

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

EFEITO DE INOCULANTES COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO EM
MILHO

RENAN IZILDO ANTONIO

Jaboticabal

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

EFEITO DE INOCULANTES COMO PROMOTORES DE
CRESCIMENTO EM MILHO

RENAN IZILDO ANTONIO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, junto ao Curso de Engenharia Agronômica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal – SP

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Vitti Moro
Co-orientador: Me. Guilherme Amancio
Vieira Grunewald

Jaboticabal

2023

A635e

Antonio, Renan Izildo

EFEITO DE INOCULANTES COMO PROMOTORES DE
CRESCIMENTO EM MILHO / Renan Izildo Antonio. -- Jaboticabal,
2023

25 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

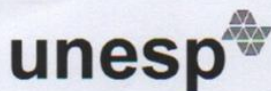
Orientador: Gustavo Vitti Moro

Coorientador: Guilherme Amancio Vieira Grunewald

1. Microrganismos. 2. Produtividade. 3. Zea mays. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: Ciências da Produção Agrícola

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: EFEITO DE INOCULANTES COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO EM MILHO

ACADÊMICO: Renan Izildo Antonio

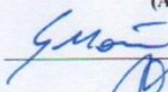
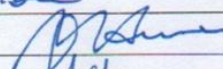
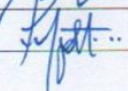
CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR (ES): Prof. Dr. Gustavo Vitti Moro
Me. Guilherme Amancio Vieira Grunewald

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)
Presidente	Prof. Dr. Gustavo Vitti Moro
Membro	Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula
Membro	Prof. Dr. Fabio Luiz Checchio Mingote

	(Assinaturas)
	
	
	

Jaboticabal 10 / 11 / 2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 14 / 11 / 2023 "Ad referendum"



Chefe do Departamento
Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade
Chefe do Depto. de Ciências da Produção Agrícola
FCAV/UNESP

AGRADECIMENTOS

A minha família, meus pais Tania e Julio e à minha irmã Suelen por todo apoio prestado, compreensão, por acreditarem em meu potencial e me apoiarem em todas as minhas decisões da vida.

Ao Prof. Dr. Gustavo Vitti Moro, pelo acolhimento e confiança, além de estar sempre presente, prestando auxílio durante a condução do experimento.

A Biossíntese Agri-ciense por disponibilizar os inoculantes.

Ao Guilherme Amancio Vieira Grunewald, por toda a colaboração.

A todos os membros do Negemm.

A Prof. Dr. Mara Cristina Pessoa da Cruz por todo seu ensinamento e auxílio durante a condução o experimento.

Aos meus amigos Roger Meirelles, Julio Paim, Ezequias Correia, Arthur de Paula e Flávio Biliu, pela parceria e amizade.

A UNESP FCAV por me proporcionar aprendizados, vivências e amadurecimento.

A todos os docentes que tiveram o empenho em ensinar.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	7
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
5	CONCLUSÃO	17
6	REFERÊNCIAS	17

EFEITO DE INOCULANTES COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO EM MILHO

Resumo – O milho possui grande importância mundial, sendo o cereal mais produzido no Brasil. A produção brasileira tem aumentado nos últimos anos, onde o país se destaca sendo o terceiro maior produtor. Frente ao aumento de produção, é necessário à utilização de insumos em quantidades substanciais, encarecendo a implementação e condução da cultura. Os microrganismos promotores de crescimento podem ser uma solução para a redução de custos devido à capacidade de promover ganhos de produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de inoculantes como promotores de crescimento em plantas de milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com a utilização de 20 tratamentos com diferentes inoculantes, utilizando um híbrido de milho comercial semeado em 4 dm³ de solo em saco de polietileno. As variáveis avaliadas correspondem à altura de plantas, massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz, massa seca de raiz e teor de clorofila. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foram verificados efeitos significativos para os tratamentos quanto às variáveis altura de plantas, massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz, massa seca de raiz e sem significância para a variável índice de clorofila. A inoculação promoveu incrementos no desempenho agrônomo da cultura do milho, exceto os tratamentos 2 (*Azospirillum brasiliense* – meio simples) e 12 (*Bacillus pumilus* – meio composto).

Palavras-chave: Microrganismos, Produtividade, *Zea mays*

EFFECT OF INOCULANTS AS GROWTH PROMOTERS IN CORN

Abstract - Corn is of great global importance, being the most produced cereal in Brazil. Brazilian production has increased in recent years, with the country standing out as the third largest producer. In view of the increase in production, it is necessary to use inputs in substantial quantities, making the implementation and management of the culture more expensive. Growth-promoting microorganisms can be a solution for reducing costs due to their ability to promote productivity gains. The objective of this work was to evaluate the effect of inoculants as growth promoters in corn plants. The experiment was conducted in a greenhouse, using 20 treatments with different inoculants, using a commercial corn hybrid sown in 4 dm³ of soil in a polyethylene bag. The variables evaluated correspond to plant height, fresh mass of shoots, dry mass of shoots, fresh mass of roots, dry mass of roots and chlorophyll content. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the F test, and the means were compared using the Scott-Knott test at 5% probability. Significant effects were observed for the treatments regarding the variables plant height, fresh mass of shoots, dry mass of shoots, fresh mass of roots, dry mass of roots and no significance for the variable chlorophyll index. Inoculation promoted increases in the agronomic performance of the corn crop, except for treatments 2 (*Azospirillum brasiliense* – simple medium) and 12 (*Bacillus pumilus* – compound medium).

Keywords: Microorganisms, Productivity, *Zea mays*

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) possui grande importância no mundo (Pinheiro *et al.*, 2021), com grande relevância no contexto econômico e produtivo, sendo o cereal mais cultivado no Brasil (Guimarães *et al.*, 2021). Na safra de 2021 a produção mundial de milho resultou em 1,21 bilhão de toneladas em uma área de 205,8 milhões de hectares, desse total as Américas possuem 48,9% da produção mundial seguido da Ásia com 31,3%, Europa 11,7% e continente Africano com 8%. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial deste grão, sendo os Estados Unidos o maior produtor seguido da China (USDA, 2023).

