

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**LUCAS MACUGLIA STOLTE**

**INFLUÊNCIA DE *Bacillus* spp. NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLANTAS  
DE ARROZ**

**Itaqui**

**2019**

**LUCAS MACUGLIA STOLTE**

**INFLUÊNCIA DE *Bacillus* spp. NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLANTAS  
DE ARROZ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Agronomia da  
Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título de  
Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Renata Silva Canuto de Pinho

Coorientadora: Bruna Canabarro  
Pozzebon

**Itaqui**

**2019**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S876i Stolte, Lucas Macuglia  
Influência de Bacillus spp. na promoção de crescimento de  
plantas de arroz / Lucas Macuglia Stolte.  
29 p.  
  
Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2019.  
"Orientação: Renata Silva Canuto de Pinho".  
  
1. Oryza sativa. 2. Bactérias benéficas. 3. Agricultura  
sustentável. I. Título.

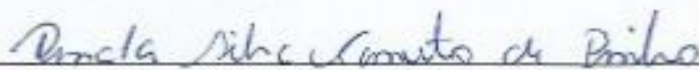
LUCAS MACUGLIA STOLTE

**INFLUÊNCIA DE *Bacillus* spp. NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE  
PLANTAS DE ARROZ**

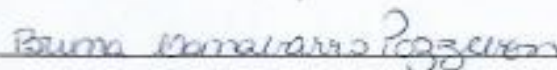
Trabalho de Conclusão de  
Curso apresentado ao Curso de  
Agronomia da Universidade Federal  
do Pampa, como requisito parcial  
para obtenção do Título de Bacharel  
em Agronomia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 13 de novembro  
de 2019.

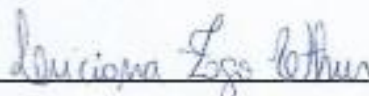
Banca examinadora:



Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Renata Silva Canuto de Pinho - Orientadora  
UNIPAMPA



Dr<sup>ª</sup> Bruna Canabarro Pozzebon - Coorientadora  
UNIPAMPA



Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Luciana Zago Ethur  
UNIPAMPA

## RESUMO

O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional de arroz, todavia, nos últimos anos houve um aumento significativo dos custos de produção, exigindo dos produtores a busca por alternativas para manter a produtividade sem aumentar o custo de produção. Uma destas alternativas é o uso de produtos biológicos, que aumentam a eficiência das plantas em utilizar os recursos disponíveis, podendo promover o crescimento e proteger contra doenças, diminuindo os custos com fertilizantes e defensivos químicos. Com isso, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de produtos biológicos, produzidos com bactérias do gênero *Bacillus*, na promoção de crescimento de plantas de arroz, *in vitro* e em casa de vegetação. O experimento consistiu no tratamento de sementes de arroz da cultivar GURI INTA CL com quatro produtos biológicos produzidos com bactérias do gênero *Bacillus*, e uma testemunha. No experimento *in vitro*, foram avaliados o comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, peso de matéria fresca e seca de parte aérea e peso de matéria fresca e seca de raízes. No experimento em casa de vegetação foram avaliados o comprimento de raiz, altura de plantas, matéria fresca e seca de parte aérea, matéria fresca e seca de raízes e número de folhas. O tratamento com *B. amyloliquefaciens* e *B. methylotrophicus* não formulado, foram os mais eficazes no experimento *in vitro*. Em casa de vegetação, todos os tratamentos aumentaram a altura de plantas, e o tratamento com *B. methylotrophicus*, foi o mais eficaz para as variáveis matéria fresca de parte aérea e raízes, matéria seca de parte aérea e raízes e número de folhas, apesar de não diferir da testemunha. A partir dos resultados obtidos neste estudo, é possível verificar que os produtos biológicos testados, produzidos a base de bactérias do gênero *Bacillus*, possuem potencial de promoção do crescimento em plantas de arroz, pois os mesmos foram capazes de promover incrementos em praticamente todos os caracteres avaliados.

**Palavras chave:** *Oryza sativa*. Bactérias benéficas. Agricultura sustentável.

## ABSTRACT

The state of Rio Grande do Sul is the largest national producer of rice, however, in recent years there has been a significant increase in production costs, requiring producers to look for alternatives to maintain productivity without increasing product costs. One of these alternatives is the use of biological products, which increase the efficiency of plants in using available resources, can promote growth and protect against disease, lowering costs with fertilizers and chemicals. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of biological products produced with bacteria of the genus *Bacillus* on the growth promotion of rice plants *in vitro* and in a greenhouse. The experiment consisted of treating rice seeds of cultivar GURI INTA CL with four biological products produced with bacteria of the genus *Bacillus* and a control. In the *in vitro* test, shoot length, root length, fresh and dry weight of shoot and weight of fresh and dry root were evaluated. In the greenhouse test, root length, plant height, shoot fresh and dry matter, root fresh and dry matter and leaf number were evaluated. The treatment with *B. amyloliquefaciens* and unformulated *B. methylotrophicus* were the most effective in the *in vitro* test. In a greenhouse, all treatments were effective in increasing plant height, and the treatment with *B. methylotrophicus* was the most effective for the variables shoot and root fresh matter, shoot and root dry matter and number of leaves, although it does not differ from the control. From the results obtained in this study, it is possible to verify that the biological products tested, produced based on bacteria of the genus *Bacillus*, have potential to promote growth in rice plants, because they were able to promote increments in practically all evaluated characters.

**Key words:** *Oryza sativa*. Beneficial bacteria. Sustainable agriculture.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Plântulas de arroz após sete dias em câmara de crescimento, avaliadas no experimento <i>in vitro</i> .....	20
Figura 2 – Plantas de arroz com 45 dias de idade, avaliadas no experimento em casa de vegetação.....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeito de produtos biológicos na promoção de crescimento de plântulas de arroz <i>in vitro</i> .....	19
Tabela 2 – Efeito de produtos biológicos na promoção de crescimento de plantas de arroz em casa de vegetação.....	23



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. A cultura do arroz.....	12
2.2. Promoção de crescimento de plantas por microrganismos benéficos.....	13
2.3. O gênero <i>Bacillus</i> .....	14
3. METODOLOGIA.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
4.1. Experimento <i>in vitro</i> .....	19
4.2. Experimento em casa de vegetação.....	22
5. CONCLUSÃO.....	25
6. REFERÊNCIAS .....	26

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo, com área cultivada superior a 160 milhões de hectares. A produção em casca supera 760 milhões de toneladas, e tem papel relevante para a segurança alimentar de vários países, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. Mundialmente, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores do grão, e é o maior produtor da América Latina, além de ser o maior consumidor, com consumo médio de 32 kg/pessoa/ano (SOSBAI, 2018).

