

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**Inoculação de *Pseudomonas thivervalensis* em milho para
redução da adubação nitrogenada e aumento da
produtividade**

GILMAR OLISKOWSKI

CANOINHAS
2021

GILMAR OLISKOWSKI

**Inoculação de *Pseudomonas thivervalensis* em milho para
redução da adubação nitrogenada e aumento da
produtividade**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Ciências
Biológicas – Modalidade a
Distância, da Universidade Federal
de Santa Catarina, como requisito
parcial para obtenção do título de
Licenciado em Ciências Biológicas.
Orientador: Prof. Dr. Márcio José
Rossi

CANOINHAS
2021

Oliskowski, Gilmar

Inoculação de *Pseudomonas thivervalensis* e adubação nitrogenada em milho: avaliação de um inoculante a base de *Pseudomonas thivervalensis* e adubação nitrogenada em milho./ Gilmar Oliskowski: orientador, Prof. Dr. José Rossi, 2021. 40 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2021.

Inclui referencias.

1 Ciências Biológicas. 2. Ciências Biológicas. 3 Abordagem de Ensino. 4. Conhecimento Científico. I. Sartor. Vitor. II Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. III Título.

Gilmar Oliskowski

Título: Inoculação de *Pseudomonas thivervalensis* em milho para redução da adubação nitrogenada e aumento da produtividade
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Licenciado em Ciências Biológicas” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas – Modalidade a Distância, da Universidade Federal de Santa Catarina
Canoinhas, 01 de julho de 2021.

Profª. Viviane Mara Woehl, Dr.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Márcio José Rossi, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Shantau Stoffel, MSc.
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Edenilson Meyer, MSc.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

A busca por técnicas de cultivo mais sustentáveis para produção de alimentos está se tornando cada vez mais necessária. O uso de fertilizantes minerais em excesso podem causar uma série de problemas ambientais, além de ser um custo desnecessário para o agricultor. Uma alternativa para redução dos adubos minerais é a utilização de inoculantes a base de bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP). Dentro desta temática, esse estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de *Pseudomonas thivervalensis* (SC5) para promoção de crescimento vegetal de milho. Para isto, foram definidos 4 tratamentos: Três tratamentos com 50% de N, sendo um controle não inoculado (N50-NI), um inoculado com *Azospirillum brasilense* (N50-NITRO 1000) e um inoculado com *P. thivervalensis* (N50-SC5), além de um tratamento controle não inoculado e com 100% de N (N100-NI). O experimento foi montado em delineamento em blocos casualizados com 10 repetições. Ao final do experimento foram determinadas a massa seca da parte aérea e a produtividade de grãos. Também realizou-se a estimativa de lucratividade levando em conta os gastos com insumos em todos os tratamentos. O tratamento que apresentou a maior produção de biomassa, maior produtividade e consequente lucratividade, foi o inoculado com a SC5. A inoculação de *P. thivervalensis* se mostrou eficiente na promoção do crescimento vegetal do milho, além de permitir reduzir a dose de nitrogênio e aumentar a produtividade da cultura. Aumentos de R\$1614,00 em lucratividade foram obtidos ao inocular o isolado SC5, demonstrando o potencial desse isolado para promoção de crescimento vegetal, especialmente em condição de déficit hídrico, como ocorreu na região de estudo.

Palavras-chave: inoculante; bactéria promotora de crescimento de plantas; lucratividade; déficit hídrico.

ABSTRACT

The search for more sustainable cultivation techniques for food production is becoming increasingly necessary. The use of mineral fertilizers in excess can cause a series of environmental problems, besides being an unnecessary cost for the farmer. An alternative to reduce mineral fertilizers is the use of inoculants based on plant growth promoting bacteria (PGRP). Within this theme, this study aimed to evaluate the efficiency of *Pseudomonas thivervalensis* (SC5) to promote plant growth in corn. For this, four treatments were defined: Three treatments with 50% N, being a non-inoculated control (N50-NI), one inoculated with *Azospirillum brasilense* (N50-NITRO 1000) and one inoculated with *P. thivervalensis* (N50-SC5), as well as a non-inoculated control treatment with 100% N (N100-NI). The experiment was set up in a randomized block design with 10 replicates. At the end of the experiment, the dry mass of the aerial part and the productivity of grains were determined. The profitability estimate was also performed, taking into account the expenses with inputs in all treatments. The treatment that presented the highest biomass production, productivity and consequent profitability was the one inoculated with SC5. The inoculation of *P. thivervalensis* proved to be very efficient in promoting corn plant growth, besides allowing reducing the nitrogen dose and increasing crop productivity. Increases of R\$1614.00 in profitability were obtained by inoculating SC5 isolate, demonstrating the potential this bacterium has for promoting plant growth, especially under conditions of water deficit, as occurred in the study region.