O Brasil é um grande exportador de milho, em 2022 a exportação atingiu 43,38 milhões de toneladas contra 20,42 milhões em 2021, correspondendo um aumento de 22,96 milhões de toneladas com um crescimento de 112,4% (CONAB, 2023).

Dado o aumento na produção de milho, torna-se essencial o uso de insumos em quantidades substanciais, resultando em um aumento nos custos associados à implementação e ao manejo da cultura. Sendo assim, os microrganismos promotores de crescimento de plantas podem ser uma solução para redução de custos (Oliveira *et al.*, 2003) e para promover ganhos na produtividade, uma vez que estabelecem relações associativas com as plantas promovendo o crescimento vegetal, podendo inibir o crescimento de pragas e doenças (Mariano *et al.*, 2013).

Os microrganismos são utilizados como aditivos na agricultura favorecendo o crescimento de raízes, acarretando em uma maior absorção de água e nutrientes, além de promover resistência a patógenos (Albernas *et al.*,

2019). Os microrganismos necessitam de um ambiente favorável para que possam desempenhar seu papel benéfico à planta, seu metabolismo depende de uma fonte de carbono, que é suprida pela região rizosférica devido à exsudação das raízes de plantas (Nascimento, 2020).

As bactérias promotoras de crescimento são encontradas na rizosfera, e atuam por meio de diversos mecanismos com a capacidade de disponibilizar nutrientes, por meio da fixação biológica de nitrogênio, solubilização e mineralização do fosfato além de outros minerais (Oliveira *et al.*, 2003). Além disso, essas bactérias possuem a capacidade de produção de ácido indolacético (AIA) (Kuklinsky-Sobral *et al.*, 2004; Pedrinho *et al.*, 2010; Verma *et al.*, 2001), sendo este um fitohormônio da classe das auxinas que atua no crescimento e desenvolvimento de plantas (Loper;Schroth,1986).

O objetivo do trabalho foi testar o efeito da aplicação de inoculantes como promotores de crescimento na cultura do milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo a Conab (2023) a previsão da safra 2022/23 corresponde ao total de 125,5 milhões de toneladas de milho, 11% a mais que a safra 2021/22. Devido à expansão da área de milho segunda safra, sendo projetado um aumento de 1,8% na área plantada e 9% da produtividade para a cultura. Para a primeira safra o volume de produção estimado é de 27 milhões de toneladas, a segunda safra estima-se uma produção de 96,1 milhões de toneladas e 2,35 milhões de toneladas para a terceira safra.

A demanda doméstica corresponde a 79,3 milhões de toneladas, um crescimento de 6,5% em relação à safra passada. A Conab projeta uma redução de importação devido a maior produção nacional, já a exportação possui uma projeção de demanda aquecida, cerca de 48 milhões de toneladas de milho sendo exportado, com isso o acréscimo da produção brasileira está alinhada a maior demanda internacional.

Para se atingir altas produtividades no cultivo de cereais é necessária à utilização de grandes quantidades de nutrientes para suprir a demanda da planta, sendo que a principal forma de fornecimento de nutrientes para as plantas compreende a utilização de fertilizantes sintéticos, sendo estes muito empregados na agricultura convencional. Entretanto, tais adubos estão sujeitos a perdas por lixiviação, volatilização e erosão do solo. O nitrogênio adicionado como fertilizante pode apresentar perdas de 50% por lixiviação e volatilização (Guimarães *et al.*, 2021).

Em grande parte do Brasil as áreas cultivadas apresentam solos intemperizados, com isso o fósforo possui uma forte interação com o solo. Devido a tais situações, recomenda-se altas doses desse nutriente para culturas de ciclo curto, como o milho, mediante a baixa eficiência de aproveitamento em virtude da adsorção pelo solo (Guimarães *et al.*, 2021).

O nitrogênio é um macronutriente de extrema importância para o metabolismo vegetal, sua carência pode resultar em um desenvolvimento vegetativo deficiente, com menor produção e qualidade, tendo a deficiência de nitrogênio (N) um impacto significativo no cultivo do milho, acarretando perdas de produção de até 22% (Subedi *et al.*, 2009). Isso ocorre, pois o nitrogênio

está associado a diversas características da planta, como o peso de mil grãos, número de espigas por planta, altura de planta, peso e comprimento da espiga, diâmetro do colmo, produção de matéria seca e o crescimento radicular (Okumura *et al.*, 2011).

O uso indevido de nitrogênio pode acarretar também danos ambientais, o uso excessivo de N pode ocasionar contaminação dos lençóis freáticos (Assmann *et al.*, 2003). Frente a essas ocorrências, há um interesse pela busca de alternativas capazes de reduzir as adubações nitrogenadas, a fim de se obter uma agricultura mais sustentável e menos poluente (Lana *et al.*, 2012). Uma alternativa é a fixação biológica do nitrogênio, sendo uma opção sustentável que pode reduzir a adubação nitrogenada (Hungria *et al.*, 2010). A utilização de microrganismos benéficos às plantas já é empregada em espécies da família Fabaceae, por meio de bactérias do gênero *Rhizobium*, em plantas da família Poacea foram identificadas bactérias do gênero *Azospirillum* associadas às raízes com capacidade de promover a fixação biológica de nitrogênio (Bashan; Holguin; Bashan, 2004).

Existem evidências que sugerem que as rizobactérias têm a capacidade de promover melhorias no crescimento das plantas, tanto de forma direta quanto indireta, por meio de diversos fatores (Patel and Minocheherhomji, 2018; Raza *et al.*, 2016). Entre esses fatores, destacam-se a fixação de nitrogênio, a solubilização de nutrientes e a produção de fitohormônios, antibióticos, enzimas hidrolíticas e sideróforos. Além disso, essas rizobactérias também são capazes de induzir um sistema de resistência sistêmico contra fitopatógenos (Beneduzi *et al.*, 2012; García-Fraile *et al.*, 2015). Essas

atividades benéficas desempenhadas pelas rizobactérias são fundamentais para a promoção do crescimento e o desenvolvimento saudável das plantas, tornando-as aliadas importantes na agricultura sustentável e na otimização dos rendimentos das culturas.