No Rio Grande do Sul (RS), o arroz apresenta também grande relevância socioeconômica para o Estado, que se destaca como o maior produtor nacional do grão, com aproximadamente 70% da produção total do país. Na safra de 2018/19, contou com mais de 1 milhão de hectares semeados com a cultura, empregando diretamente mais de 37 mil trabalhadores (SOSBAI, 2018; CONAB, 2019). A Fronteira Oeste do RS é principal região produtora do cereal, com área cultivada em torno de 314.000 hectares e com produtividade média superior a 8.600 kg/ha, correspondendo a maior área cultivada e maior produtividade do Estado (SOSBAI, 2018).

Entretanto, nos últimos anos ocorreu um significativo aumento dos custos de produção das lavouras orizícolas gaúchas, devido ao aumento no combustível, na energia elétrica e no preço do fertilizante nitrogenado (CONAB, 2015). Essa demanda de insumos necessários à produção agrícola obriga os produtores a buscar maneiras de reduzir os custos de produção da lavoura, através da modificação do manejo nas áreas e aplicação de outras alternativas, como por exemplo, o uso de produtos que apresentam capacidade de aumentar a eficiência das plantas em utilizar os recursos naturais disponíveis (MARIOT, et al., 2009).

Além da redução de custos, existem outros motivos para reduzir o uso de fertilizantes e defensivos químicos. Um destes motivos é a sustentabilidade da lavoura, pois no sistema produtivo atual, impactos negativos sobre o meio ambiente ocorrem com frequência, como, por exemplo, o escoamento superficial de fósforo e nitrogênio, a lixiviação de nitratos e a eutrofização de ambientes aquáticos (ABBAMONDI, et al., 2016).

Estudos sobre a interação planta-microrganismo já demonstraram a importância de se ter conhecimento sobre essas interações, para que se possa intervir de maneira correta nas práticas culturais que garantem as altas produtividades atuais,

mantendo a produção de alimentos sem aumentar o uso de insumos químicos (FARRAR, et al., 2014). Dentre as alternativas disponíveis no mercado, pode-se citar os produtos biológicos, a base de bactérias do gênero *Bacillus*, que atuam não somente no controle de doenças de plantas, mas também como promotoras de crescimento vegetal (CHAGAS, 2017).

Estes produtos apresentam em sua composição bactérias promotoras de crescimento, que atuam diretamente na biologia das plantas, através da produção de fitohormônios como auxinas, citocininas e giberelinas, que são responsáveis pela divisão e alongamento celular, além de outras funções fisiológicas, corroborando para o aumento da matéria de raízes e folhas, e contribuindo com o aumento da produtividade das plantas (LAZARETTI; BETTIOL, 1997; TSAVKELOVA, 2006; MARTÍNEZ-VIVEROS, et al., 2010).

O gênero *Bacillus* é conhecido por ter diversas espécies que possuem interação benéfica com plantas, podendo ser citada a capacidade destes microrganismos em solubilizar fosfatos presentes no solo, através da liberação de ácidos orgânicos e fosfatases (RIBAS, et al., 2014), de induzir resistência sistêmica nas plantas para defesa contra patógenos (ARAÚJO; MENEZES, 2009), de agir benéficamente na germinação de sementes e emergência de plântulas, de fixar nitrogênio orgânico e de produzir sideróforos e antibióticos (LIMA, 2011).

Bactérias promotoras de crescimento vegetal, como as do gênero *Bacillus* produzem compostos indólicos, dentre eles o ácido indol acético (AIA), que quando sintetizados e secretados pela bactéria, agem como hormônios de crescimento vegetal, induzindo o aumento das raízes e folhas das plantas (BABALOLA, 2010). Beneduzi (2008), usando uma bactéria do gênero *Bacillus* isolada de plantas de arroz irrigado no RS, verificaram que a bactéria possuía capacidade de promoção de crescimento, pois o microrganismo produziu altas taxas de AIA e sideróforos, além de fixar nitrogênio, promovendo aumento de até 30% na matéria seca das plantas.

Dessa forma, o estudo de agentes capazes de promover o biocontrole e a promoção de crescimento seria agronomicamente relevante para o desenvolvimento de biofertilizantes, podendo ser uma alternativa eficaz na redução do uso de fertilizantes químicos e foliares, utilizados em grande escala em todo mundo. A integração dessas técnicas de manejo poderia reduzir os custos de produção e tornar a agricultura mais sustentável do ponto de vista econômico e ambiental. Com isso, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de produtos biológicos, produzidos com

bactérias do gênero *Bacillus*, na promoção de crescimento de plantas de arroz, *in vitro* e em casa de vegetação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A cultura do arroz

O arroz é uma planta anual, originária da Ásia, pertencente à família *Poaceae*, do gênero *Oryza*, que possui em torno de 20 espécies, sendo a mais cultivada no Brasil, a espécie *Oryza sativa* L. É o segundo cereal mais cultivado no mundo, ficando atrás apenas do milho (*Zea mays* L.), e se caracteriza por ser o principal alimento de mais da metade da população mundial, principalmente nos países asiáticos (CONAB, 2015).

A espécie foi introduzida no Brasil durante a colonização pelos portugueses, e existem registros de que em 1904 surgiu, em Pelotas (RS), a primeira lavoura comercial de arroz, já irrigada. No Brasil, o arroz está no prato de mais de 90% da população. O tipo mais aceito é o arroz branco, seguido pelo parboilizado, e com menos de 5%, o arroz integral (CONAB, 2015).

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais do grão, sendo o nono colocado, ficando atrás da China, Índia, Indonésia, Bangladesh, Vietnã, Tailândia, Myanmar e Filipinas. Grande parte do arroz brasileiro é produzido no Sul do Brasil, onde o RS se destaca como maior produtor nacional, responsável por mais de 70% da produção total. No Estado, são semeados em torno de um milhão de hectares com a cultura em cada safra, com produtividade média superior a 7,9 toneladas por hectare. A região da Fronteira Oeste merece destaque, pois é a que possui maior área cultivada e maior produtividade média do Estado, isto ocorre devido a condições edafoclimáticas, como por exemplo, a maior incidência de radiação solar e solos com características adequadas para o cultivo do arroz, além do alto investimento em insumos aplicados nas áreas cultivadas (SOSBAI, 2018).

Nessa região, a orizicultura é a principal atividade econômica, chegando a corresponder por mais de 50% do valor bruto da produção agrícola para diversos municípios (SOSBAI, 2018). No Brasil, a orizicultura irrigada é responsável por mais de 80% da produção nacional, cultivados em sistema de terras baixas ou várzea, onde prevalece o sistema de irrigação por inundação (ROTILLI, et al., 2010).

