

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LAURA MARTINS SILVA

**AMENIZAÇÃO DO ESTRESSE DE FÓSFORO NA BRACHIARIA INOCULADO
COM BACILLUS NO SOLO DE CERRADO**

Monte Carmelo

2023

LAURA MARTINS SILVA

**AMENIZAÇÃO DO ESTRESSE DE FÓSFORO NA BRACHIARIA INOCULADO
COM BACILLUS NO SOLO DE CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Douglas José Marques.

Monte Carmelo

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586 Silva, Laura Martins, 1996-
2023 AMENIZAÇÃO DO ESTRESSE DE FÓSFORO NA BRACHIARIA
INOCULADO COM BACILLUS NO SOLO DE CERRADO [recurso
eletrônico] / Laura Martins Silva. - 2023.

Orientador: Douglas José Marques.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em
Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Marques, Douglas José ,1980-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia.
Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

LAURA MARTINS SILVA

**AMENIZAÇÃO DO ESTRESSE DE FÓSFORO NA BRACHIARIA INOCULADO
COM BACILLUS NO SOLO DE CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Douglas José Marques.

Monte Carmelo, 26 de julho de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Douglas José Marques – UFU – Orientador

Profa. Dra. Ana Carolina Silva Siquieroli – UFU – Membro da Banca

Profa. Dra. Andressa Giovannini Costa – UFU – Membro da banca

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão primeiramente a Deus por me abençoar durante toda trajetória.

Gratidão imensa aos meus pais, Marli e Jorcelite que sem eles nada seria possível, pelo amor e apoio, vocês são espelho de sabedoria em minha vida.

Aos meus amigos e companheiros acadêmicos pela parceria durante os momentos de alegria e desafio.

Aos professores e técnicos que durante a formação do curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia Campus Monte Carmelo, proporcionaram ensinamento de forma tão dedicada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Douglas José Marques que contribuiu de maneira significativa para minha formação acadêmica e pessoal.

A Base de Inteligência em Forragicultura (BASFOR), o grupo de estudos que me enche de orgulho, sendo o suporte em equipe para desenvolvimento deste trabalho.

A Estação Experimental de Hortaliças com apoio do Grupo de Estudos de Melhoramento Genético de Hortaliças (Gen-Hort) por permitir a morada do meu experimento, assim foi possível desenvolver um trabalho com alegria e carinho em especial com a colaboração do auxiliar José.

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

Gratidão a todos aqueles que de forma direta e indireta agregaram e contribuíram para o meu crescimento.

RESUMO

As pastagens em solos do cerrado estão sujeitas a diferentes graus de degradação. Nesse contexto, o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPM), como inoculantes, torna-se uma estratégia indispensável para reduzir a degradação das pastagens, melhorar a biomassa forrageira e aumentar a produtividade e sustentabilidade da pecuária no Brasil. Diversos estudos têm destacado os benefícios dos PGPM, especialmente bactérias dos gêneros *Bacillus*. Nesse contexto, a hipótese dessa pesquisa foi que a aplicação de *Bacillus aryabhattai* pode mitigar o estresse por falta de fósforo (P) em *Brachiaria brizantha*. O objetivo deste estudo foi avaliar a mitigação do estresse de P na produtividade da forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Mulato II em diferentes concentrações de P. O experimento foi controlado em um delineamento de blocos casualizados em um esquema fatorial 2x5, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por: presença ou ausência de *B. aryabhattai* (bactéria associativa) e cinco níveis de P (0 = deficiência severa, 150 = deficiência moderada, 300 = controle, 450 = excesso e 600 mg kg solo = super excesso). Durante o estudo, foram realizadas estimativas da massa verde e seca das folhas, altura das plantas, altura de rebrota, perfilhamento, os resultados deste estudo provocaram que a presença da bactéria *B. aryabhattai* ajudou a mitigar o estresse de P, proporcionando um maior número de folhas, aumento no perfilhamento e na rebrota da *Brachiaria brizantha* cv. Mulato II. Esses achados ressaltaram a importância dos microrganismos promotores de crescimento vegetal na melhoria da produtividade das pastagens em condições de estresse nutricional.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*; bactérias associativas; fósforo.

