

**FACULDADE DE ENSINO SUPERIOR DO CENTRO DO PARANÁ
ENGENHARIA AGRONÔMICA**

ANDERSON JUNIOR MARCONDES

**INOCULAÇÃO COM MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE P EM
SEMENTES AFETAM A PRODUTIVIDADE DO MILHO EM CÂNDIDO DE ABREU,
PR**

PITANGA

2022

ANDERSON JUNIOR MARCONDES

**INOCULAÇÃO COM MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE P EM
SEMENTES AFETAM A PRODUTIVIDADE DO MILHO EM CÂNDIDO DE ABREU,
PR**

Trabalho De Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica, Área das Ciências Agrárias da Faculdade UCP Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná, como requisito à obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Professor Orientador: Ricardo Cardoso Fialho.

PITANGA-PARANÁ

2022
SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
5. AGRADECIMENTOS	13
6. REFERÊNCIAS	14

INOCULAÇÃO COM MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE P EM SEMENTES AFETAM A PRODUTIVIDADE DO MILHO EM CÂNDIDO DE ABREU, PR

INOCULATION WITH SOLUBILIZING MICROORGANISMS IN SEEDS AFFECT CORN PRODUCTIVITY IN CÂNDIDO DE ABREU, PR

MARCONDES, Anderson Junior. ¹
FIALHO, Ricardo Cardoso. ²

RESUMO: O milho *zea mays* é um dos cereais mais produzidos no mundo. O cereal é usado em diversos segmentos da agropecuária, bastante exigente em nutrientes, principalmente o fósforo responsável por funções estruturais e extremamente limitante a produção, onde boa parte deste fósforo utilizado é proveniente de exportações, visando outras formas de obtenção deste nutriente inoculação com microrganismos solubilizadores mostra-se como uma boa opção. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de doses crescentes de bactérias solubilizadoras de fósforo no desenvolvimento e produtividade do milho em Cândido de Abreu, PR. O experimento foi conduzido a campo, realizado em Cândido de Abreu- PR, com doses crescentes de inoculante com bactérias solubilizadoras de fósforo, na cultivar de milho FS403 PWU, utilizando delineamento de blocos ao acaso, visando analisar variáveis de altura de plantas, massa de mil grãos e massa de raízes, número de fileiras e grãos/espiga e produtividade da cultura. A inoculação das sementes com solubilizadores de P promoveram incrementos em desenvolvimento e fatores de rendimento do milho.

Palavras-chave: Produtividade. Sustentabilidade. Solo. Nutriente. Inovação.

ABSTRACT: *Zea mays* corn is one of the most produced cereals in the world. The cereal is used in several segments of agriculture, very demanding in nutrients, mainly phosphorus responsible for structural functions and extremely limiting production, where much of this phosphorus used comes from exports, aiming at other ways of obtaining this nutrient inoculation with solubilizing microorganisms. appears to be a good option. The objective of this work was to evaluate the influence of increasing doses of phosphorus-solubilizing bacteria on corn development and yield in Cândido de Abreu, PR. The experiment was carried out in the field, carried out in Cândido de Abreu-PR, with increasing doses of inoculant with phosphorus-solubilizing bacteria, in the corn cultivar FS403 PWU, using a randomized block design, aiming to analyze variables of plant height, weight of thousand grains and root mass, number of rows

¹ Anderson Junior Marcondes acadêmico do curso de engenharia agrônoma Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná (UCP), eng_anderson.marcondes@ucpparana.edu.br

² Ricardo Cardoso Fialho docente do curso de engenharia agrônoma Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná (UCP), prof_ricardofialho@ucpparana.edu.br

and grains/ear and crop yield. The inoculation of seeds with P solubilizers promotes increments in maize development and yield factors.