Entretanto, o custo de produção das lavouras de arroz irrigado vem aumentando a cada ano. Segundo relatório de variação de custos da Companhia Nacional de Abastecimento (2016), nas cidades de Itaqui e Uruguaiana houve um aumento de 99% do custo de produção da saca de 50 kg, da safra de 2007/08 para

2016/17, influenciado principalmente pela elevação do preço do combustível usado para as operações de preparo de solo, elevação do preço do fertilizante nitrogenado e elevação no preço da energia elétrica, utilizada em grande escala na irrigação da lavoura.

Diante disso, o sucesso de uma lavoura de arroz depende de um bom planejamento, organização, direção e controle da condução da atividade, que são as funções básicas da administração da atividade agrícola (SOSBAI, 2018).

## **2.2. Promoção de crescimento de plantas por microrganismos benéficos**

Os microrganismos que habitam a rizosfera ou o interior das plantas possuem extrema importância para a agricultura, pois são responsáveis por diversas transformações químicas que estão diretamente ligadas aos processos realizados pelas plantas, como a absorção e assimilação de nutrientes, tendo como uma das principais funções a ciclagem de nutrientes (BACKER, et al., 2018). Entretanto, estes microrganismos, basicamente representados por bactérias e fungos, possuem muitas funções além da ciclagem de nutrientes. Dentre elas, podem ser citadas a promoção de crescimento, fixação de nitrogênio, solubilização de fosfatos, produção de sideróforos e supressão de patógenos e pragas (CHAGAS, 2017).

Dentro deste grupo de microrganismos que possuem capacidade de agir benéficamente nas plantas, estão as rizobactérias promotoras do crescimento vegetal (PGPR – do inglês: Plant Growth-Promoting Bacteria), e as bactérias endofíticas. As PGPR's são bactérias que habitam o sistema radicular das plantas, e possuem a capacidade de promover o crescimento das plantas através de processos como a produção de fitohormônios (auxinas, citocininas, entre outros), fixação de nitrogênio, solubilização de fosfatos, produção de sideróforos, etc. (POMPEU et al., 2018). Estas bactérias apresentam uma grande diversidade de espécies, que co-evoluíram com seus hospedeiros, criando uma interação que gera benefícios tanto para a bactéria quanto para a planta (POMPEU et al., 2018).

As bactérias são consideradas endofíticas quando colonizam internamente os tecidos vegetais sem causar efeitos negativos ou sintomas de reação na planta, estas bactérias podem migrar do solo para a planta através de fissuras causadas pela emissão de raízes laterais, através de ferimentos e/ou estômatos, e, dentro do tecido vegetal, encontram grande disponibilidade de nutrientes. Desta forma, a partir da colonização dos tecidos, esses organismos produzem substâncias favoráveis ao

crescimento da planta, como vitaminas e sideróforos, estabelecendo uma interação mutualística com o hospedeiro (POZZEBON; SANTOS, 2016).

A capacidade de promoção de crescimento potencializa o aumento da produtividade das plantas e permite a prática de uma agricultura mais sustentável, através da menor utilização de fertilizantes químicos e produtos fitossanitários, favorecendo a geração de alimentos com menores taxas de resíduos químicos, além de reduzir o custo de produção (POMPEU *et al.*, 2018).

Com o objetivo de reduzir o uso de insumos industriais na produção de alimentos, e conseqüentemente, obter um sistema produtivo mais sustentável, podem ser utilizados produtos biológicos como método alternativo para se ter melhor disponibilidade e aproveitamento dos recursos disponíveis no solo, como água e nutrientes. Além disso, cabe ressaltar que o objetivo do uso de produtos biológicos não é extinguir o uso de insumos químicos, mas sim evitar a dependência completa destas alternativas, para que sua eficiência não seja afetada com o passar do tempo (BACKER, 2018).

### **2.3. O gênero *Bacillus***

Existem vários gêneros de bactérias capazes de exercer a função de promoção de crescimento, podendo ser citados os gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Streptomyces* e *Bradyrhizobium* (PÉREZ-GARCÍA, *et al.*, 2011).

O gênero *Bacillus* se destaca pela quantidade de espécies estudadas quanto a capacidade de promoção de crescimento e controle biológico. Segundo Lima (2011), *Bacillus subtilis* é uma das principais bactérias de importância para o crescimento vegetal, sendo este crescimento mediado através de mecanismos, como a produção de fitohormônios estimuladores do crescimento, produção de sideróforos e antibióticos, e indução de resistência das plantas contra fitopatógenos.

Beneduzi *et al.* (2008), isolaram uma cepa de *Bacillus* spp. encontrada em um campo de cultivo de arroz irrigado no RS, e observaram através de experimentos *in vitro* e em casa de vegetação, que o isolado provou ser eficiente no aumento do comprimento de raízes e da parte aérea de plantas de arroz.

Em experimentos conduzidos com a cultura do algodão (*Gossypium* sp.), Araújo (2012) verificaram que 14 isolados de *Bacillus* spp. promoveram o aumento da massa seca radicular nas plantas, podendo estes isolados serem utilizados como inoculantes na cultura.

Guimarães et al. (2013) avaliaram a atividade de promoção de crescimento da espécie *B. amyloliquefaciens* na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), aplicando a rizobactéria no sulco de plantio das mudas, e observaram que houve um aumento significativo do peso fresco e do diâmetro da parte aérea das plantas de alface quando comparadas com a testemunha sem tratamento.

Dessa forma, estudos visando elucidar os mecanismos de ação envolvidos na promoção de crescimento de plantas, promovidos por bactérias do gênero *Bacillus*, são necessários, para o futuro da produção agrícola, tanto em relação a sustentabilidade do sistema produtivo, quanto para a redução de custos e contribuição para geração de um sistema mais rentável para quem produz.



### 3. METODOLOGIA

Os ensaios foram conduzidos no laboratório de Fitopatologia e Microbiologia do Solo e em casa de vegetação, na Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA/ Campus Itaqui, localizada na cidade de Itaqui, Rio Grande do Sul.

O trabalho foi realizado em duas etapas: a primeira fase foi realizada *in vitro*; e a segunda fase foi realizada em casa de vegetação. Os tratamentos foram dispostos da seguinte forma: T1) Testemunha (água destilada e esterilizada); T2) *Bacillus amyloliquefaciens* isolado BV03; T3) *Bacillus subtilis* linhagem FMCH002/DSM32155 e *Bacillus licheniformis* linhagem FMCH001/DSM32154; T4) *Bacillus methylotrophicus* isolado SF267 (não formulado); T5) *Bacillus methylotrophicus* isolado SF267.