Keywords: inoculant; plant growth promoting bacteria; profitability; water deficit.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização da área experimental na comunidade Felipe Schmidt da cidade de Canoinhas localizada ao norte de Santa Catarina - Brasil.20
- Figura 2:** Fotos da implantação do experimento e das fases de desenvolvimento do milho. Plantio (A), Crescimento (B), Enchimento de grãos (C) e Maturação (D). 23
- Figura 3:** Produção de biomassa seca da parte aérea (MSPA) (a) e produtividade de grãos (b) em milho submetido a inoculação de NITRO 1000 e um novo inoculante a base de *Pseudomonas* sp., juntamente com dois tratamentos controle (50 e 100% de nitrogênio). Letras diferentes dentro de cada gráfico indicam diferenças significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey. 26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características físico-químicas do solo da área experimental na comunidade Felipe Schmidt da cidade de Canoinhas localizada ao norte de Santa Catarina - Brasil.....	21
Tabela 2: Custos (R\$) por hectare envolvidos no cultivo do milho para os quatro tratamentos aplicados.....	29
Tabela 3: Renda líquida por ha para os diferentes tratamentos testados neste estudo.	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 A CULTURA DO MILHO.....	15
3.2 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS (BPCP)	17
3.3 INOCULAÇÃO DE BPCP EM MILHO	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA	19
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	21
4.3 AVALIAÇÕES	24
4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICA	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 PRODUÇÃO DE BIOMASSA E GRÃOS	25
5.2 REDUÇÃO DOS CUSTOS DA CULTURA.....	28
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
7. REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das atividades mais importantes para a economia brasileira. Entre as principais demandas estão as produções de alimentos, combustíveis, produção de fibras para a indústria têxtil, madeira e celulose, óleos, grãos e pastagens para a alimentação animal.

Acompanhando o crescimento populacional e o desenvolvimento industrial, a agricultura precisou ser expandida, porém, as estratégias mais utilizadas foram a exploração de áreas de mata, uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos para controle de pragas e doenças. Essas estratégias trouxeram uma série de problemas ambientais, como desregulação do clima e aumento do número de pragas e doenças resistentes aos agrotóxicos (LOPES e ALBUQUERQUE, 2018). O uso descontrolado de fertilizantes químicos podem contribuir para a salinização dos solos, além da contaminação dos rios pelo processo de erosão superficial. Os agrotóxicos também podem contaminar os alimentos produzidos, causando problemas de saúde ao consumidor (LOPES e ALBUQUERQUE, 2018).

Para que se mantenha economicamente sustentável, a agricultura precisa estar em constante evolução, implementando novas práticas que garantam uma produção de forma sustentável, gerando lucro aos produtores sem prejudicar o meio ambiente e a saúde dos consumidores (DANTAS, 2019).

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais produzidas no Brasil, tanto para consumo interno quanto para exportação. Os principais usos do milho são para produção de ração e silagem para alimentação animal, óleo vegetal, etanol, consumo humano, dentre outros. Dentro de um sistema produtivo de milho, os fertilizantes nitrogenados constituem uma parcela significativa dos custos de produção que precisam ser repassados ao consumidor final.

O nitrogênio (N) é um elemento que participa da estrutura de duas moléculas extremamente importantes: as proteínas e os ácidos nucléicos, e sua absorção pelo milho é mais intensa no período que vai dos 40 dias após a semeadura (elongação, estágio V6-folhas) até o florescimento masculino (emissão do pendão), quando a planta absorve mais de 70% da sua necessidade total (CRUZ et al., 2010).

O nitrogênio (N) é um elemento que é facilmente perdido via volatilização e lixiviação (VIEIRA, 2017), sendo necessário o parcelamento da sua aplicação para reduzir as perdas. No entanto, mesmo com o parcelamento, devido às grandes quantidades de N recomendadas para atingir as altas produtividades, as perdas desse elemento para o meio ambiente são inevitáveis.

O excesso de N, além de potencialmente causar danos ao meio ambiente, também acarreta em aumento de custo de produção e, conseqüentemente, diminuindo a margem de lucro para o agricultor.

Práticas de produção agrícola mais sustentáveis vêm sendo estudadas e exploradas em diversas instituições de pesquisa pelo Brasil, sempre levando em consideração sua aplicabilidade nas pequenas, médias e grandes propriedades.

Na natureza existem muitos microrganismos com o potencial de promover o crescimento das plantas. Estes microrganismos ocorrem naturalmente, porém o tamanho e a composição da população natural nem sempre é capaz de promover efeitos significativos no crescimento das culturas nos sistemas agrícolas. Dessa forma, estudos que isolam estes microrganismos, selecionam os mais eficientes, testam em

ambiente controlado e a campo, e ao final viabilizam na forma de um produto comercial eficiente, são de extrema relevância.

Dentre os microrganismos capazes de auxiliar no crescimento vegetal existem muitas bactérias consideradas importantes. Estas são chamadas Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCP).

Existe uma grande diversidade de BPCP no solo que, quando associadas às plantas, podem promover diversos benefícios como fixação biológica de N, produção de fitormônios, enzimas, dentre outros compostos capazes de promover um maior desenvolvimento do sistema radicular e aéreo das plantas.