Keywords: Productivity. Sustainability. Ground. Nutrient. Innovation.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior potencial de aumento na agricultura mundial. O setor agrícola nacional foi responsável por alimentar aproximadamente 800 milhões de pessoas em 2020, com um crescimento na produção de 5,33% nos anos de 2011 a 2020, mais que o dobro do crescimento agrícola mundial (CONTINI; ARAGÃO, 2020).

Mesmo com essa capacidade produtiva nossos sistemas de produção sofrem com a baixa fertilidade dos solos, acarretando em um grande uso de fertilizantes químicos, que além de elevar os custos de produção causam impactos ambientais e dependência nacional de exportação de fertilizantes, em torno de 70% dos fosfatados utilizados na agricultura são importados (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS, 2019; GLOBALFERT, 2021).

Estando entre os 4 maiores consumidores de fertilizantes atrás de China, Índia e dos Estados Unidos, o fósforo (P) é um dos principais limitante na produção sendo indispensável para processos vitais na planta como: crescimento, fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento das células vegetais (HAMMOND; WHITE, 2008).

Nos solos brasileiros grande parte do P está imobilizado em formas insolúveis de fosfatos de cálcio (Ca), ferro (Fe) e alumínio (Al) ou fortemente adsorvido a argilominerais, com estimativas de que 70% do P aplicado em forma de fertilizante mineral ou orgânico fica disperso no solo em formas que as plantas não conseguem absorver (PAVINATO *et al.*, 2020).

Microrganismos podem desempenhar papel fundamental na ciclagem do P no solo proporcionando que formas insolúveis se tornem disponíveis para as plantas (OWEN *et al.*, 2015). Dentre os produtos disponíveis no mercado o BiomaPhos, que contém tecnologia da EMBRAPA, se destaca em potencializar a solubilização de P pelas plantas com cepas B119 (*Bacillus megaterium*) e B2084 (*Bacillus subtilis*),

eficientes na solubilização e mineralização de fósforo e promoção de crescimento de plantas (PAIVA *et al.*, 2020)

Diante disso o objetivo foi avaliar a influência de doses crescentes de bactérias solubilizadoras de fósforo no desenvolvimento e nos fatores de rendimento do milho em Candido de Abreu, PR.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a campo, no sítio São Pedro localizado no município de Cândido de Abreu, Paraná que possui as seguintes coordenadas geográficas -24°31'45.7"S -51°25'21.4"W (GOOGLE EARTH, 2022). Com solo predominantemente argiloso, com altitude média de 517 metros, Clima subtropical úmido segundo a Classificação climática de Köppen-Geiger: Cfa. (DB City, 2021). com solo predominantemente argiloso. Na cultura do milho, cultivar FS403PWU, que receberam os seguintes tratamentos de semente: tratamento 1- sem inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo (testemunha); tratamento 2- inoculação com inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo 2 ml/kg de semente; tratamento 3- inoculação com inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo 4ml/kg de semente; tratamento 4- inoculação com inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo 6 ml/kg de semente; tratamento 5- inoculação com inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo 8ml/kg de semente. O plantio foi realizado no dia 21/02/2022, com adubação no sulco de plantio de 250 kg de NPK 8-20-20 por ha, espaçamento entre linhas de 0,45 metros e população final de 55.000 plantas/ha sendo realizados tratos culturais indicados para a cultura no controle de plantas daninhas, insetos pragas e doenças de acordo com o manejo do produtor.