Formulações à base de microrganismos têm demonstrado capacidade de melhorar vários atributos do crescimento das plantas. Essas formulações têm impacto positivo na germinação de sementes, no desenvolvimento das raízes e da parte aérea, estimulando o crescimento da biomassa vegetal (Wang *et al.*, 2016). Apesar dos benefícios observados nas formulações à base de microrganismos, ainda há a necessidade de aprofundar o entendimento dos mecanismos pelos quais esses bioestimulantes desempenham seus papéis, não apenas como eles atuam, mas também identificar quais habilidades específicas podem ser exploradas de maneira eficaz para promover a produção agrícola (Rosier *et al.*, 2018).

Os *Bacillus* são um grupo de rizobactérias que têm sido extensivamente estudadas na área da agricultura (Souza *et al.*, 2015). De acordo com estudos, são as bactérias mais predominantes na rizosfera das plantas, representando cerca de 95% das populações de rizobactérias presentes nessa região (Prashar *et al.*, 2014). Essas bactérias rizosféricas são consideradas bioestimulantes eficientes, pois têm a capacidade de promover o crescimento das plantas através da produção de várias substâncias, como antibióticos e metabólitos antifúngicos (Chowdhury *et al.*, 2013), sideróforos (Compant *et al.*, 2005) e enzimas líticas (Nelson, 2004). As bactérias do gênero *Bacillus* são excelentes candidatos para participar de formulações devido à sua capacidade

de esporulação, que proporciona maior resistência e durabilidade aos produtos, permitindo sua aplicação em meios agrícolas (Nascimento, 2021).

Há também os microrganismos do gênero fúngico *Trichoderma*, que possuem a capacidade de promover crescimento de plantas e o controle de patógenos (Contreras-Cornejo *et al.*, 2016; Karthikeyan, 2016; Waghunde; Shelake; Sabalpara, 2016; Garcésfiallos; Sabando-Ávila; Molina-Atiencina, 2017; Gabardo *et al.*, 2020), estimular o crescimento de raízes (Amaral *et al.*, 2017; Steffen *et al.*, 2019), produzir ácido indol acético e solubilizar fósforo (De Oliveira *et al.*, 2012; Kribel *et al.*, 2019; Bader *et al.*, 2020).

Dentre as bactérias do gênero *Azospirillum*, que mais têm se destacado perante sua associação com as gramíneas são as do gênero *Azospirillum brasiliense*, devido ao seu potencial de fixação biológica de nitrogênio (Fukami *et al.*, 2016), como também na produção de hormônios vegetais.

Os fungos micorrizicos possuem a capacidade de colonizar o sistema radicular da maioria das plantas, o benefício mais relatado é o aumento da absorção de P pelas plantas (Hodge *et al.*, 2000; Prasad *et al.*, 2000). Esta relação simbiótica também proporciona maior absorção de água e nutrientes, este efeito benéfico acontece devido à formação de estruturas fúngicas denominadas hifas, que funcionam como uma extensão do sistema radicular, onde o fungo se beneficia dos fotoassimilados gerado pela planta (Smith & Read, 2008).

A utilização destas bactérias benéficas capazes de fixar nitrogênio, promover o crescimento e o aumento da produtividade em milho tem despertado o interesse da comunidade científica devido aos potenciais

benéficos destas associações (Hungria, 2011). Entretanto, não se sabe ao certo se a associação do *Azospirillum* tem causado efeitos benéficos mediante a fixação biológica de nitrogênio ou a produção de hormônios promotores de crescimento (Baldani *et al.*, 1997; Dalla Santa *et al.*, 2004; Bashan; Holguin; Bashan, 2004; Baldani; Baldani, 2005; Hungria *et al.*, 2010).

Para se obter resultados favoráveis é necessário uma inoculação eficiente, estando a eficiência associada com a especificidade entre espécies ou genótipos de plantas e as espécies ou estirpes das bactérias, como também aos fatores ambientais (Dalla Santa *et al.*, 2004; Hungria, 2011; Braccini *et al.*, 2012).

Como os resultados ainda são incipientes, o objetivo deste trabalho foi avaliar quais microrganismos são capazes de promover incrementos ao crescimento de plantas de milho, bem como a combinação dos mesmos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciências da Produção Agrícola da UNESP Campus de Jaboticabal, durante o período de novembro de 2022 a fevereiro de 2023, utilizando-se o híbrido de milho comercial BM855 PRO 2, submetido a 20 tratamentos representados por diferentes inoculantes, combinando microrganismos em meio simples e em meio composto, como descrito na tabela 1. Na figura 1 está ilustrada a inoculação realizada.

Tabela 1. Relação de microrganismos utilizados, com base no meio, dose e formulação.

Tratamento	Microrganismo	Meio	Dose/ 4dm ³	Formulação
1	<i>Micorriza</i>	-	5 g	Pó
2	<i>Azospirillum brasiliense</i>	Simples	5 ml	Líquido
3	<i>Trichoderma harzianum</i>	Simples	5 ml	Líquido
4	<i>Bacillus subtilis</i>	Simples	5 ml	Líquido
5	<i>Bacillus aryabhatai</i>	Simples	5 ml	Líquido
6	<i>Bacillus pumilus</i>	Simples	5 ml	Líquido
7	<i>Bacillus megaterium</i>	Simples	5 ml	Líquido
8	<i>Azospirillum brasiliense</i>	Composto	5 ml	Líquido
9	<i>Trichoderma harzianum</i>	Composto	5 ml	Líquido
10	<i>Bacillus subtilis</i>	Composto	5 ml	Líquido
11	<i>Bacillus aryabhatai</i>	Composto	5 ml	Líquido
12	<i>Bacillus pumilus</i>	Composto	5 ml	Líquido
13	<i>Bacillus megaterium</i>	Composto	5 ml	Líquido
14	<i>Azospirillum brasiliense</i> + <i>Micorriza</i>	Composto	2,5 ml +2,5 g	Líquido+Pó
15	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Micorriza</i>	Composto	2,5 ml +2,5 g	Líquido+Pó
16	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Micorriza</i>	Composto	2,5 ml +2,5 g	Líquido+Pó
17	<i>Bacillus aryabhatai</i> + <i>Micorriza</i>	Composto	2,5 ml +2,5 g	Líquido+Pó
18	<i>Bacillus pumilus</i> + <i>Micorriza</i>	Composto	2,5 ml +2,5 g	Líquido+Pó
19	<i>Bacillus megaterium</i> + <i>Micorriza</i>	Composto	2,5 ml +2,5 g	Líquido+Pó
20	<i>Micorriza</i> +meio	Composto	5g +0,05 ml	Pó+Líquido
21	Testemunha	Composto	5 ml água	Líquido