O aumento do sistema radicular e conseqüentemente da superfície radicular, resulta em maior exploração do solo, e maior eficiência na absorção de água, macro e micronutrientes pelas plantas. Outro aspecto importante é que as BPCP podem apresentar efeito antagônico sobre microrganismos patogênicos, e portanto podem promover um eficiente controle biológico (PEDRINHO, 2009).

As BPCP podem ser utilizadas na forma de inoculantes podendo auxiliar na produção e sustentabilidade agrícola, pois

tornam-se uma tecnologia prática e muito eficiente, com o potencial de complementar ou até mesmo substituir métodos tradicionais de adubação mineral.

Atualmente existem muitos inoculantes comerciais disponíveis para os produtores, e são indicados para funções como a fixação biológica de nitrogênio, relacionados a adubação nitrogenada, solubilização de fosfatos, relacionados à adubação fosfatada, e outros que podem auxiliar na nutrição vegetal por outros mecanismos.

Os primeiros inoculantes brasileiros foram criados para suprir a demanda de nitrogênio em leguminosas, através da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) por bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Atualmente já se sabe que existem muitas outras cepas bacterianas de vida livre ou endofíticas capazes de contribuir com a absorção de N e promover o crescimento de gramíneas como o milho.

Existem inoculantes nacionais testados, aprovados e comercializados para a cultura do milho, e outros em desenvolvimento. A utilização desses microrganismos por meio de inoculantes biológicos podem auxiliar na produção agrícola sustentável, e conseqüentemente na rentabilidade

agrícola, pois é uma técnica muito eficiente quando se visa reduzir a adubação.

Dentro desta temática, este estudo busca testar a eficiência de um novo inoculante a base de *Pseudomonas thivervalensis* (uma bactéria promotora de crescimento de plantas) no plantio de milho, visando aumento de produtividade e redução de custos com a aplicação de nitrogênio.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Testar a eficiência de um inoculante a base de bactéria promotora de crescimento de plantas (*Pseudomonas thivervalensis*) na cultura do milho visando aumento da produtividade e redução dos custos com a aplicação de nitrogênio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a eficiência da inoculação de *Pseudomonas thivervalensis* (BPCP), isolado SC5, no aumento da produtividade do milho;
- b) Avaliar a redução de custos na lavoura de milho e aumento dos lucros com a inoculação de um produto à base de *Pseudomonas thivervalensis* (BPCP).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A CULTURA DO MILHO

O milho é uma planta da família *Poaceae*, originária da América Central, adaptável a diversas condições climáticas, podendo apresentar bons resultados de produção em todas as regiões do planeta (CAVALCANTI, 2016). É classificado como um grão cereal, podendo ser utilizado de diversas formas, seja “*in natura*” ou industrializado, sendo um alimento de

excelente fonte energética, com alto teor de lipídios, amido, proteínas e vitaminas.

Dados da CONAB (2020) apontam o Brasil como o terceiro no ranking mundial na produção de milho, atrás apenas da China e do líder Estados Unidos. O levantamento da safra de grãos 2020/21 mostra que o Brasil deve ter uma produção recorde no período, sendo estimada em 268,7 milhões de toneladas, ou seja, 4,2 % maior do que a safra anterior. O milho é uma planta C4, se beneficiando de altos níveis de radiação para a atividade fotossintética.

Para a Landau et al. (2020) a baixa produtividade das plantas está diretamente ligada à baixa disponibilidade de nutrientes no solo e ao genótipo utilizado, clima, práticas culturais, ataque de pragas e doenças.

O milho vem sendo tratado pelos produtores brasileiros como uma ótima alternativa econômica, devido à grande demanda para a utilização na alimentação animal e humana. Desta forma, é muito importante o desenvolvimento de estudos para solucionar estas problemáticas e principalmente elevar a qualidade do grão e minimizar os impactos ambientais.

Uma das alternativas mais eficientes para aumentar a produtividade dos cultivos com um menor uso de fertilizantes é o uso de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP) (STOFFEL et al., 2020a; 2020b; FILIPINI, et al., 2021). Dentre estes microrganismos, as bactérias possuem um alto potencial de uso. A associação das plantas com as bactérias promotoras de crescimento (BPCP) podem contribuir para o aumento da superfície da raiz, melhorando significativamente o potencial de absorção de nutrientes, crescimento vegetal e produtividade (CAVALCANTE, 2016; FILIPINI, et al., 2021).

3.2 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS (BPCP)

As bactérias promotoras de crescimento de plantas podem ser encontradas interna ou externamente nos tecidos das plantas, promovendo o crescimento das plantas ou o controle biológico de doenças.

Os efeitos benéficos das BPCP podem ser observados em plantas cultivadas em laboratório ou em produção agrícola, principalmente pelo aumento de área foliar, altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e matéria seca, redução do

tempo de aclimatização, maior sobrevivência de plântulas, controle de doenças e aumento de produtividade (COELHO, 2009).

As BPCP que atuam internamente às plantas, ou seja, endofíticas, têm grande potencial de uso. As principais BPCP empregadas na agricultura são espécies dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Streptomyces*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Acetobacter* e *Herbaspirillum*, *Agrobacterium radiobacter* e *Enterobacter cloacae*, entre outras (MARIANO, SILVEIRA *et al.* 2004).