ABSTRACT

Grasslands in the closed soil are subject to different degrees of degradation. In this context, the use of plant growth-promoting microorganisms (PGPMs), such as inoculants, becomes an indispensable strategy to reduce the degradation of pastures, improve feed biomass and increase the productivity and sustainability of livestock in Brazil. Several studies have highlighted the benefits of PGPM, especially bacteria of the genus *Bacillus*. In this context, the hypothesis of this research was that the application of *Bacillus aryabhattai* could mitigate phosphorus deficiency (P) stress in *Brachiaria brizantha*. The aim of this study was to evaluate the mitigation of P stress in the productivity of the forage *Brachiaria brizantha* cv. Mulate II at different concentrations of P. The experiment was controlled in a delineation of randomized blocks on a 2x5 factor scheme with four repetitions. The treatments consisted of presence or absence of *B. aryabhattai* (associative bacterium) and five levels of P (0 = severe deficiency, 150 = moderate deficiencies, 300 = control, 450 = excess and 600 mg kg soil = over-excess). During the study, estimates were made of the green and dry mass of the leaves, the height of the plants, rebroth height, profiling, the results of this study provoked that the presence of the bacterium *B. aryabhattai* helped mitigate the stress of P, providing a greater number of leafs, increased profiling and rebrotting of the *Brachiaria brizantha* cv. by Mulato II. These findings highlighted the importance of plant growth-promoting microorganisms in improving grassland productivity under conditions of nutritional stress.

Keywords: *Brachiaria brizantha* ; associative bacteria; phosphorus.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Cultura da <i>Brachiaria</i>	10
2.2 Composição do solo do Cerrado.....	11
2.3 Aplicação de <i>Bacillus aryabhattai</i>	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Local, cultivar e condução da pesquisa	14
3.2 Característica do solo e adubação.....	14
3.3 Delineamento experimental	16
3.4 Avaliações da pesquisa	16
3.4.1 Avaliação vegetativa.....	16
3.4.2 Quantificação dos teores de clorofila e determinação do índice SPAD	17
3.4.3 Análises estatísticas	18
4 RESULTADOS	19
5 CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio desempenha um papel significativo na economia e é amplamente representado por pequenos e médios produtores, como a agricultura familiar. Devido ao crescimento populacional, à urbanização e ao aumento da renda nos países produtores, o fluxo de mercadorias vindas de fora da região está sempre aumentando (DUTILLY et al., 2019). Com o crescimento populacional, a demanda por produtos agropecuários tende a se elevar, principalmente proteínas animais (BIGLARI et al., 2019; ALVES et al., 2021), refletindo em aumento na necessidade por produtos forrageiros, com o intuito de promover a alimentação animal, em qualidade e quantidade (ALVES et al., 2021).

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial de sementes de plantas forrageiras, com cerca de 115 milhões de hectares de terras agrícolas sob cultivo, dos quais cerca de 51,4 milhões de hectares são estabelecidos com *Brachiaria brizantha* (MARTINS; PEREIRA, 2022). Esses valores restauram o domínio dessa cultivar na agricultura brasileira, proporcionando maior taxa de lotação, ganho de peso, maior produção de leite e menor risco de interrupção da produção por ataque de cigarrinha-das-pastagens. Algumas cultivares de *B. brizantha* apresenta tolerância ao ataque de cigarrinha e ao mesmo tempo aumentam expressamente sua capacidade produtiva (MARTINS; PEREIRA et al., 2022).

A braquiária possui associações mutualistas com microrganismos rizosféricos, tal associação é responsável por conferir diversos aspectos positivos ao sistema, especialmente absorção de água e elementos minerais de baixa mobilidade no solo. Em uma pastagem de braquiária, cultivada por dez anos sem fertilizantes, foi possível verificar que havia 45% mais fósforo disponível nas amostras de solo retiradas debaixo das touceiras, do que nas amostras entre as touceiras que foram inoculadas com microrganismos (CORAZZA et al., 2003; TOLEDO et al., 2022).

A utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPM) como inoculantes é uma tática fundamental para alcançar melhorias qualitativas e quantitativas na biomassa forrageira, aumentando a produtividade e a sustentabilidade da produção animal.

Os fertilizantes microbiológicos, também conhecidos como biofertilizantes, são produtos compostos por microrganismos que podem promover o crescimento e desenvolvimento das plantas. Eles são vendidos na forma líquida ou sólida e o microrganismo de maior prevalência para na sua composição, utilizado na promoção de crescimento é o *Bacillus aryabhattai*. Essa rizobactéria é a base de biossuplementos que aumentam a

adaptabilidade e resiliência de espécies vegetais de cereais ao estresse hidrofóbico (CONTE, 2019).

Devido ao fato de o Brasil possuir uma quantidade significativa de terras cobertas por pastagens, esse estudo destaca os benefícios do uso de *Bacillus aryabhattai* para as pastagens, ao mesmo tempo em que examina o potencial desse microrganismo para amenizar o estresse de P na cultura.

Sendo assim o objetivo dessa pesquisa foi avaliar amenização do estresse de P na *B. brizantha* cultivar Mulato II com a inoculação de *B. aryabhattai*, sobre os aspectos agronômicos, pimentos nas folhas e produção de forragem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da *Brachiaria*

A *Brachiaria brizantha*, que está no mercado há mais de 30 anos, destaca-se entre as quase cem espécies diferentes que compõem o gênero *Brachiaria*. No cultivo de pastagens no Brasil, esse tipo de capim ocupa entre 80 e 90 por cento da área total (DEVECHIO et al., 2021). As origens da braquiária estão em nações africanas tropicais como Zaire e Quênia. Foi introduzido no Brasil na década de 1960 pela região da Amazônia e depois se espalhou por todas as regiões tropicais e subtropicais do país. (DEVECHIO et al., 2021).

A *B. brizantha* é uma forrageira com característica de crescer em touceiras com folhagem característica de crescimento ereto que variam em altura de 1,5 a 2,5 metros. Na fase inicial do seu desenvolvimento apresenta até 40 centímetros de circunferência (FRAZÃO; SILVA; CARNEIRO, 2020).

Com cerca de 115 milhões de hectares cultiváveis, o Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial de sementes de forrageiras, dos quais cerca de 51,4 milhões de hectares são plantados com a *B. brizantha*. A magnitude desses números reflete a predominância dessa cultivar na horticultura brasileira. E adição, essa forrageira oferece maior lote de unidade animal por hectare, ganho financeiro e maior produção de leite (ANDRADE, 2013).

Os benefícios do cultivo da *Brachiaria* foram estimados em R\$ 2,7 bilhões em 2015. Isso se deve ao fato de que apenas um quarto dessa área nacional, cerca de 17 milhões de hectares, está sujeito ao ataque de cigarrinhas-das-pastagens. Nessas regiões, o potencial total da cultura é revelado (MARTINS; PEREIRA, 2022).

Além disso, a *Brachiaria* desempenhou um papel significativo na geração de empregos nas indústrias de produção de grãos e leite, no setor agropecuário e na fabricação de equipamentos. A cultura contribuiu para o aumento da receita em cada um desses segmentos, enquanto também impulsionou avanços financeiros (REZENDE, 2011).

Apesar de tolerar diversas condições climáticas, a *B. brizantha* tem alta capacidade de produção de matéria verde e se adapta bem a mudanças, produzindo até 36 T.ha⁻¹ de massa fresca (RODOLFO, 2015).

2.2 Composição do solo do Cerrado

Os solos do Bioma do Cerrado são frequentemente profundos, ozonizados, de cor avermelhada ou âmbar, porosos, permeáveis, bem drenados e, conseqüentemente, intensamente lixiviados (LIMA et al., 2018; BIZERRIL, 2021).