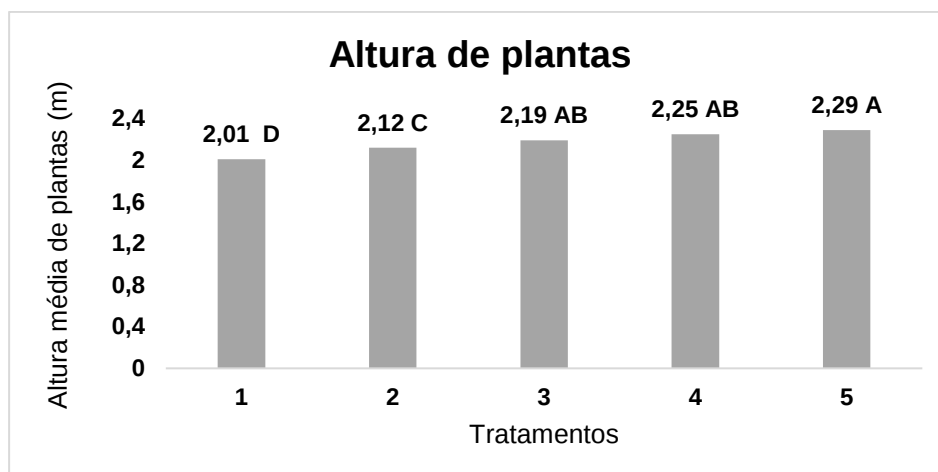
O delineamento experimental foi em blocos casualizados e a área dividida em 5 blocos contendo 5 unidades experimentais em cada, as quais mediram 12 x 25 metros. Cada tratamento foi representado por 27 linhas de 25 metros. No dia 05/05/2022 visando avaliar parâmetros de fósforo no solo foram coletados ao acaso uma amostra de solo de 0-20 cm em cada unidade experimental, as quais passaram por processos de limpeza secagem e identificação e foram enviadas ao laboratório da Universidade Federal de Viçosa-MG, para análise de teores de fósforo no solo. No mesmo dia foram coletadas 30 folhas ao acaso e uma planta para quantificar massa

seca da área radicular em cada unidade experimental as quais passaram por um processo de desidratação em estufa por 72 horas a 60°C. Após este processo foi realizada a pesagem das raízes para obtenção de índices de massa seca. As mesmas foram identificadas e enviadas para análise de teores de fósforo nas folhas e raízes. No dia 30/07/2022, foi realizado a coleta de espigas após a maturação fisiológica e plantas para quantificar variáveis de produtividade, massa de mil grãos, número de grãos por fileiras e de fileiras por espiga. Para determinar a e altura de plantas, foram retiradas 10 plantas ao acaso em cada unidade experimental, essas foram medidas da base ao ápice para obter médias de altura das plantas, as mesmas tiveram suas espigas coletadas e realizada a contagem de fileiras e número de grãos em cada espiga, a massa de mil grãos foi obtida separando mil grãos ao acaso em cada unidade experimental e realizada a pesagem dos mesmos. Em seguida realizado o aferimento da umidade média a qual se encontrava na casa de 21,5% e foi corrigida a 13% para uma estimativa de produtividade da cultura. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software estatístico SISVAR® (FERREIRA)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média geral de altura de planta teve diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos, sendo que T1 indicou menor tamanho em altura de plantas comparadas com os outros tratamentos, enquanto o tratamento T5 inoculação com BiomaPhos 8ml/kg teve a maior altura de planta com 2,29 centímetro (Gráfico 1), mas não diferiu do tratamento T4 e T3.

Gráfico 1- Altura média de plantas sem e com inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo em sementes de milho em Candido de abreu -PR, 2022.