Diversos metabólitos que são produzidos pelas BPCP estão envolvidos em diversos processos de crescimento vegetal. Entre os metabólitos podemos citar a ACC deaminase, muito importante para a promoção de crescimento vegetal e amenização de estresses, sendo produzida por diversas bactérias incluindo *Pseudomonas thivervalensis*. A ACC deaminase atua diminuindo os efeitos negativos do etileno que é produzido em situações de estresse e responsável por reduzir o crescimento vegetal (Nascimento, 2018; RODRIGUES, 2018).

3.3 INOCULAÇÃO DE BPCP EM MILHO

Em milho, cada vez mais estudos mostram o potencial da inoculação de BPCP, onde várias bactérias têm sido identificadas como BPCP para milho, contribuindo com a fixação biológica de nitrogênio (FBN), solubilização de fosfato, produção de fitormônio e controle biológico de patógenos no solo. Montañez *et al.* (2009) traz resultados mostrando que a FBN pelas BPCP contribui com 12 a 70% da absorção total de N em cultivo no campo ou 26,7 kg N ha⁻¹ em milho bem como Pereira *et al.* (2020) mostrou aumento na captação de fósforo como resultado da inoculação de *B. subtilis* e *Azospirillum brasilense*, com um aumento de 100 e 54,6% na eficiência do uso do fósforo, respectivamente.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural localizada na comunidade Felipe Schmidt (26°11'35.53"S

50°37'04.07"O), próxima ao centro da cidade de Canoinhas, norte do estado de Santa Catarina (Figura 1) durante o período de 07/01/2020 a 21/05/20. A cidade de Canoinhas situa-se a 839 m acima do nível do mar, sua precipitação média anual varia de 1.360 a 1.670 mm e o clima é classificado como Cfb (clima subtropical úmido, apresenta o mês mais frio com uma média acima de 0 °C ou -3 °C, pelo menos um mês com temperatura média acima de 22 °C e pelo menos quatro meses com média acima de 10 °C).

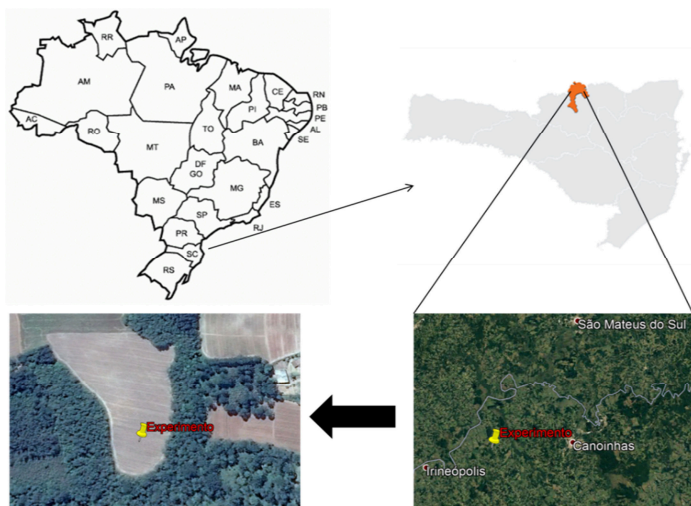


Figura 1: Localização da área experimental na comunidade Felipe Schmidt da cidade de Canoinhas localizada ao norte de Santa Catarina - Brasil.

A área experimental possuía 2.597 m², e para determinar as características químicas e físicas iniciais do solo,

foram coletadas amostras representativas para a avaliação química e física do solo (Tabela 1).

Tabela 1: Características físico-químicas do solo da área experimental na comunidade Felipe Schmidt da cidade de Canoinhas localizada ao norte de Santa Catarina - Brasil.

Argila	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	V
%	H ₂ O	%	-mg/dm ³ -	-----cmolc/dm ³ -----				-	-	%	
32	5,6	2,5	11,2	376,2	6,1	3,1	0,0	3,0	13,2	10,2	77,2

M.O. - Matéria Orgânica; P - Fósforo; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Al - Alumínio; H + Al - Acidez potencial; CTC - Capacidade de Troca de Cátions (pH 7.0); SB - Soma de Bases; V - Saturação por Bases.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, com quatro tratamentos variando doses de nitrogênio e inoculantes bacterianos, todos os tratamentos com 10 repetições.

Os tratamentos utilizados foram: Controle 50% de N e não inoculado (N50-NI); 50% de N e inoculado com NITRO

1000 (*Azospirillum brasilense* AbV5 e AbV6, considerado inoculante controle); 50% de N e inoculado com o isolado SC5 (*Pseudomonas thivervalensis*, considerado o inoculante experimental) e o Controle 100% de N não inoculado (Dose de N recomendado pelo manual de adubação e calagem para a cultura).

Os tratamentos foram distribuídos em parcelas de 4,0 m x 12,5 m, cada parcela com espaçamento de 0,65 m entre as linhas de plantio com 5,5 sementes por metro linear, totalizando 84.600 sementes por hectare.