O experimento *in vitro* foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), composto por cinco repetições de cada tratamento e cinco sementes por repetição. Para isso, sementes de arroz da cultivar GURI INTA CL, que na safra de 2018/19 foi a segunda mais semeada no RS, foram primeiramente desinfestadas superficialmente por 1 minuto em álcool 70%; 3 minutos em hipoclorito de sódio 1,5% e três lavagens em água destilada e esterilizada. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em sacos plásticos identificados com os respectivos tratamentos, e tratadas com os produtos biológicos comerciais, produzidos com diferentes espécies de bactérias do gênero *Bacillus*, nas doses recomendadas pelos fabricantes. As doses utilizadas foram: 50 µL de *B. amyloliquefaciens* para 25 g de sementes; 0,0375 g de *B. licheniformis* + *B. subtilis* para 25 g de sementes; e 75 µL de *B. methylotrophicus* para 25 g de sementes. As sementes foram homogeneizadas e permaneceram em repouso durante uma hora, em temperatura ambiente (~ 20 °C).

Após o tratamento, as sementes foram colocadas em placas de Petri contendo papel Germitest®, umedecido com água destilada e esterilizada 2,5 vezes o peso do papel, durante 48 h, a 25 °C e fotoperíodo de 12 h, para pré-germinação. Isso foi feito para garantir que somente sementes viáveis fossem utilizadas no teste.

Finalmente, após a pré-germinação, as sementes foram semeadas distantes uma da outra, em linha, no centro de placas de Petri contendo meio de cultura ágar-água (2% p/v) (20 g de ágar; 1000 mL de água), conforme metodologia adaptada de López-Bucio et al. (2007). Posteriormente, as placas foram vedadas, acomodadas verticalmente em bandejas e mantidas em BOD a 25 °C e fotoperíodo de 12 h, durante sete dias.

Ao final dos sete dias, realizou-se a avaliação dos tratamentos, mensurando-se o comprimento da raiz e da parte aérea (cm), peso da matéria fresca e seca da raiz (g) e peso da matéria fresca e seca da parte aérea (g) das plântulas. Para a avaliação do peso da matéria seca da raiz e da parte aérea, as amostras foram levadas à estufa de circulação de ar, onde ficaram por 72 h à temperatura de 55 °C, e posteriormente, foram pesadas em balança analítica de precisão.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente no software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011), submetidos à análise de variância e as médias, quando significativas, foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0.05$ ).

Para o ensaio de casa de vegetação, o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBA), com quatro repetições. Para isso, sementes de arroz da cultivar GURI INTA CL foram desinfestadas superficialmente e tratadas com os produtos biológicos, conforme supramencionado no teste *in vitro*. Após o tratamento, as sementes foram pré-germinadas em placas de Petri contendo papel Germitest®, umedecido com água destilada e esterilizada 2,5 vezes o peso do papel, por 48 h, a 25 °C e fotoperíodo de 12 h, garantindo que somente sementes viáveis fossem utilizadas no teste. Depois de pré-germinadas, foram semeadas cinco sementes, a um centímetro de profundidade, em copos plásticos de 300 mL, contendo mistura de solo com areia autoclavados, na proporção 2:1 (v:v). Após a emergência das plântulas, foi realizado um desbaste para manter apenas uma planta por copo.

Os copos foram mantidos em bandejas plásticas e imersos em uma lâmina d'água de aproximadamente 1/3 da altura do copo, visando simular a irrigação por inundação, característica das lavouras de arroz irrigado da região da Fronteira-Oeste do RS. Após a emergência das plantas, foram feitas, a cada três dias, avaliações da altura de plantas (cm), totalizando 15 avaliações. Na 15ª avaliação, também mensurou-se o número total de folhas, o comprimento da raiz (cm), e a matéria fresca e seca da parte aérea e da raiz (g). Para a mensuração da matéria seca das raízes e parte aérea, as mesmas foram secas em estufa de circulação de ar, onde permaneceram por 72 h à temperatura de 55 °C, e posteriormente pesadas em balança analítica de precisão (ARAÚJO; GUERREIRO, 2010 – com adaptações). Os dados de altura de plantas foram transformados em Área Abaixo da Curva de Progresso de Crescimento de Plantas (AACPCP), conforme equação adaptada de Shaner e Finney (1977):

n-1

$$AACPCP = \sum_{i=1}^{n-1} (Y_i + Y_{i+1}) / 2 * (T_{i+1} - T_i),$$

Onde:

n é o número de avaliações; Y o crescimento da planta; T o tempo quando da avaliação de crescimento;  $(Y_i + Y_{i+1})$  a altura média do retângulo entre os pontos  $Y_i$  e  $Y_{i+1}$ ; e  $T_{i+1} - T_i$  a diferença da base do retângulo entre os pontos  $T_{i+1}$  e  $T_i$ .

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente no software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011), submetidos à análise de variância e as médias, quando significativas, agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0.05$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Experimento *in vitro*

No ensaio de crescimento de plântulas de arroz, que visou avaliar a capacidade dos produtos à base de *Bacillus* spp. em promover o aumento do crescimento da raiz (cm) e alongação da parte aérea (cm), os tratamentos T2 (*B. amyloliquefaciens*), T3 (*B. licheniformis* + *B. subtilis*) e T4 (*B. methylotrophicus* não formulado) não diferiram da testemunha para aumento da parte aérea. Todavia, o T2 (*B. amyloliquefaciens*) apresentou o maior comprimento (10,3% maior que a testemunha). Os tratamentos T2 e T4 (*B. amyloliquefaciens* e *B. methylotrophicus*) foram os mais eficazes no aumento do comprimento da raiz, quando comparados com a testemunha sem aplicação, apresentando incrementos de 4,93 e 5,23 cm, respectivamente.

As variáveis matéria fresca de parte aérea (MFPA), matéria fresca de raiz (MFR) e matéria seca de parte aérea (MSPA) não apresentaram diferença entre os tratamentos avaliados e a testemunha. Entretanto, ao avaliar a matéria seca de raiz (MSR), os tratamentos 4 (*B. methylotrophicus*, não formulado) e 2 (*B. amyloliquefaciens*) apresentaram incrementos de 20 e 13,3%, respectivamente, sendo considerados os mais eficazes em promover o aumento do peso da MSR, seguidos do T3 (*B. licheniformis* + *B. subtilis*) e da testemunha. Para essa variável, o T5 (*B. methylotrophicus*), foi o menos eficaz (Tabela 1; Figura 1).