Esses solos possuem uma acidez bastante pronunciada, com um pH predominante entre 4 e 5. Essa acidez elevada é causada principalmente pelos altos níveis de Al^{3+} , o que os torna tóxicos para a maioria das plantas cultivadas. Além disso, a presença de altos níveis dos Esses solos profundamente perturbados são inadequados para a prática agrícola devido à sua baixa capacidade de troca catiônica, baixa composição de nutrientes básicos e alta saturação de Al^{3+} (OLIVEIRA et al., 2017).

O Cerrado brasileiro possui topografia plana e propícia à mecanização, fontes de água adequadas para atividades agrícolas, localização geográfica que permite fácil comunicação com os grandes centros comerciais, infraestrutura adequada de transporte de mercadorias para os grandes centros consumidores e clima variável que, quando aliada a uma boa gestão cultural, pode levar a altos níveis de produtividade (SAWYER, 2017).

Um dos principais problemas com o estabelecimento e manutenção do solo brasileiro está relacionado à baixa disponibilidade de oxigênio no solo devido a sua baixa concentração natural ou mesmo devido a sua alta capacidade absorviva em função da acidez, bem como a presença de concentrações elevadas de óxidos de ferro e alumínio, principalmente em solos de cerrado (SOARES et al., 2000).

Assim, entender a dinâmica do fósforo no solo em relação à matéria orgânica torna-se necessário para propor métodos adequados de manejo, principalmente com o objetivo de melhorar a eficácia do uso de fertilizantes fosfatados. Como resultado, torna-se necessário entender a capacidade do solo de absorver e liberar matéria orgânica dissolvida em suas camadas superficiais e subterrâneas, cada uma das quais contém um tipo diferente de material orgânico.

2.3 Aplicação de *Bacillus aryabhattai*

Estudos mostram que o uso de microrganismos como inoculantes tem se mostrado eficaz como ferramenta tecnológica em condições ambientais adversas e pode ser utilizado para aumentar a tolerância de culturas associadas ao ressecamento.

Os principais processos microbianos relacionados à promoção do crescimento vegetal incluem: fixação biológica de nitrogênio (BNF); síntese de fitohormônios (como: auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico (ABA) e etileno); síntese de enzimas como ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico)-desaminase (que reduz os níveis de etileno nas plantas); mineralização e mobilização de nutrientes; solubilização de P; solubilização de Fe e K ; síntese de moléculas ligadas à indução de resistência sistêmica vegetal; e mecanismos de antibiose (HUNGRIA et al., 2011)

Os microrganismos do solo desempenham papéis importantes no ciclo de nutrientes como P, K e Fe (REZENDE et al., 2021). O aumento na disponibilidade de P ocorre pela liberação de ácidos orgânicos, quelação de cátions ligados a fosfato ou diminuição do pH na rizosfera, enquanto a mineralização de P é mediada pela ação de fosfatases, fitases ou liases (TOLEDO et al., 2022).

Os microrganismos utilizados na agricultura estão evoluindo para ativos de sucesso que auxiliam produtores de várias culturas em vários terrenos. Temos produtos nutricionais no mercado. Uma dessas tecnologias cada vez mais popular, principalmente na cultura do milho, é fruto de mais de uma década de pesquisas da Embrapa. A bactéria que pode reduzir o estresse aos fatores bióticos e abióticos, *B. aryabhattai*, é um componente chave da agricultura tropical que sofre muito com os efeitos do estresse e é responsável por quedas na produção de culturas significativas em várias regiões do país (MAY et al., 2022).

B. aryabhattai foi descoberta em uma planta da caatinga conhecida como mandacaru. O foco das pesquisas da Embrapa foi o isolamento de bactérias com os mais diversos mecanismos de ação. Os microrganismos têm capacidade enzimática, crescimento promovido e gorduras dissolvidas. Mas, de forma direta, as bactérias que têm a capacidade de aumentar a tolerância das plantas ao clima seco produzem os exopolissacarídeos, que são produzidos sob estresse e hidratam os rizomas (MAY et al., 2022).

A rizobactéria *Bacillus aryabhattai* tem sido usada principalmente para a cultura do milho com o objetivo de aumentar a adaptabilidade e resiliência ao estresse hidrofóbico é capaz de estimular o crescimento da cultura mesmo em clima seco (MASCARANHAS, 2021).