A adubação de plantio foi efetuada com 150 kg ha⁻¹ de 14-16-10. As sementes de milho (Agroeste 1551 PRO 2) vieram tratadas da indústria. As sementes foram inoculadas com os diferentes tratamentos e em seguida realizada a semeadura. Foram utilizados 100 ml de cada inóculo por hectare, aplicados via semente, tanto da SC5 quanto do NITRO 1000 (100 ml recomendação do fabricante).

4.3 MANEJO PÓS PLANTIO

Duas semanas após a semeadura, foi realizada uma aplicação do herbicida Glifosato Atanor na dose de 2 L ha⁻¹

para o controle das plantas espontâneas presentes na área. A adubação nitrogenada nos tratamentos com 50% e 100% de N foram realizados no estágio V5 (estágio vegetativo com a 5^a folha completamente aberta) no dia 20/01/2020.

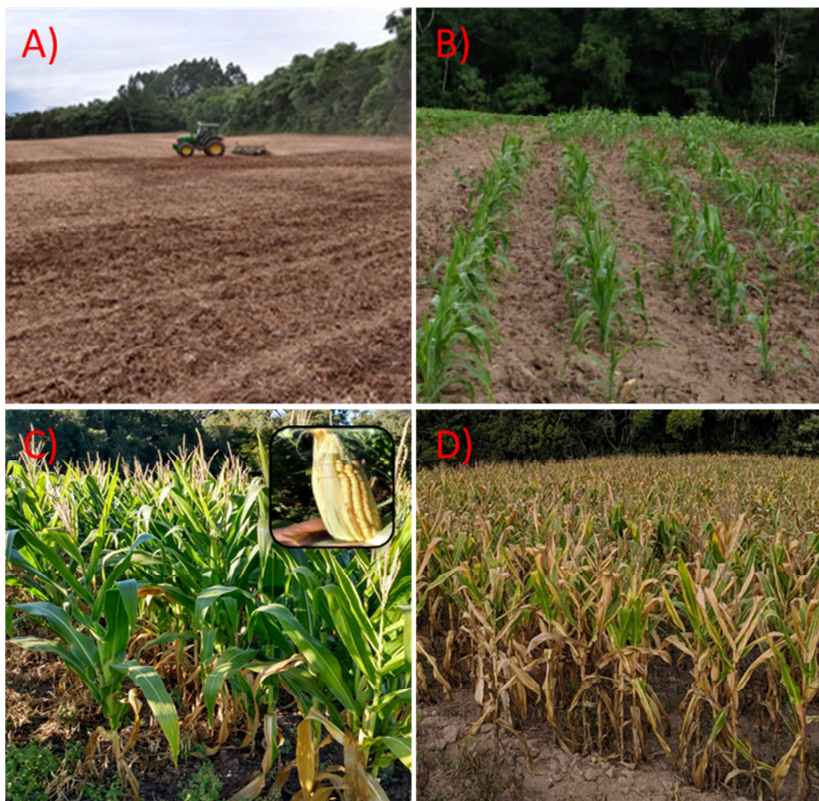


Figura 2: Fotos da implantação do experimento e das fases de desenvolvimento do milho. Plantio (A), Crescimento (B), Enchimento de grãos (C) e Maturação (D).

4.4 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO MILHO

Durante todo o período de desenvolvimento da cultura do milho houve déficit hídrico. A precipitação durante o ciclo da cultura foi de apenas 236 mm, sendo que o milho possui uma demanda hídrica em torno de 500 a 800 mm de água durante seu ciclo (Carvalho *et al.*, 2013). Como a precipitação total não chegou a suprir nem a metade da demanda de água para o desenvolvimento normal do milho, a estiagem que ocorreu em todo o sul do Brasil durante o período do experimento, prejudicou a produção de grãos da cultura, provocando uma redução do potencial produtivo.

4.3 AVALIAÇÕES

Ao final do ciclo da cultura a população de milho remanescente foi determinada. Foram coletadas as espigas e toda a biomassa vegetal de 20 plantas (Figura 3) por parcela, as quais foram levadas até a UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) e submetidas à secagem em estufa a 60 °C para

posterior estimativa da produtividade de grãos e de biomassa vegetal seca. A produção de biomassa vegetal seca e produtividade de grãos foi apresentada em kg ha^{-1} . A produtividade de grãos foi estimada levando em consideração uma umidade de 13%.

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICA

Os dados de produção de biomassa e produtividade foram plotados em gráficos utilizando o software SigmaPlot v.12.5 e submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro utilizando o programa estatístico SISVAR.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRODUÇÃO DE BIOMASSA E GRÃOS

Em relação à produção de biomassa, a SC5 promoveu um incremento superior ao tratamento com 100% da dose de nitrogênio aplicado (Figura 3a). Para a produção de biomassa vegetal o inoculante NITRO 1000 também se mostrou eficiente, com aumentos em relação ao tratamento não inoculado e com 50% de nitrogênio (N50-NI), porém não foi superior ao tratamento com 100% de nitrogênio (N100-NI), como a SC5 (Figura 3).