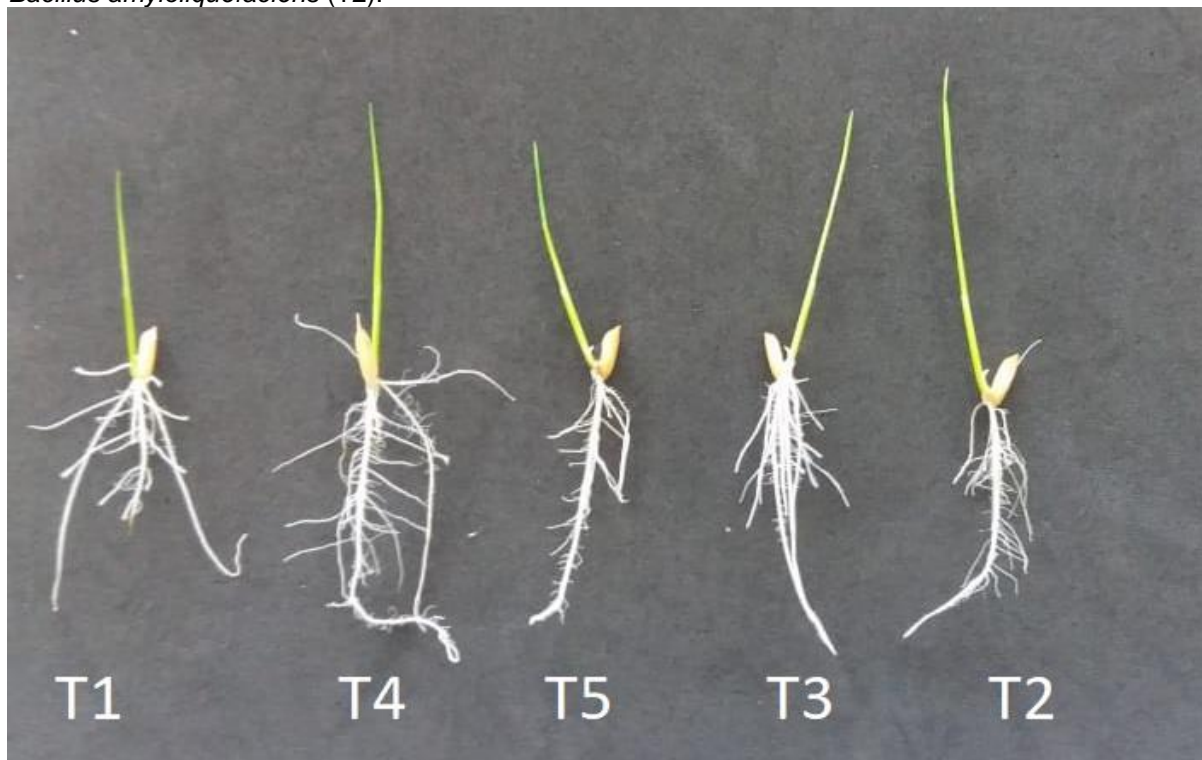
**Tabela 1.** Efeito de produtos biológicos na promoção de crescimento de plântulas de arroz *in vitro*: Comprimento de parte aérea (cm), comprimento de raiz (cm), matéria fresca de parte aérea (MFPA) (g), matéria fresca de raiz (MFR) (g), matéria seca de parte aérea (MSPA) (g), matéria seca de raiz (MSR) (g).

Tratamentos	P. Aérea (cm)	Raiz (cm)	MFPA (g)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)
Testemunha(T1)	4,46a*	4,55b	0,049a	0,020a	0,013a	0,015b
<i>B. amyloliquefaciens</i> (T2)	4,92a	4,95a	0,049a	0,023a	0,016a	0,017a
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i> (T3)	4,60a	4,31b	0,047a	0,020a	0,014a	0,015b
<i>B. methylotrophicus</i> não formulado(T4)	4,72a	5,23a	0,052a	0,023a	0,014a	0,018a
<i>B. methylotrophicus</i> formulado(T5)	3,94b	4,38b	0,045a	0,017a	0,012a	0,012c
CV(%)	3,80	3,58	0,24	0,15	0,11	0,07

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2019).

**Figura 1:** Plântulas de arroz após sete dias em câmara de crescimento, avaliadas no experimento *in vitro*. Ordem dos tratamentos da esquerda para a direita: Testemunha (T1); *Bacillus methylophilus* não formulado (T4); *Bacillus methylophilus* (T5); *Bacillus licheniformis* + *Bacillus subtilis* (T3); *Bacillus amyloliquefaciens* (T2).



Frequentemente, espécies pertencentes ao gênero *Bacillus*, são conhecidas pelo potencial de promoção de crescimento de plantas, capazes de aumentar substancialmente o crescimento e a produtividade de diversas culturas. Devido à suas propriedades como biofertilizadores e biocontroladores naturais, podem ser considerados substitutos parciais para fertilizantes e pesticidas (GAJBHIYE, et al., 2010; QIAO, et al., 2014; SHAHZAD, et al., 2017).

Foi demonstrado nesse estudo, que produtos biológicos a base de bactérias do gênero *Bacillus* podem agir positivamente no crescimento e desenvolvimento de plântulas de arroz, tal como reportado para outras culturas, como milho, feijão-caupi (CHAGAS, et al., 2017) e tomate (ARAÚJO; MARCHESI, 2009). Além disso, os resultados obtidos nesse estudo corroboram com os obtidos por Shahzad et al. (2017), que inocularam sementes de tomate com um isolado de *B. amyloliquefaciens*, e obtiveram resultados de 28,23% de aumento no comprimento de parte aérea, 149,14% de aumento no comprimento de raiz, 168,68% de incremento no peso de matéria fresca e 175,47% de incremento no peso de matéria seca de plantas de tomate. Pradhan e Mishra (2015), em experimento com isolados de *B.*

*amyloliquefaciens* no tratamento de sementes de arroz, observaram incrementos de 42% no comprimento de parte aérea e 39,7% no comprimento de raiz, em relação à testemunha.