Muitos estudos demonstraram a capacidade do *Bacillus* de promover o crescimento das plantas. Por exemplo, em estudo realizado com *B. brizantha*, Araújo et al. (2012) relataram que a inoculação das sementes com *Bacillus* sp., previamente isolado da rizosfera dessa gramínea, promoveu aumento do perfilhamento e expansão foliar. Estudos também mostraram que o *Bacillus* pode melhorar o desenvolvimento, absorção de nutrientes e rendimento de outras gramíneas, como milho, trigo e painço (MATTOS et al., 2022).

Em estudos realizados por Moraes (2019) *Bacillus aryabhattai* foram avaliados quanto ao seu potencial de promoção de crescimento e tolerância à seca na soja, onde foi observado que a bactéria induziu maior produção de massa seca do sistema radicular e teor de clorofila.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, cultivar e condução da pesquisa

Experimento foi realizado na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia Campus Monte Carmelo no estado de Minas Gerais, Brasil (18°42'43,19" S, 47°29'55,8" W e altitude de 873 m). As plantas foram cultivadas em casa de vegetação do tipo arco (7 x 21 m), com pé direito de 4 metros, coberta com filme de polietileno transparente de 150 micra aditivado contra raios ultravioleta e cortinas laterais de tela branca antiafídeo.

O clima da região é caracterizado como clima subtropical úmido (Cwa), segundo a classificação de Köppen e é marcado por duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca (ROSA et al., 1991).

A cultivar utilizada foi *B. brizantha* cv. Mulato II, com semeadura realizada em bandejas com 128 células preenchidas com substrato a base de fibra de coco (Composição: Fibras do mesocarpo de cascas de coco) no dia 10 de maio de 2022, posteriormente no dia 10 de junho de 2022 foram transplantadas três mudas por vaso com espaçamento entre linha dos vasos de 21,5 cm (Figura 1).

Figura 1 - Delineamento vasos.



Fonte: Autora.

3.2 Característica do solo e adubação

O solo utilizado foi coletado na Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, sendo classificado como latossolo vermelho de classe textural argilosa. O solo foi

submetido à tamisação, utilizando peneira com malha de 5 mm, em seguida submetido às análises de caracterização física e química.

O solo possui a composição química e física do solo de: MO = 1,4 (dag kg⁻¹); P por extração com Mehlich 5,4 (mg dm⁻³); Mg, Ca e Al = 0,04; 0,18; 0,26 (cmol dm⁻³) respectivamente; Si = 8,3 (mg dm⁻³); Zn = 0,7 (mg dm⁻³); Cu = 1 (mg dm⁻³); S = NS (mg dm⁻³); B = 0,13 (mg dm⁻³); Fe = 16 (mg dm⁻³); T = capacidade de troca catiônica em pH 7,0 (2,52); t = capacidade de troca catiônica efetiva (0,57); m = índice de saturação de alumínio (45%); V = Índice de saturação de base (12%). A granulometria do solo foi a composição física do solo utilizada neste estudo, determinada pelo método da pipeta (areia, silte e argila = 33%, 2,5% e 64,5%).

Os cálculos para a correção da acidez dos solos seguiram as recomendações de Guimarães et al. (1999), visando a neutralização do Al³⁺ e a elevação dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺. O calcário utilizado (Poder de Neutralização: 92,5%, Eficiência Relativa: 100% e Poder Real Neutralização Total: 92,5%) foi aplicado ao solo, acondicionado em vasos com 21,5 dm³. Em seguida, os solos foram umedecidos com 2 L de água e envolvidos com saco plástico preto para que não houvesse a evaporação da água, permanecendo incubados por 30 dias para favorecer a reação do corretivo com o solo (Figura 2).

Figura 2 - Vasos incorporando calcário.



Fonte: Autora.