Figura 1: Esquema de inoculação e semeadura de milho

O experimento foi delineado experimentalmente em blocos ao acaso com 10 repetições, sendo cada parcela representada por 1 saco de polietileno com capacidade de 4 dm³ de solo, contendo uma planta cada. Ao realizar análise química do solo, se fez necessário uma adubação de pré-semeadura contendo: 120 mg/dm³ de N; 100 mg/dm³ de P e de K; 20 mg/dm³ de S; 0,5 mg/dm³ de B; 1,0 mg/dm³ de Zn; 2,0 mg/dm³ de Mn; 0,05 mg/dm³ de Mo. Na adubação de pós-emergência, 30 dias após a adubação de pré-semeadura, foram utilizados: 120 mg/dm³ de N; 1,0 mg/dm³ de Zn; 2,0 mg/dm³ de Mn. Oito dias após esta adubação realizou-se uma adubação de cobre, contendo 2,0 mg/dm³ de Cu, devido a sintomas de deficiência, como clorose e folhas retorcidas. Os adubos empregados foram: Uréia, Kh₂PO₄, P₂O₅, MgSO₄, H₃BO₃, ZnSO₄, MnCl₂ e CuSO₄.

Em cada parcela foram avaliadas as seguintes características relacionadas à cultura do milho: Altura de planta (cm); Massa fresca da parte aérea (g/planta); Massa seca da parte aérea (g/planta); Massa fresca de raiz (g/planta); Massa seca de raiz (g/planta) e índice de conteúdo de clorofila.

A altura de planta foi obtida com auxílio de uma régua métrica, medindo-se a distância da base em relação ao solo até o topo da planta, 72 dias após a emergência.

A massa fresca da parte aérea foi determinada pela pesagem das folhas, colmo e espigas, após a planta ser cortada em sua base e reservada em sacos de papel, sendo imediatamente pesadas por meio de uma balança analítica.

A massa seca de parte aérea foi obtida mediante acondicionamento do material vegetal fresco em uma estufa de secagem a 65°C, até que se atingisse uma massa constante, após isso as amostras foram pesadas por meio de uma balança analítica.

A variável massa fresca de raiz foi contabilizada após a retirada da parte aérea, onde as raízes foram lavadas de modo a se eliminar qualquer resíduo de solo ou qualquer outro tipo de impureza, utilizando uma peneira a fim de não perder material e facilitar a drenagem, após lavadas as raízes foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em uma balança analítica.

A massa seca de raiz foi determinada após acondicionamento das raízes frescas em uma estufa de secagem por um período de 65°C, até que se atingisse uma massa constante, após isso as amostras foram pesadas por meio de uma balança analítica.

Aos 61 dias da semeadura, foi avaliado o índice de conteúdo de clorofila nas folhas. A leitura foi realizada no terço médio da última folha completamente expandida, utilizando o clorofilômetro portátil (Opti-Sciences, CCM-200 plus).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do teste F ($p < 0,05$) e as médias foram comparadas com o teste de médias de Scott-Knott, sendo empregado o software Genes para a realização das análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), onde pelo teste F verifica-se que houve efeito significativo para os tratamentos na variável

altura de plantas (ALT), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa seca de parte aérea (MSPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR) e sem significância para a característica clorofila (CLORO) (Tabela 2). Para as variáveis que apresentaram significância na análise de variância significativa foi realizada a comparação de médias pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Análise de variância da altura de plantas, massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea (MSPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR) e clorofila (CLORO).

	ALT	MFPA	MSPA	MFR	MSR	CLORO
QM	0,90552*	2489,62*	138,06**	1100,54*	15,88**	37,80 ns
CV	13,77	17,19	15,70	21,57	15,67	35,84
MÉDIA	1,70	207,33	48,78	111,93	20,04	15,88
MÁXIMO	2,54	30,5	2,4	4,5	3,5	4,8
MÍNIMO	0,68	328,2	79,6	266,2	41,3	30,2

Pelo teste F da ANOVA houve pelo menos um tratamento com diferença significativa para altura de plantas, entretanto pelo teste de médias por Scott-Knott a 5%, os tratamentos não apresentaram diferença significativa quanto à altura de plantas (Figura 2). Cunha *et al* (2014) obtiveram o mesmo resultado com inoculação de *Azospirillum brasilense*, Lima *et al* (2011) realizaram um estudo a campo onde inoculou sementes de milho com *Bacillus subtilis* fornecendo adubação à cultura e não obteve resultados quanto à altura de plantas, Resende *et al* (2004) estudando *Trichoderma harzianum* como promotor de crescimento de milho também não obtiveram efeito significativo para altura de plantas.

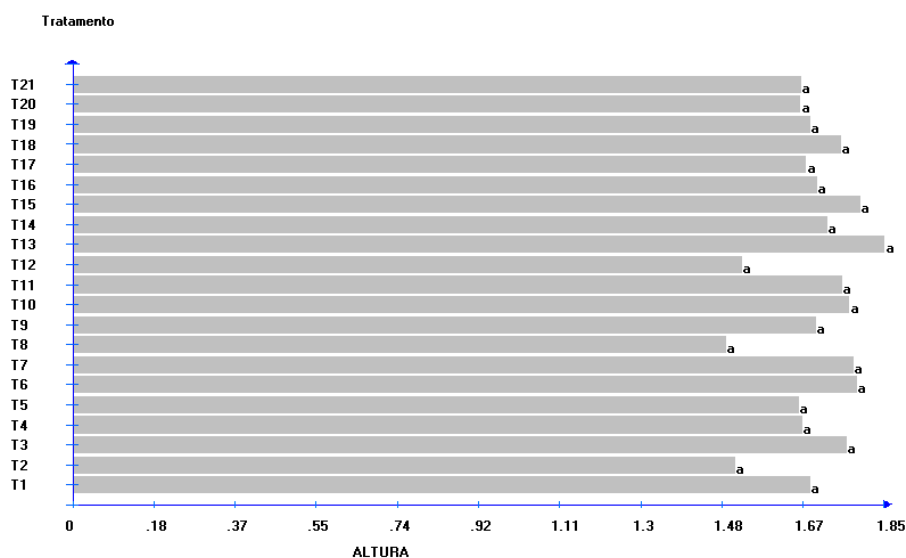


Figura 2: Valores médios de altura de plantas de milho (cm) em função dos tratamentos.