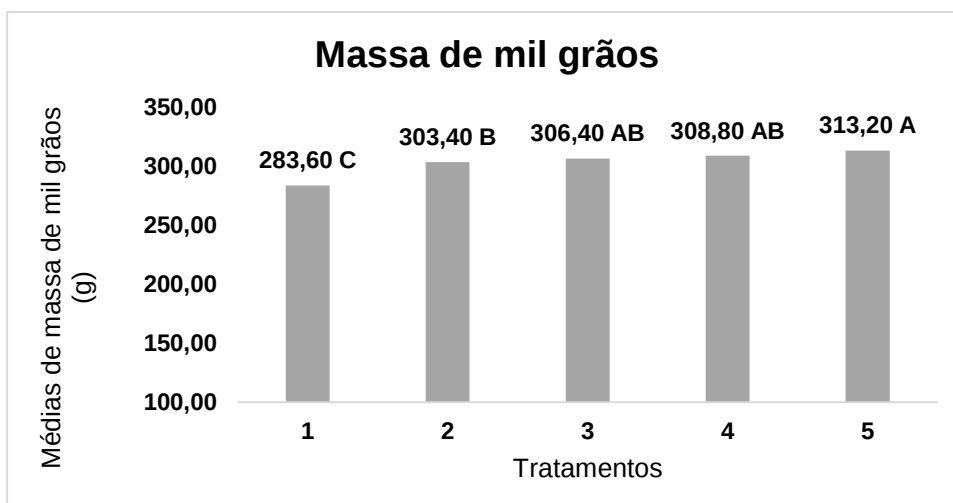
Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Carvalho (2021) em estudos do desempenho do BiomaPhos em sorgo teve resultados semelhantes quando analisados a altura final das plantas com média de 7,6 % e 13,3%.

Miranda *et al.* (2020) trataram duas variedades de soja e cinco doses de *Bacillus* (0, 100, 200, 300 e 400 mL por 50 kg de semente) não encontrando diferenças significativas na altura das plantas. Com a dose de 8 ml/kg de sementes, as plantas apresentaram altura 12,23% mais altos do que aqueles com 0 ml/kg⁻¹ (Gráfico 2). Guimarães *et al.* (2021) avaliaram a eficiência da dosagem de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* no cultivo de milho em quatro cidades do Paraná, e descobriram que doses de 100 a 200 mL por 60 000 sementes em todos os locais avaliados apresentaram aumento na altura das plantas.

As médias de massa de mil grãos apresentaram diferença para alguns tratamentos (Gráfico 2), o tratamento T1 apresentou um média de 283,60 gramas com menor média, o tratamento T5 apresentou maior média com 313,20 gramas, mas não se diferiu do tratamento T3 e T4.

Gráfico 2 - Média de massa de mil grãos, com e sem inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo em sementes de milho em Candido de abreu -PR, 2022.



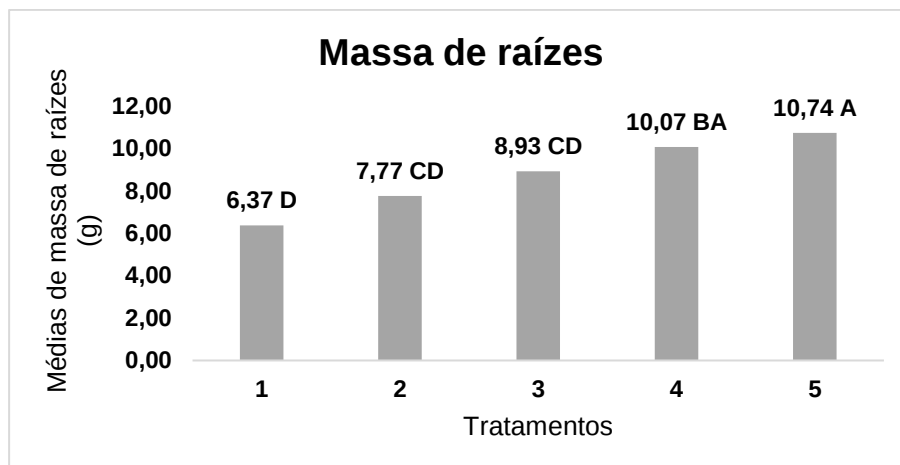
Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados encontrados por Lima (2021) se assemelham aos encontrados no presente estudo, o qual o MMG de milho foi superior, quando utilizou a dose máxima de 8 ml/kg de BiomaPhos®, totalizando 385,31 gramas. Da mesma forma Guimarães, et al. (2021) os resultados foram semelhantes, utilizando 100 e 150 mL de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* em 60.000 sementes de milho em duas das quatro cidades avaliadas o MMG no milho foi superior.