Após a incubação foi realizado a adubação de base usando os fertilizantes ureia (CO(NH₂)₂), superfosfato simples (Ca (H₂PO₄)₂+CaSO₄.H₂O), sulfato de potássio (K₂SO₄), ácido bórico (H₃BO₃), sulfato de cobre (CuSO₄), molibdato de amônio (NH₄)₆Mo₇O₂₄), sulfato de zinco (ZnSO₄), sulfato de manganês (MnSO₄), sulfato ferroso (FeSO₄). Como fonte de P foi

utilizado o fertilizante superfosfato simples ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) com os seguintes teores de nutrientes: P_2O_5 18%, S 10%, Ca 18%. A recomendação de adubação para os macros e micronutrientes foi baseada nas recomendações de Novais et al. (1991), adaptada por Marques et al. (2021).

3.3 Delineamento experimental

O experimento foi realizado com delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2x5 com quatro repetições. Os tratamentos foram assim constituídos: *B. aryabhattai* aplicada no solo (ausência e presença da bactéria associativa) e níveis de P: (0 = severa, 150 = moderada, 300 = controle, 450 = excesso e 600 mg kg solo = super excesso) com quatro repetições. As plantas foram conduzidas em vasos com 21,5 dm³ de solo. Totalizando assim 40 vasos ao todo no experimento.

A inoculação da bactéria no solo ocorreu 7 dias após transplântio, tendo a segunda aplicação 37 dias após o transplântio. O preparo da solução com o *B. aryabhattai* foi realizado com a diluição de 2 mL da solução de concentração 1×10^8 UFC mL em 2 L de água. Foi realizada uma abertura de 5 centímetros no solo e aplicado 60 mL do preparo em cada vaso.

3.4 Avaliações da pesquisa

3.4.1 Avaliação vegetativa

Foram avaliados os seguintes parâmetros: altura da planta, padronizando a linha do coleto acima do solo utilizando uma trena (cm); altura de rebrota de acordo com corte; quantidade de perfilhos por vaso; e número de folhas, avaliada no final da pesquisa, sendo padronizada a contagem em folhas totalmente expandidas.

Nesse experimento, foram realizados cortes nas plantas a uma altura de 20 cm acima do solo (Figura 3). Cada planta do vaso foi cortada e três perfilhos foram selecionados em cada planta para marcar o local do corte usando um fecho de arame. A partir desse ponto, as medições foram feitas a cada sete dias, durante um período de quatro semanas. Para realizar as medições, foi utilizada uma trena para medir o comprimento das plantas em centímetros. Esse processo foi repetido ao longo das quatro semanas para acompanhar o crescimento das plantas ao longo do tempo.

Figura 3 - Perfilho marcado para avaliações na altura do corte.



Fonte: Autora.

Para determinação da massa verde e seca das plantas de *Brachiaria* foi coletada a parte aérea (caule e folhas). Em seguida, os componentes verdes foram pesados em balança semi-analítica digital Modelo: Shimadzu UX6200H e seu peso expresso em gramas, mensurando a massa verde. Posteriormente, procedeu-se com a secagem em estufa a 70° C, com ventilação forçada por 72 horas até atingirem massa constante. Após a secagem em estufa, o material foi pesado novamente assim determinando a massa seca.

3.4.2 Quantificação dos teores de clorofila e determinação do índice SPAD

Para a extração da clorofila e carotenoides totais foi realizada a coleta das folhas, que foram lavadas e maceradas de modo que as partículas atingissem em média 10 mm de tamanho (Figura 5). Foram pesadas 0,5 g de folhas maceradas e adicionou-se a solução extratora com 1,5 mL de acetona P.A. e 1,5 mL de éter de petróleo P.A. Essas amostras foram incubadas a 4°C por 24h na ausência de luz. Após este período foram verificadas as absorbâncias das amostras em espectrofotômetro UV nos comprimentos de 645 nm, 652 nm e 663 nm. Com os resultados, calculou-se os teores da clorofila total, clorofila a e clorofila b (WITHAM et al., 1971).

Figura 4 - Folha macerada.



Fonte: Autora.

O índice SPAD foi mensurado utilizando o equipamento clorofilômetro modelo Minolta SPAD-502 CFL1030 no período da manhã e padronizada três leituras por vaso, seguindo os marcados no corte, na altura mediana das folhas. Para a análise das folhas foi utilizado um papel toalha para limpar a área foliar e foram excluídas as nervuras (Figura 5).

