU, V. I.; RISNOVEANU, L. **Interactive effects of plant growth-promoting rhizobacteria and phosphates sources on growth and phosphorus nutrition of soybean under moderate drought.** Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Romania, v. 47, n. 3, p. 872-880, 2019.

SANTOS, O. J. S. P. dos; MILANI, K. M. L.; MOREIRA, G. G.; ZUCARELLI, J.V.; LIMA, G. de; TAKAHASHI, B. Y.; ZUCARELI, C.; OLIVEIRA, A. L. M. de. **Avaliação da arquitetura de plantas de milho inoculadas com diferentes estirpes de bactérias promotoras do crescimento vegetal.** BBR –Biochemistry and Biotechnology Reports. Londrina, v. 2, n. 3, p. 384-387, 2013.

SANTOS, S. L. L *et al.* 2018. Milho (*Zea mays*) para forragem: métodos de manejo de plantas daninhas e níveis de adubação. **Acta Iguazu**, vol. 7, n. 1, p. 32-50, 2018.

SARCAR. *et al.* **A halotolerant Enterobacter sp. displaying ACC deaminase activity promotes rice seedling growth under salt stress.** Research in Microbiology, France, v. 169, n. 1, p. 20-32, 2018.

SCHWYN, B; NEILANDS, J. B. **Universal chemihal assay for the detection and determination of siderophores.** Analytical biochemistry, n. 160, p. 47-56, 1987.

- SHAHAB, S.; AHMED, N.; KHAN, N. S. **Indol e acetic acid production and enhanced plant growth promotion by indigenous PSBs.** African Journal of Agricultural Research, v. 4, n. 11, p. 1312-1316, 2009.
- SHEN, F. T. *et al.* **Screening of rice endophytic biofertilizers with fungicide tolerance and plant growth-promoting characteristics.** Sustainability, Basel, Switzerland, v. 11, n. 4, p. 1133, 2019.
- SHENG, X.F.; H. E, L.Y. **Solubilization of potassium-bearing minerals by a wildtype strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat.** Canadian Journal Microbiology, v.52, p. 66-72, 2006.
- SILOTO, R. C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho.** Piracicaba, SP. P. 93, 2002. Dissertação (Mestrado) –Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos.** 2011. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 10 set. 2022.
- TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia vegetal.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2009.
- TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TANK, N.; SARAF, M. **Enhancement of plant growth and decontamination of nickel-spiked soil using PGPR.** Journal of Basic Microbiology, 49: 195–204, 2009.
- TEDESCO, M. J. *et al.* **Análise do solo, planta e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, p.174, 1995.
- VALDEZ-NUÑES, R. A. *et al.* **PGPR characterization of non-nodulating bacterial endophytes from root nodules of *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** In: Zúñiga-Dávila, D.*et al.* Microbial probiotics for agricultural systems. Advances in agronomic use. Zúrique: Springer International Publishing, 2019. p. 111-126.
- ZAREI, T. *et al.* **Improving sweet corn (*Zea mays* L. var *saccharata*) growth and yield using *Pseudomonas fluorescens* inoculation under varied watering regimes.** Agricultural Water Management, Amsterdam, v. 226, p. 105757, 2019.
- ZHANG, G. *et al.* **Effects of the inoculations using bacteria producing ACC deaminase on ethylene metabolism and growth of wheat grown under different soil water contents.** Plant Physiology and Biochemistry, Netherlands, v. 125, p. 178-184, 2018.
- ZUCARELI, C.; CIL, I. R.; PRETE, C. E. C.; PRANDO, A. M. **Eficiência agrônômica da inoculação à base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho.** Revista Agrarian, v.4, p.152-157, 2011.