Os resultados mostram que as bactérias solubilizadoras de P têm o potencial de tornar o grão de milho mais denso, o que pode levar a uma maior produtividade, uma vez que esta variável é um fator de produção importante.

Massa de raízes apresentou diferença (Gráfico 3), o tratamento T1 testemunha apresentou um média de 6,37 gramas de raízes com menor média entre os tratamentos, mas não diferiu do tratamento T2, e do tratamento T3 com o tratamento T5 com apresentou média de 10,74 gramas da massa de raízes com maior média entre os tratamentos, que não se diferenciou apenas do Tratamento T4.

Gráfico 3 – Médias de massa de raízes analisadas com e sem inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo em sementes de milho (*Zea mays*). Candido de abreu -PR, 2022.



Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para a análises de massa seca das raízes a dose com 8 ml/kg^{-1} teve aumento de 40,23% da massa seca das raízes comparado com a testemunha (Gráfico 3). Vessey e Buss (2002) observaram que a aplicação de bioestimulantes baseados em microrganismos de *Bacillus sp.* aplicado diretamente sobre as sementes, na superfície de plantas ou diretamente no solo, aumentou a biomassa do sistema radicular e parte aérea em plantas da cultura da soja.

Inoculação de milho com microrganismos solubilizantes de fosfato do gênero *Bacillus*, incluindo *Bacillus megaterium*, aumentou significativamente a produtividade da matéria seca e a acumulação de fósforo nas plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

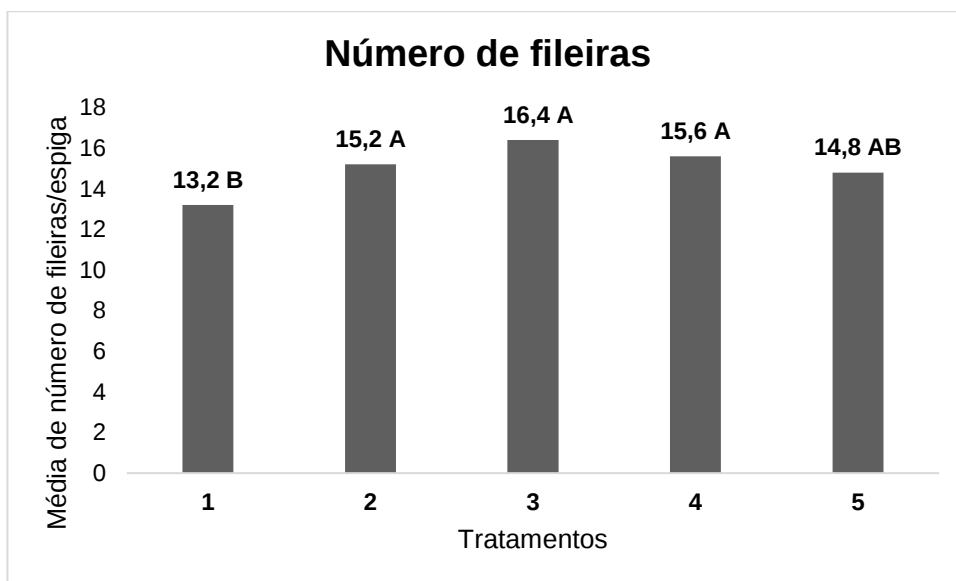
Breidt *et al.*, (2017) considerou que aumenta o rendimento do milho em 24-34% inoculação com microrganismos solubilizantes de fosfato, incluindo *Bacillus*. Numa experiência de campo, as sementes de milho foram inoculadas com *Penicillium oxalicum* juntamente com pó de rocha fosfática, o que aumentou o crescimento das plantas, a produtividade e o conteúdo de P.

Paiva *et al.*, (2020) em estudos com cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* na cultura do milho consideraram eficientes em aumentar a produtividade de grãos de milho em relação aos tratamentos sem inoculação e com adubação fosfatada, eles recomendam o uso combinado das duas cepas para a produção de inoculante para a cultura do milho.