Pelo teste F da ANOVA houve pelo menos um tratamento com diferença significativa para variável massa fresca de parte aérea e, pelo teste de médias por Scott-Knott a 5%, os tratamentos apresentaram diferença significativa, sendo os tratamentos 2, 8 e 12 os que apresentaram menor quantidade de massa fresca em relação aos demais tratamentos (Figura 3). Mazzuchelli (2014), avaliando plantas de milho inoculadas com *Bacillus subtilis*, obteve resposta positiva em relação à massa fresca de parte aérea.

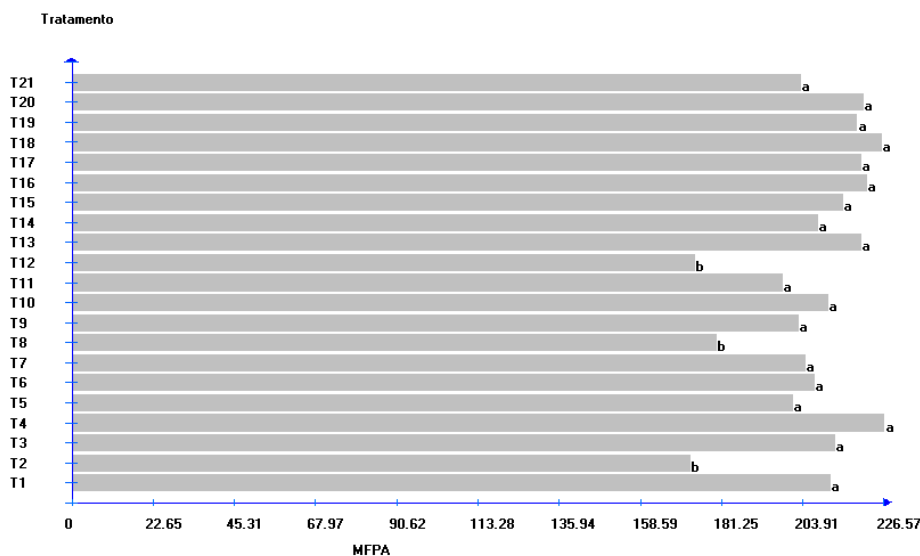


Figura 3: Valores médios de massa fresca (g) de plantas de milho em função dos tratamentos.

Pelo teste F da ANOVA houve pelo menos um tratamento com diferença significativa para a variável massa seca de parte aérea e, pelo teste de médias por Scott-Knott a 5%, observou-se que os tratamentos 2, 5, 6, 8, 11, 12 e 21 apresentaram menores médias em relação aos demais tratamentos (Figura 4). Araújo (2008) observou efeito benéfico quanto a massa seca de parte aérea de plantas de milho no qual as sementes foram inoculadas com *Bacillus subtilis*, Santos *et al* (2018) observaram maior massa seca de parte aérea em plantas de milho inoculadas com fungos micorrizicos e Guimarães *et al* (2021) obtiveram maior massa seca de plantas inoculadas com *B. Megaterium* associado a *B.subtilis* em relação ao tratamento controle.

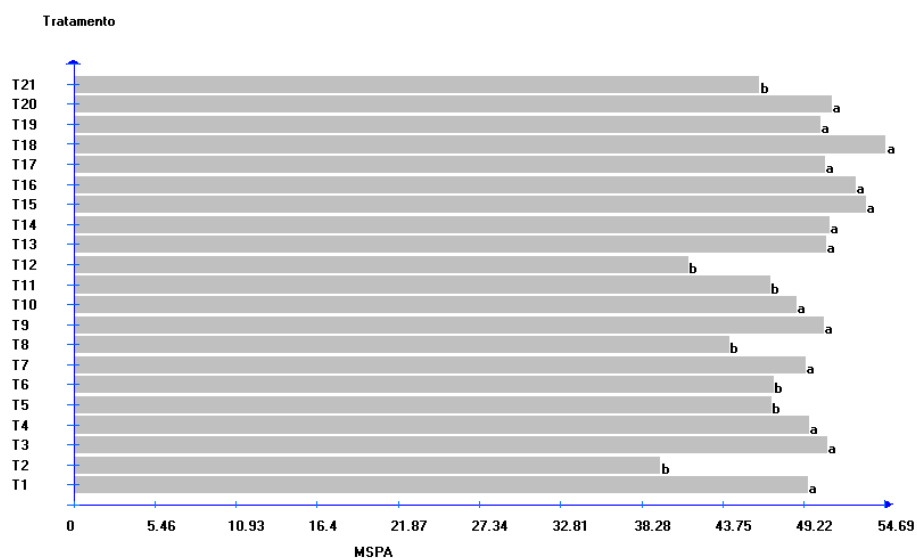


Figura 4: Valores médios de massa seca (g) de parte aérea de plantas de milho em função dos tratamentos.

Pelo teste F da ANOVA houve pelo menos um tratamento com diferença significativa para a variável massa fresca de raiz, pelo teste de médias por Scott-Knott a 5%, as plantas submetidas aos tratamentos 2, 12 e 21 apresentaram as menores médias em relação aos demais tratamentos para essa variável (Figura 5). Segundo Harthmann *et al.* (2010), bactérias presentes na rizosfera ajudam o crescimento de raízes, aumentando sua área de absorção de água e nutrientes, promovendo um melhor desenvolvimento na planta.