Devido a várias funções com potencialidade de promoção de crescimento que bactérias do gênero *Bacillus* possuem, estes resultados podem ser explicados por diversas hipóteses, dentre elas a capacidade que estes microrganismos possuem de produzir fitohormônios como auxinas e citocininas (PÉREZ-GARCÍA, et al., 2011). Segundo Pozzebon e Santos, (2016), bactérias promotoras do crescimento vegetal, como as do gênero *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter* e *Agrobacterium*, produzem compostos indólicos, como ácido indol acético, giberelinas e ácidos láctico e succínico, que quando sintetizados e secretados pela bactéria, induzem o alongamento das células e, conseqüentemente, aumentam o comprimento de raízes e folhas. Possivelmente, os dois tratamentos que apresentaram os melhores crescimentos e incrementos de parte aérea e raiz das plântulas de arroz, podem ter produzido algumas dessas substâncias, possibilitando o aumento ou regulação positiva dos fitohormônios endógenos, haja visto que mecanismos envolvidos na solubilização ou otimização da absorção de nutrientes não são possíveis de ocorrer nas condições em que foi realizado esse teste, pois o meio de cultura ágar-água não apresenta nutrientes.

Uma hipótese para o menor comprimento radicular obtido com os tratamentos *B. licheniformis* + *B. subtilis* (T3) e *B. methylotrophicus* (T5), é que, segundo Pozzebon (2015), algumas bactérias benéficas podem produzir ácido cianídrico (HCN), que é uma substância com potencialidade de apresentar fitotoxicidade, causando restrição do crescimento radicular das plântulas. Além disso, segundo a mesma autora, quando produzido em altas concentrações por bactérias, o AIA também pode restringir ou inibir o crescimento radicular de plântulas. Isso ocorre porque o AIA bacteriano altera a auxina endógena da planta para um nível acima do ótimo. Outra hipótese que pode explicar o menor comprimento radicular e menor peso de matéria seca de raiz obtidos com o T5 (*B. methylotrophicus*), é que algum ingrediente inerte, utilizado para estabilização da bactéria no recipiente comercial, possa ter causado algum estresse na plântula, já que o T4 (*B. methylotrophicus* não formulado), que foi eficaz, é composto pela mesma espécie bacteriana, porém, sem os ingredientes adicionais.

#### 4.2. Experimento em casa de vegetação

No experimento conduzido em casa de vegetação, constatou-se que para a variável altura de plantas (AACPCP), todos os tratamentos foram promissores na promoção do crescimento, diferindo da testemunha e promovendo aumento da altura da planta de até 20,46% (T2 - *B. amyloliquefaciens*) em relação à testemunha (Tabela 2).

Com relação ao comprimento da raiz principal de plantas de arroz, não foi observada diferença entre os produtos aplicados e a testemunha. Para a matéria fresca de parte aérea (MFPA), todos os tratamentos diferiram da testemunha, apresentando maior peso. Para essa variável, o T5 (*B. methylotrophicus*) foi o mais eficaz, proporcionando incrementos de 52,63% no peso da MFPA, seguido dos tratamentos 2, 3 e 4, que apresentaram, respectivamente, 32,33; 24,81 e 9,77% de incremento na MFPA, em comparação com a testemunha (Tabela 2).

Para as variáveis matéria fresca da raiz (MFR), matéria seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR), e número de folhas (NF), não foi observada diferença entre os produtos aplicados para promoção de crescimento de plantas e a testemunha. Apesar de não existir diferença, todos os tratamentos apresentaram maiores incrementos da MFR, variando de 23,72 a 77,11%, quando comparados com a testemunha, que apresentou o menor acúmulo. Para a MSPA e MSR, apesar dos tratamentos não diferirem da testemunha, observa-se que todos os tratamentos apresentaram capacidade de promover o aumento dessas variáveis. O mesmo ocorre para o número de folhas, em que todas as plantas oriundas de sementes tratadas com os produtos biológicos apresentaram maior número de folhas quando comparados com a testemunha (Tabela 2; Figura 2).

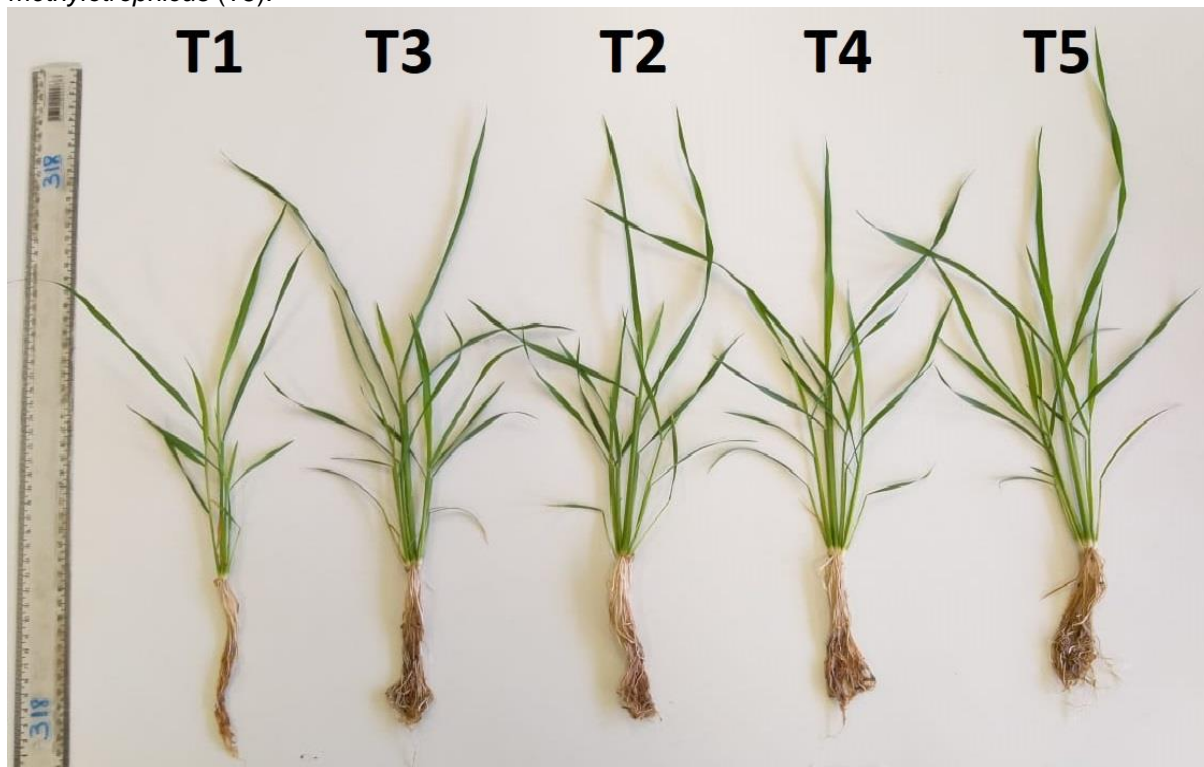
**Tabela 2.** Efeito de produtos biológicos na promoção de crescimento de plantas de arroz em casa de vegetação: Área abaixo da curva de progresso de crescimento de plantas (AACPCP), comprimento de raiz (cm), peso da matéria fresca de parte aérea (MFPA) (g), peso da matéria fresca de raiz (MFR) (g), peso da matéria seca de parte aérea (MSPA) (g), peso da matéria seca de raiz (MSR) (g) e número de folhas (NF).