Número de fileiras apresenta diferença ($p < 0,05$) (Gráfico 4), onde a testemunha apresenta as menores médias de 13,2 e os tratamentos 2, 3 e 4 apresentam-se superiores, o tratamento 3 obtendo maiores médias de 16,4 fileiras a

cada espiga analisada. O tratamento 3 com dose 4 ml/kg⁻¹ apresentou um aumento de 19,52% em relação a testemunha com dose 0 ml/kg⁻¹.

Gráfico 4 – Médias de número de fileiras por espiga analisadas com e sem inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo em sementes de milho em Candido de abreu -PR, 2022.

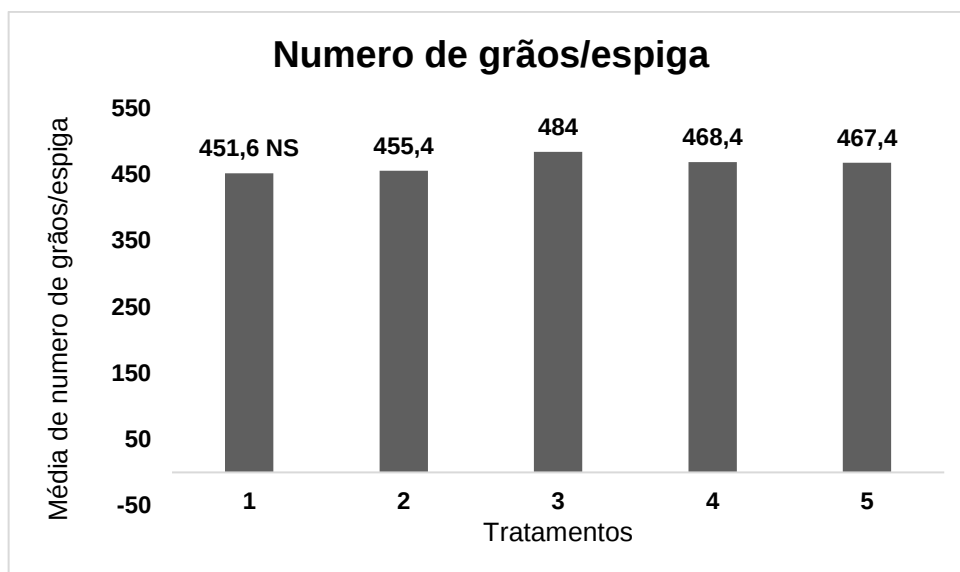


Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Valderrama *et al.* (2011) o número de fileiras por espiga é uma característica genética do genótipo.

Para variável número de grãos em cada espiga, os tratamentos apresentam-se iguais a ($p < 0,05$), (Gráfico 5) onde a inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo apresenta-se igual a testemunha em todos os tratamentos.

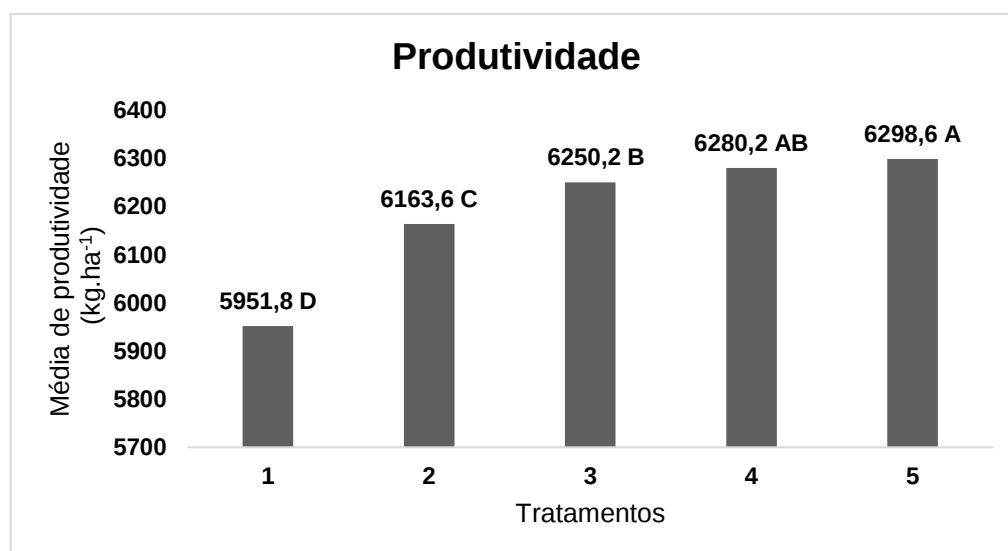
Gráfico 5 – Médias de número de grãos/espiga analisadas com e sem inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo em sementes de milho em Candido de abreu -PR, 2022.



Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para a produtividade, o tratamento 5 apresentou a melhor média com 6.298 kg/ha seguido pelos tratamentos 3 e 4 a testemunha apresentou a menor média quanto a parâmetros de produtividade.

Gráfico 6 – Médias de produtividade com e sem inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo em sementes de milho em Candido de abreu -PR, 2022.



Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quando utilizou a dose 8 ml/kg ocorreu um aumento de 346,8 kg.ha⁻¹ de milho quando comparado a dose 0 ml/kg⁻¹, correspondendo a um aumento de cerca de 5,5%. Lima (2021) quando utilizou a dose de 4 ml/kg ocorreu um aumento de 925,267

kg.ha⁻¹, quando comparou com a testemunha de 0 ml/kg⁻¹ teve um aumento de 12,62%. Breedts et al. (2017) descobriram também que a inoculação de milho com estirpes de microrganismos solubilizantes de fosfato, incluindo *Bacillus*, aumentou o rendimento dos grãos em 24% a 34%.

Santos (2021) em estudos com o uso de bactérias solubilizadoras de fosfatos na cultura da soja, quando comparado para a dose de 3,83 mL kg⁻¹ uma média de 4765,24 kg ha⁻¹, correspondendo a 1151,16 kg ha⁻¹ a mais quando observado a dose 0 mL kg⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por Schwaab e Aguiar (2019), onde a combinação de *Azospirillum*+*B. megaterium* e *B. subtilis* forneceu um maior rendimento de grãos de soja (4520,1 kg ha⁻¹) em comparação com outros tratamentos (3825,6 kg ha⁻¹), incluindo a testemunha.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de bactérias solubilizadoras de fósforo mostra-se eficaz para melhorar fatores de rendimento e desenvolvimento do milho e o aumento das doses também se apresenta eficiente obtendo maiores médias de altura de plantas, massa de mil grãos, massa de raízes, número de fileiras e produtividade.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela minha vida por me dar saúde e sabedoria e me permitir concluir essa jornada de cinco anos durante a graduação.

Aos meus pais Ismael e Gilda que sempre me apoiaram na minha escolha, e não mediram esforços para me ajudar na conquista deste sonho, as minhas irmãs Andrieli e Josiane, que sempre me apoiaram e me ajudaram.

A todos os meus professores que durante esses cinco anos contribuíram na minha formação compartilhando o seu conhecimento em especial ao meu orientador professor Ricardo Cardoso Fialho, que sempre esteve disposto a me ajudar na elaboração deste trabalho com seu vasto conhecimento na área foi primordial para uma boa condução do estudo. Aos meus colegas de grupo, (Alison, Carlos, Marco, Marcos Paulo e Sergio) e todos que direta ou indiretamente contribuíram na minha formação meu muito obrigado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANHANGUERA Comércio Exterior 2021, disponível na internet em: <https://www.anhanguera.com/curso/comercio-exterior/> acesso em:10/09/2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Anuário estatístico do setor de fertilizantes. São Paulo, 2019.