Figura 5 - Índice SPAD.



Fonte: Autora.

3.4.3 Análises estatísticas

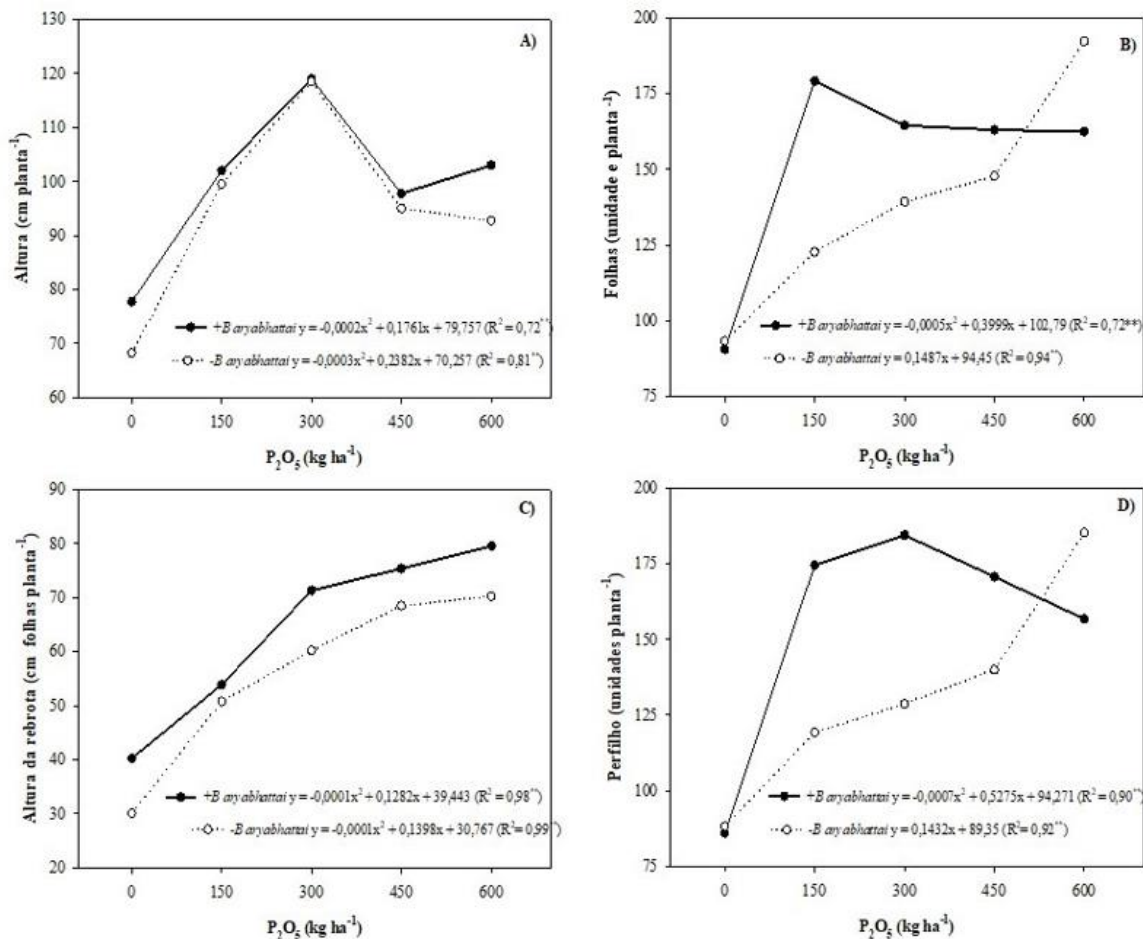
Os resultados encontrados nas diferentes avaliações foram submetidos à análise de variância (ANAVA). Os desvios padrões foram calculados e aplicados os estimadores usando o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS

A presença de *B. Aryabhatai* resultou em melhorias em várias métricas avaliadas em *Brachiaria brizantha* cv. Mulato II cultivado em solo do cerrado. O solo do cerrado é caracterizado por apresentar alta acidez, Al, baixa fertilidade e composição de base reduzida. No entanto, a presença de *B. Aryabhatai* contribuiu para mitigar essas características adversas, promovendo melhorias no pH do solo, redução dos níveis de Al tóxico e aumento da fertilidade. Esses efeitos positivos demonstraram o potencial do *B. Aryabhatai* como uma estratégia eficiente para melhorar a qualidade do solo do cerrado e otimizar o crescimento e desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* cv. Mulato II.