Tratamentos	AACPCP	Comprimento Raiz (cm)	MFPA (g)	MFR (g)	MSPA (g)	MSR (g)	NF
Testemunha (T1)	297,30b*	12,05a	1,33b	1,18a	0,256a	0,136a	15,25a
<i>B. amyloliquefaciens</i> (T2)	358,14a	12,05a	1,98a	1,76a	0,370a	0,209a	17,00a
<i>B. licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i> (T3)	353,96a	12,50a	1,83a	1,66a	0,334a	0,169a	15,50a
<i>B. methylotrophicus</i> não formulado(T4)	348,28a	11,47a	1,77a	1,46a	0,335a	0,183a	16,00a
<i>B. methylotrophicus</i> formulado(T5)	357,61a	12,32a	2,03a	2,09a	0,373a	0,229a	17,25a
CV(%)	3,60	4,79	5,68	9,05	2,04	1,70	5,01

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2019).

**Figura 2:** Plantas de arroz com 45 dias de idade, avaliadas no experimento em casa de vegetação. Ordem dos tratamentos da esquerda para a direita: Testemunha (T1); *Bacillus licheniformis* + *Bacillus subtilis* (T3); *Bacillus amyloliquefaciens* (T2); *Bacillus methylotrophicus* não formulado (T4); *Bacillus methylotrophicus* (T5).



A partir dos resultados obtidos neste estudo, é possível verificar que os produtos biológicos testados, possuem potencial de promoção do crescimento em



plantas de arroz, pois os mesmos são capazes de promover incrementos na AACPCP e na MFPA. Além disso, mesmo nos caracteres em que não foram observadas diferenças entre os tratamentos, verificou-se que ainda assim, em plantas provenientes de sementes tratadas com os produtos biológicos, os incrementos foram superiores à testemunha (Tabela 2).

Diversos estudos dessa temática, realizados em outras culturas, comprovam que bactérias do gênero *Bacillus* são capazes de promover o crescimento de plantas (JÚNIOR, 2010; PRADHAN e MISHRA, 2015; SHAHZAD, et al., 2017). Além disso, os resultados encontrados no presente estudo corroboram com os obtidos por Beneduzi (2008), que isolaram bactérias do gênero *Bacillus* e *Paenibacillus* de campos de produção de arroz irrigado do RS, e através de experimentos *in vitro* e em casa de vegetação, perceberam que os isolados aumentaram significativamente a matéria seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz.

Lima et al. (2011), estudaram o efeito do tratamento de sementes de milho com produto formulado a base de *B. subtilis* associado a adubação nitrogenada, e verificaram que houve melhoria no desenvolvimento e aumento da produtividade de grãos da cultura. Sousa et al. (2019), realizaram experimentos com bactérias promotoras do crescimento em duas cultivares de arroz irrigado, e verificaram que os isolados promoveram aumento médio de 24,3% no comprimento radicular de plantas da cultivar BRS Catiana e 31% de aumento no comprimento radicular de plantas da cultivar A 702 CL.

Os resultados promissores obtidos nesse estudo podem ser explicados devido a diversas funções que estas bactérias possuem, como por exemplo, a produção de sideróforos, que auxiliam na absorção do ferro do solo e estimulam a biossíntese de diversos compostos antimicrobianos, além de suprimir microrganismos fitopatogênicos; produção de fitohormônios como AIA, ácido abscísico, giberélico e citocininas; fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato, produção de íons de amônio, mineralização de fosfato orgânico, fornecimento de vitaminas essenciais, aumento da captação e solubilização de minerais, regulação estomática e modificação da morfologia radicular (JHA; KUMAR, 2007; JI et al., 2013; FILGUERAS; MENESES, 2015; ABBAMONDI et al., 2016).

## 5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos neste estudo, é possível verificar que os produtos biológicos testados, produzidos a base de bactérias do gênero *Bacillus*, possuem potencial de promoção do crescimento em plantas de arroz, pois os mesmos foram capazes de promover incrementos em praticamente todos os caracteres avaliados.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABBAMONDI, G. R.; TOMMONARO, G.; WEYENS, N.; THIJS, S.; SILLEN, W.; GKORESIS, P.; IODICE, C.; RANGEL, W. M.; NICOLAUS, B.; VANGRONSVELD, J. Plant growth-promoting effects of rhizospheric and endophytic bacteria associated with different tomato cultivars and new tomato hybrids. **Chem. Biol. Technol. Agric.** [s. l.], v. 3, n. 1, 10p, jan. 2016.
- ARAÚJO, F. F.; MENEZES, D. Indução de resistência a doenças foliares em tomateiro por indutores biótico (*Bacillus subtilis*) e abiótico (Acibenzolar-S-Metil). **Summa phytopathol.** Botucatu, SP, v. 35, n. 3, p. 169-172, 16 jul. 2009.
- ARAÚJO, F. F.; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. **Cienc. Rural.** Santa Maria, RS, v. 39, n. 5, p. 1558-1561, ago. 2009.
- ARAÚJO, F. F.; GUERREIRO, R. T. Bioprospecção de isolados de *Bacillus* promotores de crescimento de milho cultivado em solo autoclavado e natural. **Cienc. Agrotec.** Lavras, MG, v. 34, n. 4, p. 837-844, ago. 2010.
- ARAÚJO, F. F. ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2012, Presidente Prudente. **Seleção de rizobactérias para promoção do crescimento de algodoeiro.**
- BABALOLA, O. O. Beneficial bacteria of agriculture importance. **Biotechnol. Lett.** v. 32, n. 11, p. 1559-1570, nov. 2010.
- BACKER, R.; ROKEM, J. S.; ILANGUMARAN, G.; LAMONT, J.; PRASLICKOVA, D.; RICCI, E.; SUBRAMANIAN, S.; SMITH, D. L. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. **Front. Plant. Sci.** v. 9, 17p, out. 2018.
- BENEDUZI, A.; PERES, D.; VARGAS, L. K.; ZANETTINI, M. H.; PASSGLIA, L. M. P. Evaluation of genetic diversity and plant growth promoting activities of nitrogen-fixing bacilli isolated from rice fields in South Brazil. **Applied Soil Ecology.** v. 39, n. 3, p. 311-320, jul. 2008.
- CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L. L.; FILHO, M. R. C.; MILER, L. O.; OLIVEIRA, J. C.; JUNIOR, A. F. C. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma sp.* no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-Environmental Sci.** Palmas, TO, v. 3, n. 2, p. 10-18, dez. 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do arroz.** Conab. Brasília, DF, 2015. 180 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 6, n. 4, jan. 2019.