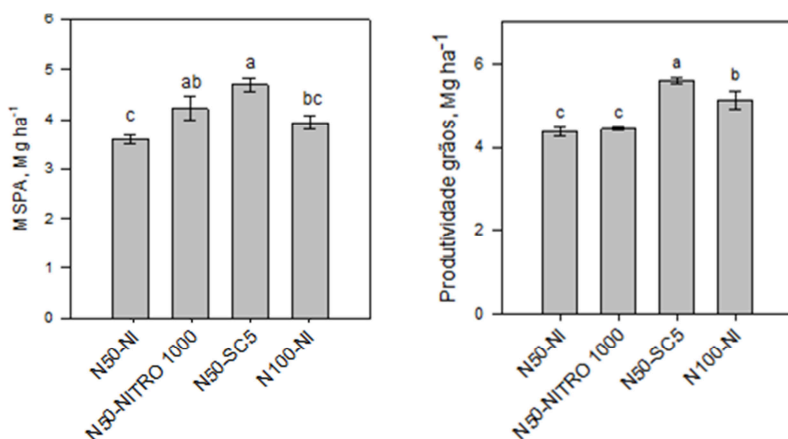


Figura 3: Produção de biomassa seca da parte aérea (MSPA) (a) e produtividade de grãos (b) em milho submetido a inoculação de NITRO 1000 e um novo inoculante a base de *Pseudomonas* sp., juntamente com dois tratamentos controle (50 e 100% de nitrogênio). Letras diferentes dentro de cada gráfico indicam diferenças significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

Com relação a produção de grãos, a aplicação de 100% da recomendação nitrogenada promoveu produtividade superior à adubação com apenas 50 %, entretanto, a utilização de inoculantes resultou em efeitos diferentes sobre a produtividade do milho (Figura 3b). O inoculante comercial a base de *Azospirillum brasilense* (NITRO 1000) não apresentou incrementos em relação ao controle não inoculado na mesma dose de nitrogênio (controle 50%). Já o inoculante SC5 apresentou aumentos de produtividade superiores ao tratamento NITRO 1000, bem como ao 100% de nitrogênio, resultando na melhor produtividade nas condições deste experimento. Assim, o tratamento com a bactéria SC5 trouxe uma produtividade em torno de 25% a mais que o tratamento com 100% da adubação nitrogenada.

Na situação de intenso estresse hídrico imposto ao milho durante o experimento, onde provavelmente nem a adubação nitrogenada pôde ser aproveitada por completo pela planta, a inoculação com *Pseudomonas thivervalensis* foi importante para o aumento da produção de grãos. O déficit hídrico que ocorreu durante a condução do experimento impôs condições estressantes ao crescimento do milho, o que permitiu avaliar a

eficiência do isolado SC5 frente a estas condições limitantes, comprovando seus efeitos benéficos. Isto se deve aos mecanismos que a *Pseudomonas thivervalensis* possui para diminuir as condições de estresse, através do aumento da atividade biológica do solo, assim como a produção de fitormônios capazes de aumentar o desenvolvimento do sistema radicular (REN et al., 2019) e permitir que a planta busque água e nutrientes em um volume maior de solo.

5.2 REDUÇÃO DOS CUSTOS DA CULTURA

A promoção de crescimento vegetal e conseqüentemente aumento de produtividade promovida pelas BPCP, aumentam a possibilidade de lucratividade para o agricultor. Além disso, a aplicação de BPCP permite a redução de custos com fertilizantes, ampliando ainda mais a margem de lucro.

Os custos de produção detalhando cada produto e o retorno financeiro promovido pelos diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Custos (R\$) por hectare envolvidos no cultivo do milho para os quatro tratamentos aplicados.

Tratamento	INSUMOS					HM	Custo Total
	Semente	NPK - Plantio	Inoculante	Uréia	Defensivos		
N50 - NI	180,00	225,00	0,00	234,00	48,00	600,00	1287,00
N50 - NITRO 1000	180,00	225,00	10,00	234,00	48,00	600,00	1297,00
N50 - SC5	180,00	225,00	10,00	234,00	48,00	600,00	1297,00
N100 - NI	180,00	225,00	0,00	468,00	48,00	600,00	1521,00

* NPK – Plantio: Foram aplicadas 3 sacas de 50kg por ha, ao custo de R\$75,00 a saca; Uréia: Foram aplicados 6 sacas de 50kg por ha no tratamento 100% e 3 sacas nos 50%, ao custo de R\$78,00 a saca; Defensivos: 2L de Glifosato por ha, a R\$24,00 o Litro; HM (Hora máquina): 6 horas máquinas por ha, ao custo de R\$100,00 a hora.

Os inoculantes de BPCP costumam ter um custo de aproximadamente 10,00 reais por hectare. O uso do NITRO 1000, embora não tenha apresentado diferença estatística para produtividade, retornou um lucro de R\$74,00 (sete vezes o valor investido), enquanto a SC5 retornou um lucro de R\$1614,00 (160 vezes o valor investido), comparativamente ao tratamento N50-NI (Figura 3). Isso demonstra o grande potencial que o produto a base da SC5 possui em promover o crescimento e aumentar a produtividade das plantas.