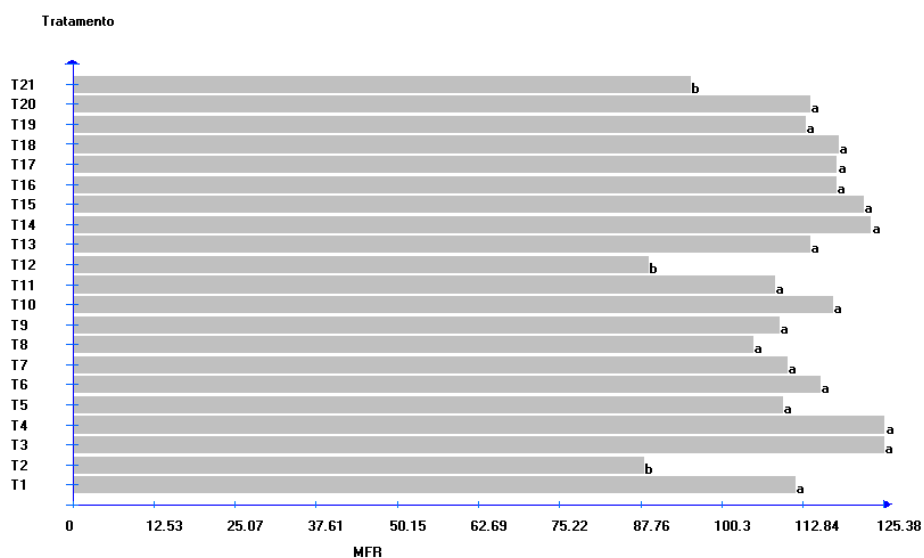


Figura 5: Valores médios de massa fresca (g) de raízes de plantas de milho em função dos tratamentos.

Pelo teste F da ANOVA houve pelo menos um tratamento com diferença significativa para variável massa seca de raiz e, pelo teste de médias por Scott-Knott a 5%, as plantas submetidas aos tratamentos 2, 12 e 21 apresentaram as menores médias em relação aos demais tratamentos para a variável massa seca de raízes (Figura 6). O resultado da massa seca de raiz possui relação com a massa fresca, onde ambos os tratamentos obtiveram os mesmos resultados para essas variáveis e, como citado por Harthmann *et al.* (2010), as bactérias presentes na rizosfera promovem o crescimento de raízes. Silva (2013) realizou um trabalho inoculando plantas de milho com *Azospirillum brasiliense* mediante aplicação de nitrogênio mineral e não obteve incrementos em massa seca de raiz.

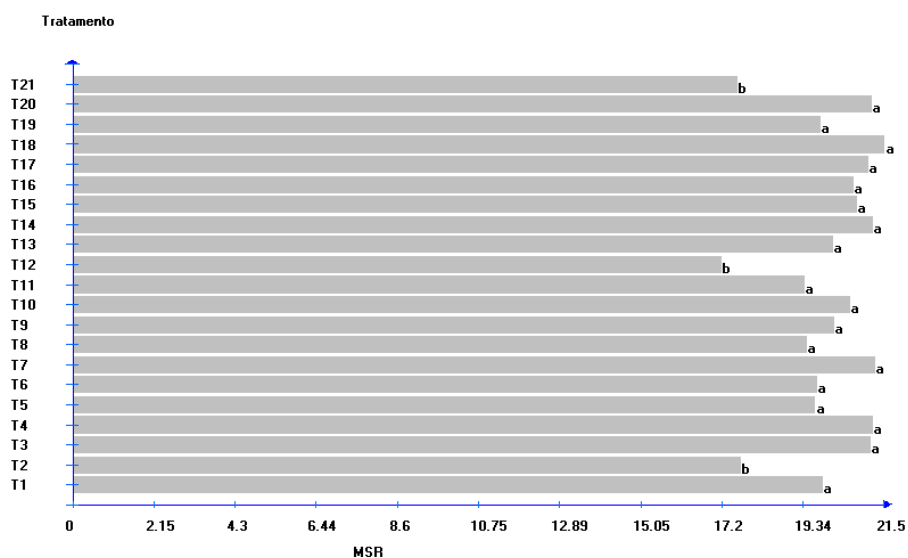


Figura 6: Valores médios de massa seca (g) de raízes de plantas de milho em função dos tratamentos.

Pelo teste F da ANOVA não houve diferença significativa para variável índice de clorofila, confirmado pelo teste de médias por Scott-Knott a 5% (Figura 7). Pereira *et al* (2015) também não obtiveram resultados significativos para teor de clorofila ao utilizar *Azospirillum brasiliense* em plantas de milho e Morais *et al.* (2017) tiveram resultado semelhante em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasiliense* com diferentes doses de nitrogênio.

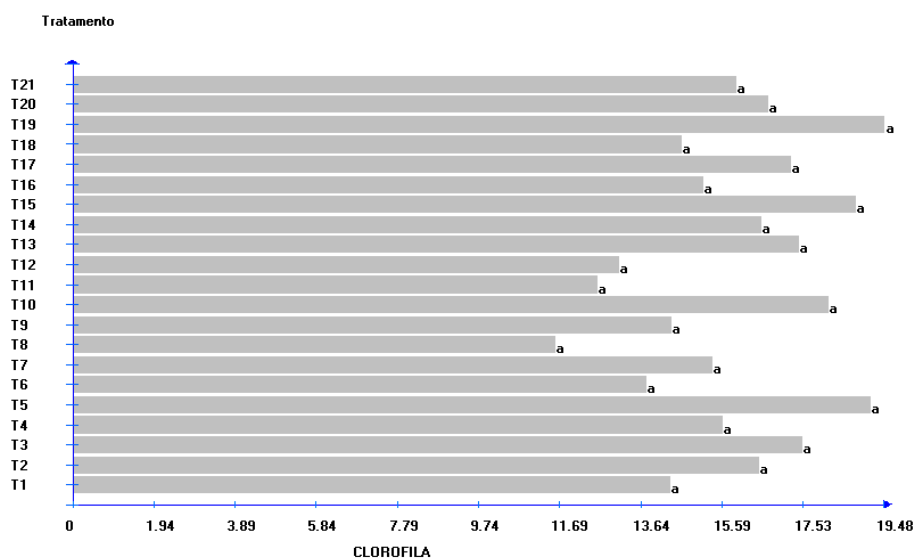


Figura 7: Valores médios de índice de clorofila de plantas de milho em função dos tratamentos.