FARRAR, K.; BRYANT, D.; COPE-SELBY, N. Understanding and engineering beneficial plant-microbe interactions: plant growth promotion in energy crops. **Plant Biotech. J.** v. 12, p. 1193-1206, out. 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciênc. Agrotec.** Lavras, MG, v. 35, n. 6, dez. 2011.

FILGUEIRAS, L. M. B.; MENESES, C. H. S. Efeito das bactérias promotoras de crescimento de plantas na proteção contra o estresse hídrico. **Biofarm.** v. 11, n. 01, 10p, 2015.

GAJBHIYE, A. RAI, A. R.; MESHARAM, S. U.; DONGRE, A. B. Isolation, evaluation and characterization of *Bacillus subtilis* from cotton rhizospheric soil with biocontrol activity against *Fusarium oxysporum*. **World J. Microbiol. Biotechnol.** v. 26, p.1187-1194, dez. 2009.

GUIMARÃES, A. M.; PAZ, I. C. P.; SANTIN, R. C. M.; PAULI, G.; SILVA, M. E.; SOUZA, R. V.; MATSUMURA, A; T; S;; SILVA, E. R. Utilização da rizobactéria *Bacillus amyloliquefaciens* na promoção de crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultivo agroecológico. **Cadernos de agroecologia [s. l.]**. v. 8, n. 2, 6p, dez. 2013.

JI, S. H.; GURURANI, M. A.; CHUN, S. Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic diazotrophic bacteria from Korean rice cultivars. **Microbiological Research.** v. 169, p. 83-98, jul. 2013.

JHA, P. N.; KUMAR, A. Endophytic colonization of *Thypha australis* by a plant growth promoting bacterium *Klebsiella oxytoca* strain GR-3. **Journal of Microbiology.** v. 103, n. 4, p. 1311-1320, nov. 2007.

JÚNIOR, I. T. S. Biocontrole da queima-das-bainhas e do nematoide das galhas e promoção de crescimento de plantas de arroz por rizobactérias. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, DF, v. 45, n. 11, p. 1259-1267, nov. 2010.

LAZZARETTI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Sci. Agri.** Piracicaba, SP, v. 54, n. 1, p.89-96, ago. 1997.

LIMA, F.; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. do V. B.; DE ARAÚJO, F. F.; LIMA, L. M.; DE ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na

produtividade do milho. **Rev. Bras. Ciênc. Agrárias**. Pernambuco, v. 6, n. 4, p. 657-661, dez. 2011.

LÓPEZ-BUCIO, J.; CAMPOS-CUEVAS, J. C.; HERNÁNDEZ-CALDERÓN, E.; VELÁSQUEZ-BECERRA, C.; RODRÍGUEZ-FARÍAS, R.; MACÍAS-RODRÍGUES, I.; VALENCIA-CANTERO, E. *Bacillus megaterium* rhizobacteria promote growth and alter root-system architecture through an auxin and ethylene independent signaling mechanism in *Arabidopsis thaliana*. **The American Phytopathological Society**. v. 20, n. 2, p. 207-217, 2007.

MARIOT, C. H. P.; VIEIRA, V. M.; SILVA, P. R. F.; MENEZES, V. G.; OLIVEIRA, C. F.; FREITAS, T. F. S. Práticas de manejo integradas para produção de arroz irrigado. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, DF, v. 44, n. 3, p. 243-250, mar. 2009.

MARTÍNEZ-VIVEROS, O.; JORQUERA, M. A.; CROWLEY, D. E.; GAJARDO, G.; MORA, M. L. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. **J. Soil Sci. Plant Nutr.** v. 10, n. 3, p. 293-319, jul. 2010.

PÉREZ-GARCÍA, A.; ROMERO, D.; VICENTE, A. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. **Curr. Opin. Biotechnol.** v. 22, n. 2, p. 187-193, abr. 2011.

POMPEU, D. C.; POZZEBON, B. C.; FIGUEIRA, A. dos R. Interações endofíticas com plantas hospedeiras. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Brasília, DF, v. 26, p. 96-112, 2018.

POZZEBON, B. C. **Promoção de crescimento e biocontrole da mancha-parda por bactérias endofíticas de arroz**. 2015. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, 2015.

POZZEBON, B. C.; SANTOS, dos J. Bactérias endofíticas: passado, presente e perspectivas visando um futuro sustentável. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Brasília, DF, v. 24, p. 115-129, 2016.

PRADHAN, A.; MISHRA, B. B. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on germination and growth of rice (*Oryza sativa* L.). **The Ecoscan**. v. 9, n. 1, p. 213-216, abr. 2015.

QIAO, J. Q.; WU, H. J.; HUO, R.; GAO, X. W.; BORRIS, R. Stimulation of plant growth and biocontrol by *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 engineered for improved action. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**. v. 1, n. 12, 14p, 2014.

RIBAS, P. P.; RECH, R.; MATSUMARA, A. T. S.; VAN DER SAND, S. T. Potencial *in vitro* para solubilização de fosfato por *Trichoderma spp.* **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, RS, v. 14, n. 2, p. 70-75, abr. 2016.

ROTILLI, E. A.; FIDELIS, R.; SANTOS, M. M.; NETO, C. M.; KICHEL, E.; CANCELLIER, E. L. Eficiência no uso de fósforo de variedades de arroz cultivadas em solos de várzea irrigada. **Rev. Ceres**. Viçosa, MG, v. 57, n. 3, p. 415-420, jun. 2010.

SHAHZAD, R.; KHAN, A. L.; BILAL, S.; ASAF, S.; LEE, I. Plant growth promoting endophytic bacteria versus pathogenic infections: an example of *Bacillus amyloliquefaciens* RWL-1 and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. **PeerJ**. v. 5, 21p, mar. 2017.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**. v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SOSBAI - SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. SOSBAI. Cachoeirinha, RS, 205p, 2018.

SOUSA, M. I.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. de C. Bactérias promotoras do crescimento radicular em plântulas de dois cultivares de arroz irrigado por inundação. **Colloquium Agrariae**. v. 15, n. 2, p. 140-145, abr. 2019.

TSAVKELOVA, E. A. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: A review. **Applied Biochemistry and Microbiology**. v. 42, n. 2, p. 117-126, mar. 2006.