Tabela 3: Renda líquida por ha para os diferentes tratamentos testados neste estudo.

Tratamentos	Produção (sacas 60kg)	Renda bruta	Custos de Produção	Renda Líquida
N50 - NI	72,9	5832,00	1287,00	4545,00
N50 – NITRO 1000	73,9	5916,00	1297,00	4619,00
N50 – SC5	93,2	7456,00	1297,00	6159,00
N100 - NI	85,6	6850,00	1521,00	5329,00

* Renda bruta: calculada levando em consideração o número de sacas de 60kg, ao valor de R\$80,00 cada saca; Os custos de produção estão detalhados na Tabela 2.

Investir em controle e incentivo de produção de produtos biológicos, está se tornando uma estratégia inteligente para o produtor. A utilização de BPCP na agricultura, bem como o desenvolvimento e produção de inoculantes surgem como uma alternativa ao uso de fertilizantes minerais, tornando o sistema mais seguro e sustentável.

Este estudo deixa evidente a possibilidade de redução de custos com fertilizantes químicos e incremento de produtividade ao inocular a SC5. A inoculação com a SC5 resultou em 8,9% mais produtividade, com redução de 14,7% nos custos totais, resultando em um lucro 15,6% maior, quando comparado ao tratamento com a dose completa de N (N100-NI). Isso demonstra a importância do desenvolvimento de

novas tecnologias sustentáveis, como o uso de BPCP para diminuir o uso de fertilizantes e aumentar a produtividade das lavouras, agregando à renda dos agricultores, bem como reduzindo o impacto ambiental.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os experimentos a campo são a etapa final de um longo processo de pesquisa para o desenvolvimento de um produto biológico para uso na agricultura. Até a etapa de testes a campo, diversas outras etapas devem ser executadas para o produto ideal. Dentre as etapas estão: o isolamento do microrganismo, diversos testes de eficiência em ambiente controlado, verificação da não patogenicidade do organismo para outras culturas, tolerância a condições de estresse, verificação da produção de fitormônios, dentre outras avaliações.

Todo esse esforço para produzir um produto biológico capaz de aumentar a produtividade da cultura do milho com menos insumos nitrogenados, possibilita minimizar os custos do agricultor e também, reduzir os danos ambientais pelo uso excessivo de nitrogênio. A inoculação da bactéria *Pseudomonas thivervalensis* (SC5) no milho se mostrou muito eficiente, aumentando a produtividade do milho com menos nitrogênio, e desta forma aumenta muito a rentabilidade e sustentabilidade do sistema.

Este estudo foi um passo muito importante para verificar o potencial da cepa SC5 de *Pseudomonas thivervalensis* para o milho. No entanto, é importante a realização de mais testes abrangendo diferentes culturas e condições ambientais, pois essa bactéria possui um grande potencial biotecnológico.

7. REFERÊNCIAS

BEUREN, Ilse Maria. **COMO ELABORAR TRABALHOS MONOGRÁFICOS EM CONTABILIDADE: teoria e prática**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.p. 130.

CARVALHO, I. R., K., et al. (2013). **DEMANDA HÍDRICA DAS CULTURAS DE INTERESSE AGRONÔMICO**. Enciclopédia Biosfera, 9(17), 969-985, 2013.

CHAVES, Marco Antonio. **Projeto de pesquisa: guia prático para monografia**. 3º ed. Rio de Janeiro: Wak, 2004.p. 65.

CAVALCANTI, M.I.P. **SELEÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM MILHO CULTIVADO NO SEMIÁRIDO OBTIDAS POR DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE ISOLAMENTO**. 2016. 109f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - PPGCA)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016

CERVO, Amado L., BERVIAN, Pedro A. **Metodologia científica**, 5 ed. São Paulo: Pearson Education, 2005.p. 69.

COELHO, Antonio Marcos. **IMPORTÂNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO**. 2009. Acesso em 24 de Outubro de 2020. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/64013/1/Importacia-adubacao.pdf>>.

CONAB, **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. ACOMPANHAMENTO DE SAFRA BRASILEIRA.** COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Brasília, 2020.

CRUZ, José Carlos; et al. Cultivo do Milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6^a edição, 2010.

DANTAS, Tiago. **Agricultura Sustentável: o Homem e o Meio Ambiente**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/agricultura-sustentavel-homem-meio-ambiente.htm>. Acesso em 27 de novembro de 2019. Não paginado.

FILIPINI, L.D., PILATTI, F.K., MEYER, E. et al. **APPLICATION OF AZOSPIRILLUM ON SEEDS AND LEAVES, ASSOCIATED WITH RHIZOBIUM INOCULATION, INCREASES GROWTH AND YIELD OF COMMON BEAN.** Archives of Microbiology, v. 203, p. 1033–1038, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02092-7>

HONMA, M., & SHIMOMURa, T. (1978). *Metabolism of 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic Acid.*

Agricultural and Biological Chemistry, 42(10), 1825-1831.