5 CONCLUSÃO

A inoculação associada ao fornecimento de nutrientes por meio da adubação mineral promoveu incrementos no desempenho agrônomo da cultura do milho, quanto à massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea, massa fresca de raízes e massa seca de raízes, exceto os tratamentos 2 (*Azospirillum brasiliense* - meio simples) e 12 (*Bacillus pumilus* - meio composto) apresentaram pior desempenho nas variáveis significativas.

6 REFERÊNCIAS

ALBERNAS, KAYO KENNEDY. **Viabilidade Agrônomo da Inoculação de Bactérias Promotoras de Crescimento na Cultura do Milho**. 39 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ciência o Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

AMARAL, P. P. et al. Promotores de crescimento na propagação de caroba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 90, p. 149-147, 2017.

ARAÚJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostra e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, 2, 456-462, 2008.

ASSMANN TS, RONZELLI JÚNIOR P, ASSMANN AL, KOEHLER HS, SANDINI I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 27:675-683, 2003.

BADER, A. N. et al. Native *Trichoderma harzianum* strains from Argentina produce indole-3 acetic acid and phosphorus solubilization, promote growth and control wilt disease on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of King Saud University - Science**, Riyadh, v. 32, n. 1, p. 867-873, 2020.

BALDANI JI, CARUSO L, BALDANI VLD, GOI SR & DÖBEREINER J. Avanços recentes em FBN com plantas não leguminosas. **Biologia e Bioquímica do Solo**, 29:911-922, 1997.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p. 549-579, 2005.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. Azospirillum-plant relations: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.

BENEDUZI A, AMBROSINI A, PASSAGLIA LM. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents. **Genet Mol Biol** 35:1044-1051, 2012.

BORTOLETTO, ALINE MARQUES; ALCARDE, ANDRÉ RICARDO. Dominante nos EUA, etanol de milho é opção, no Brasil, para safra excedente. **Biocombustível** p. 135-137, 2015.

BRACCINI, A. L. et al. Seed Inoculation with *Azospirillum brasilense*, Associated with the Use of Bioregulators in Maize. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Logístico**: ano vi-janeiro 2023. Brasília: Conab, 2023.

CHOWDHURY SP et al. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 on lettuce growth and health under pathogen pressure and its impact on the rhizosphere bacterial community. **Plos one**, 2003.

COMPANT S, DUFFY B, NOWAK J, CLÉMENT C, BARKA EA. Use of plant growthpromoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. **Appl Environ Microbiol** 71:4951-4959, 2005.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A. et al. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. **Microbiology Ecology**, Oxford, v. 92, n. 4, p. 1-17, 2016

CUNHA, F. Q. et al. **Efeito da *Azospirillum brasilense* na Produtividade de Milho no Sudoeste Goiano**. v. 13, n. 3, p. 261–272, 2014.

DALLA SANTA, O. R. et al. Effects of inoculation of *Azospirillum* sp. in maize seeds under field conditions. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 2, n. 1, p. 238-242, 2004.

DE OLIVEIRA, A. G. et al. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 3, p. 149-155, 2012.

FUKAMI, J. et al. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*, v. 6, n. 1, p. 1–13, 1. Filippi, M. Et Al. (2011) Leaf blast (*Magnaporthe oryzae*) suppression and growth promotion by rhizobacteria on aerobic rice in Brazil. **Biological Control**, 2016.

GABARDO, G. et al. *Trichoderma asperellum* e *Bacillus subtilis* como antagonistas no crescimento de fungos fitopatogênicos in vitro. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n.8, p. 55870-55885, 2020.

GALVÃO, J. et al. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **SciELO Brasil**, 2014

GARCÉS-FIALLOS, F. R.; SABANDO-ÁVILA, F.; MOLINA-ATIENCIA, L. M. *Trichoderma harzianum* en pre-siembra aumenta el potencial agronómico del cultivo de piña. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 4, p. 410-414, 2017.

GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; SILVA, A. S. L. .; KLEIN, D. K. Inoculant efficiency containing *Bacillus megaterium* (B119) and *Bacillus subtilis* (B2084) for maize culture, associated with phosphate fertilization. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 2021.

GARCÍA-FRAILE P, MENÉNDEZ E, RIVAS R. Role of bacterial biofertilizers in agriculture and forestry. **AIMS Bioengineering** 2:183, 2015.

HARTHMANN, O.E.L.; MÓGOR, A.F.; WORDELL FILHO, J.A. E LUZ, W.C. Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. **Ciência Rural**, vol. 40, n. 2, p. 462-465, 2010.

HODGE, A.; ROBINSON, D.; FITTER, A. H. An arbuscular mycorrhizal inoculation enhances root proliferation in, but not nitrogen capture from, nutrient rich patches in soil. **New Phytologist**, Oxford, v. 154, n. 3, p. 575-584, 2000.

HUNGRIA M, CAMPO RJ, SOUZA EM, PEDROSA FO. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant Soil** 331:413-425, 2010.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: **Embrapa Soja**, 38 p, 2011.

KARTHIKEYAN, P. Antagonistic potentiality of fungal pathogens against *Trichoderma viride* and *Trichoderma harzianum*. **International Journal of Scientific Research, Gujarat**, v. 5, n. 4, p. 205-207, 2016.

KRIBEL, S. et al. Qualitative and quantitative estimation of the ability of *Trichoderma* spp. Moroccan isolates to solubilize tricalcium phosphate. **Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology**, Kannankurichi, v. 20, n. 7-8, p. 275-284, 2019.

KUKLINSKY-SOBRAL, J.; ARAÚJO, W.L.; MENDES, R.; GERALDI, I.O.; PIZZIRANI-KLEINER, A.A. & AZEVEDO, J.L. Isolation and characterization of soybean-associated bacteria and their potential for plant growth promotion. **Environmental Microbiology**, v.6, p.1244-1251, 2004.

LANA MC, DARTORA J, MARINI D, HANN JE. Inoculação com *Azospirillum*, associada à adubação nitrogenada no milho. **Reverendo Ceres**.59(3):399–405, 2012.

LIMA, F. F., NUNES, L. A. P. L., FIGUEIREDO, M. V. B., ARAÚJO, F. F., LIMA, L. M. & ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 6, 657-661, 2011.