BREEDT, G.; LABUSCHAGNE, N.; COUTINHO, T. A. Seed treatment with selected plant growth-promoting rhizobacteria increases maize yield in the field. *Annals of Applied Biology*, v. 171, n. 2, p. 229-236, 2017.

CARVALHO, Lorena Pereira. **avaliação do desempenho do biomaphos em plantas de sorgo sob déficit hídrico**, defesa TCC, 2021, Universidade Federal de São João Del-Rei, Campus Sete Lagoas, 2021.

CONTINI, E.; ARAGÃO, A. **O agro brasileiro alimenta 800 milhões de pessoas**. Disponível em: <file:///C:/Users/marco/Downloads/Popula%C3%A7%C3%A3o%20alimentada%20pel%20Brasil.pdf> Acesso em: 30/082022.

DB-City.com Cândido de Abreu 4.7/5 2021 disponível na internet em: <https://pt.db-city.com/Brasil--Paran%C3%A1--C%C3%A2ndido-de-Abreu> acesso em:07/12/2022

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: a computer analysis system to fixed effects splint plot type designs**.

GLOBALFERT. **Importação de fertilizantes bate recorde em 2020**. Análises. Disponível em: www.globalfert.com.br/analises/importacao-de-fertilizantesbate-recorde-em-2020/. Acesso em: 30/082022.

GOOGLE Earth website. <http://earth.google.com/>, 2022.

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.

HAMMOND, J. P.; WHITE, P. J. Sucrose transport in the phloem: integrating root responses to phosphorus starvation. *Journal of Experimental Botany*, v. 59, n. 1, p. 93-109, 2008.

LIMA, A. P.A. Uso de Biomaphos no tratamento de sementes de híbridos de milho cultivado na safrinha. TCC (graduação em Agronomia). Instituto Federal Goiano, Campus Ceres – GO, 2021.

MIRANDA, L.B.; DOMINGUES, S.C.O.; DOSSO, C.; CARVALHO, M.A.C.C.; YAMASHITA, O.M.; RABELO, H.O. Promotores de crescimento na cultura da soja Growth promoters in soybean crop. *South American Journal of Basic Education*,

Technical and Technological. 469–479, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/3300>. Acesso 01 de novembro de 2022.

OLIVEIRA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; MATTOS, B. B.; SANTOS, F. C.; OLIVEIRA M. C.; ALVES, V. M. C. Metodologia de aplicação de microrganismos solubilizadores de fósforo em sementes visando melhor aproveitamento deste nutriente pelas plantas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013.

OWEN, D.; WILLIAMS, A.; GRIFFITH, G.; WITHERS, P. Use of commercial bioinoculants to increase agricultural production through improved phosphorous acquisition. *Applied Soil Ecology*, v. 86, p. 41-54, 2015

PAIVA, C. A. D. O. (Org) *et al.* Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho. Embrapa, Sete Lagoas, MG, 2020.

PAVINATO, P. S.; CHERUBIN, M. R.; SOLTANGHEIS, A.; ROCHA, G. C.; CHADWICK, D. R.; JONES, D. L. Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. *Scientific Reports*, v. 10, article 15615, 2020.

SANTOS, H. M.D. Uso de bactérias solubilizadoras de fosfatos na cultura da soja.). Instituto Federal Goiano, Campus Ceres – GO, 2021.

SCHWAAB, E. F., AGUIAR, C.G. Interação de inoculantes nitrogenados com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* em soja. *Revista cultivando o saber*. p.24-32, 2019.

VALDERRAMA, M., BUZETTI, S., BENETT, C. G. S., ANDREOTTI, M., & TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*.p.254-263, 2011.

VESSEY, J. K.; BUSS, T. J. *Bacillus cereus* UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and N accumulation in grain legumes. *Controlled-environment studies*. *Can. J. Plant Sci.* v. 82, p. 282–290, 2002.