KUAN, K. B.; OTHMAN, R.; ABDUL RAHIM, K.; SHAMSUDDIN, Z. H. **PLANT GROWTH-PROMOTING RHIZOBACTERIA INOCULATION TO ENHANCE VEGETATIVE GROWTH, NITROGEN FIXATION AND**

NITROGEN REMOBILISATION OF MAIZE UNDER GREENHOUSE CONDITIONS. PLOS ONE, v. 11, n. 3, p. e0152478-e0152478, 2016.

<https://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/228>

LANDAU, Elena Charlotte *et al.* **ÁRVORE DO CONHECIMENTO:** Milho – relações com o clima. EMBRAPA, AGEITEC, Agência Embrapa de Informação e Tecnologia. 2020.

https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_17_168200511157.html

LOPES, CARLA VANESSA ALVES; ALBUQUERQUE, GUILHERME SOUZA CAVALCANTI. **AGROTÓXICOS E SEUS IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.** Saúde Debate, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.

MARIANO, R. D. L. R., DA SILVEIRA, E. B., DE ASSIS, S. M. P., GOMES, A. M. A., NASCIMENTO, A. R. P., & DONATO, V. M. T. S. **IMPORTÂNCIA DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO E DE BIOCONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL.** Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, 1, 89-111. 2004.

MONTAÑEZ, A.; ABREU, C.; GILL, P. R.; HARDARSON, G.; SICARDI, M. **BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN MAIZE (ZEAMAYS L.) BY ¹⁵N ISOTOPE-DILUTION AND IDENTIFICATION OF ASSOCIATED CULTURABLE DIAZOTROPHS**. *Biology and Fertility of Soils*, v. 45, n. 3, p. 253-263, 2009. <https://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/228>.

NASCIMENTO, Francisco Xavier Inês Nascimento: **PROMOTING PLANT GROWTH USING ACC DEAMINASE-PRODUCING BACTERIA: insights into plant-bacterial interactions and agricultural and biotechnological applications**, Florianópolis SC, 2018.

NASCIMENTO FX, Rossi MJ e Glick BR (2018) **ETILENO E 1-AMINOCICLOPROPANO-1-CARBOXILATO (ACC) EM INTERAÇÕES PLANTA-BACTÉRIA**. *Frente. Plant Sci.* 9: 114. doi: 10.3389 / fpls.2018.00114, 2018.

PEDRINHO, Eliamar Aparecida Nascimbém. **ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM MILHO (ZEA MAYS)**. 2009. x, 74 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/103918>.

PEREIRA, N. C. M.; GALINDO, F. S.; GAZOLA, R. P. D.; DUPAS, E.; ROSA, P. A. L.; MORTINHO, E. S.; FILHO, M. C. M. T. ***CORN YIELD AND PHOSPHORUS USE EFFICIENCY RESPONSE TO PHOSPHORUS RATES ASSOCIATED WITH PLANT GROWTH PROMOTING BACTERIA***. *Frontiers in Environmental Science*, v. 8, 2020.

<https://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/228>

RODRIGUES, Gustavo Lima Rodrigues - **ANÁLISES GENÔMICAS DE DUAS RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO VEGETAL ISOLADAS DE FRUTEIRAS**. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF Campos dos Goytacazes –RJ Fevereiro de 2018, https://uenf.br/posgraduacao/biociencias-biotecnologia/wp-content/uploads/sites/12/2020/08/vdisserta%C3%A7%C3%A3o-GLR_final_PDF.pdf

STOFFEL, C. C. G.; SOARES, C. R. F. S.; MEYER, E.; LOVATO, P. E.; GIACHINI, A. J. **YIELD INCREASE OF CORN INOCULATED WITH A COMMERCIAL ARBUSCULAR MYCORRHIZAL INOCULANT IN BRAZIL**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.50:7, e20200109, 2020.

STOFFEL, C. C. G.; SOARES, C. R. F. S.; MEYER, E.; LOVATO, P. E.; GIACHINI, A. J. **YIELD INCREASE OF SOYBEAN INOCULATED WITH A COMMERCIAL ARBUSCULAR MYCORRHIZAL INOCULANT IN**

BRAZIL. African Journal of Agricultural Research, Vol. 16(5), pp. 702-713, May, 2020.

VIEIRA, ROSANA FARIA. **CICLO DO NITROGÊNIO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS.** Brasília, DF: Embrapa, 2017.

REN, X. M.; GUO, S. J.; TIAN, W.; CHEN, Y.; HAN, H. CHEN, E.; LI, B.L.; LI, Y.Y.; CHEN, Z.J. **EFFECTS OF PLANT GROWTH-PROMOTING BACTERIA (PGPB) INOCULATION ON THE GROWTH, ANTIOXIDANT ACTIVITY, CU UPTAKE, AND BACTERIAL COMMUNITY STRUCTURE OF RAPE (*BRASSICA NAPUS* L.) GROWN IN CU-CONTAMINATED AGRICULTURAL SOIL.** Front Microbiol. 27;10:1455, 2019.