LOPER, J. E. ; SCHROTH, M. N. **Influence of bacterial sources of indole-3-acetic acid on root elongation of sugar beet**. *Phytopathology*, v.76, p. 386–389, 1986.

MARIANO, R. DE L. R.; SILVEIRA, E. B. DA, ASSIS, S. M. P. DE, GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; E 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 Agronômica**, 1, 89–111, 2013.

MAZZUCHELLI, R. C. L.; SOSSAI, B. F.; ARAUJO, F. F. Inoculação de *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Revista Colloquium Agrariae**, v. 10, n.2, p.40-47, 2014

MORAIS, GILDEAN PORTELA; GOMES, VÂNIA FELIPE FREIRE; MENDES FILHO, PAULO FURTADO; ALMEIDA, ALDÊNIA MENDES MASCENA DE; SILVA JÚNIOR, JOSÉ MARIA TUPINAMBÁ DA. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 109, 2017.

NAKAO, MARCELO YUTARO DE SOUZA LIMA. **Microrganismos Promotores do Crescimento de Plantas e condicionadores de solo no crescimento do milho**. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

NASCIMENTO, FERNANDA CRISTINA DO (2020). **Absorção de Nitrogênio e Fósforo em Milho, Soja e Cana-de-Açúcar Inoculadas com Bactérias Diazotróficas em Diferentes Níveis de Adubação**. Tese (Doutorado) - Curso de Microbiologia Agropecuária, Univerisdade Estadual Paulista, Jaboticabal, 91 f, 2020.

NELSON L. Plant growth promoting rhizobacteria: prospects for new inoculants. **Crop Manage**, 2004

OKUMURA RS, MARIANO DC, ZACCHEO PVC. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão Ricardo Shigueru. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias** 4:226–244, 2011.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal. **EMBRAPA Agrobiologia**, v.161, 2003.

PATEL TS & MINOCHEHERHOMJI FP. Plant growth promoting Rhizobacteria: blessing to agriculture. **Int J Pure App Biosci** 6:481-492, 2018.

PEDRINHO, E.A.N.; JÚNIOR, R.F.G.; CAMPANHARO, J.C.; ALVES, L.C.; LEMOS, E.G.M. **Identificação e avaliação de Rizobactérias isoladas de raízes de Milho**. *Bragantia*. Campinas, v.69, p.905 – 911, 2010.

PEREIRA, L. DE M., PEREIRA, E. DE M., REVOLTI, L. T. M., ZINGARETTI, S. M., & MÔRO, G. V. Seed quality, chlorophyll content index and leaf nitrogen levels in maize inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Revista Ciência Agronômica**, 46(3), 630–637, 2015.

PINHEIRO, L. DA S.; GATTI, V. C. DO M.; OLIVEIRA, J. T. DE; SILVA, J. N. DA; SILVA, V. F. A.; SILVA, P. A. Características agro econômicas do milho: uma revisão. **Natural Resources**, v.11, p.13-21, 2021.

PRASAD, V.; MANJUNATH, G. T. S.; REDDY, C. N. Influence of *Glomus etunicatum* on growth and phosphorus uptake in *Gladiolus* sp. Mycorrhiza News, **New Delhi**, v. 11, n. 4, p. 17-18, 2000.

PRASHAR P, KAPOOR N & SACHDEVA S. Rhizosphere: its structure, bacterial diversity and significance. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology** 13(1):63-77, 2014.

RAZA W, YOUSAF S, RAJER FU. Plant growth promoting activity of volatile organic compounds produced by biocontrol strains. **Science Letters** 4:40-43, 2016.

RESENDE, MARIA DE LOURDES; OLIVEIRA, JOÃO ALMIR DE; GUIMARÃES, RENATO MENDES; VON PINHO, RENZO GARCIA; VIEIRA, ANTÔNIO RODRIGUES. **Inoculação de Sementes de Milho Utilizando o**

Trichoderma Harzianum como Promotor de Crescimento. Dissertação (Mestrado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 6f, 2004.

ROSIER A, MEDEIROS FH, BAIS HP. Defining plant growth promoting rhizobacteria molecular and biochemical networks in beneficial plant-microbe interactions. **Plant and soil**, 428:35-55, 2018.

SANTOS, J. K. DA S.; SANTANA, M. D. F.; LARA, T. S. Responsividade de plantas de milho à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares da rizosfera de ipê amarelo. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 253–264, 2018.

SANTOS, M. M., GALVÃO, J. C. C., SILVA, I. R., MIRANDA, G. V. & FINGER, F. L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (¹⁵N) na planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34, 1185-1194, 2010.

SILVA, L.M.M. **Desempenho agrônomo de milho em função do tratamento de sementes com Azospirillum brasiliense sob diferentes doses de nitrogênio mineral.** 72 f. Dissertação Mestrado em Produção Vegetal, Ciências AgroVeterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

SMITH, S.E. & READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis.** 3.ed. London, Academic Press. 785p, 2008.

SOLOMON, B.D.; BARNES, J.R.; HALVORSEN, K.E. Grain and cellulosic ethanol: history, economics, and energy policy. **Biomass and Bioenergy**, v.31, p.416-425, 2007.

SOUZA RD, AMBROSINI A, PASSAGLIA LM. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genet Mol Biol** 38:401-419, 2015.

STEFFEN. G. P. K. et al. Trichoderma asperelloides promove crescimento inicial em mudas de Corymbia citriodora. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 29, p. 1699- 1708, 2019.

SUBEDI KD, MA BL. Assessment of some major yield-limiting factors on maize production in a humid temperate environment. **Field Crops Research**, 110:21-26, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 819p, 2009.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. Circular Series WAP 10-23, 2023.

VERMA, S.C.; LADHA, J.K. & TRIPATHI, A.K. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. **Journal Biotechnology**, v.91, p.127-141, 2001.

WAGHUNDE, R. R.; SHELAKE, R. M.; SABALPARA, A. N. Trichoderma: A significant fungus for agriculture and environment. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 11, n. 2, 2016.

WANG N, LIU M, GUO L, YANG X, QIU D . A novel protein elicitor (PeBA1) from Bacillus amyloliquefaciens NC6 induces systemic resistance in tobacco. **International journal of biological sciences** .12:757, 2016.