De acordo com a figura 6 o tratamento com *B. aryabhatai* resultou em uma maior altura da planta (Figura 6A), número de folhas (Figura 6B), altura da rebrota (Figura 6C) e perfilhos (Figura 6D) em comparação com a ausência da inoculação.

Figura 6 - Altura planta (A), Folhas (B), altura rebrota (C), perfilhos (D) em função das concentrações de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) na +*B aryabhatai* (presença) e +*B aryabhatai* (ausência) na planta de *Brachiaria*.



Fonte: Autora.

A presença de *B. Aryabhatai* levou a um aumento significativo na média de perfilho final em comparação com a ausência, a bactéria tornou-se em uma maior altura final média das plantas em comparação com a ausência. Isso sugere que as plantas com *B. Aryabhatai* tiveram um maior crescimento vertical. O uso de *B. Aryabhatai* também contribuiu para um aumento na altura média das plantas em comparação com a ausência. Isso indica um maior crescimento global das plantas com *B. Aryabhatai*, *Bacillus* também resultou em uma altura maior média de rebrota em comparação com a ausência, indica um crescimento maior das plantas secundárias após o corte.

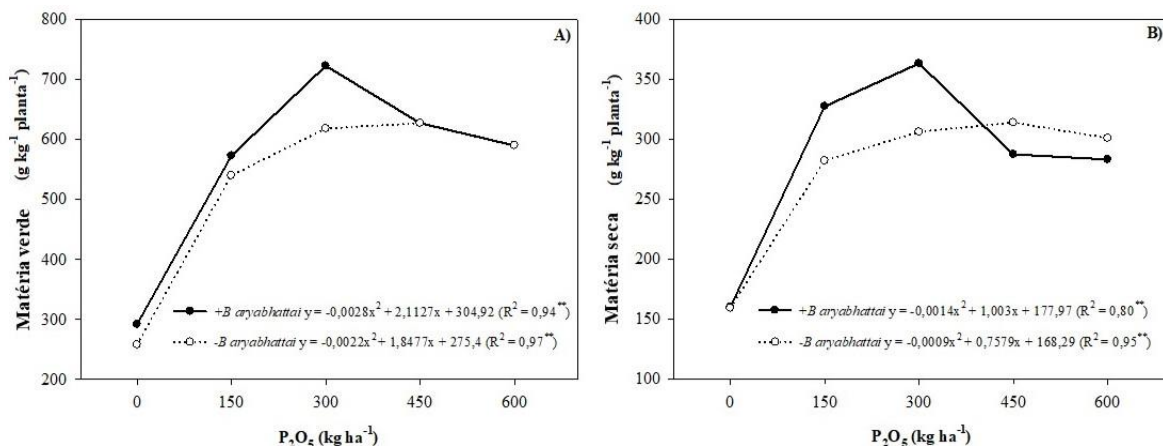
Observe-se que a presença de *B. Aryabhatai* tornou-se um aumento significativo na média dos perfis finais 119,25 cm em comparação com a ausência do microrganismo 88,25 cm (Figura 6B), sugere que o *B. aryabhatai* pode ter influenciado no crescimento vertical das plantas, proporcionando um maior crescimento e desenvolvimento das mesmas. Esses resultados indicam que a presença de *B. Aryabhatai* promoveu a formação de mais perfis, o que é benéfico para o desenvolvimento da planta de *Brachiaria brizantha* Marandu II. O aumento no número de perfilhos pode resultar em maior densidade de plantas e, conseqüentemente, em maior produção de biomassa. Esses resultados corroboram os obtidos por Silva (2022) onde o uso de bactérias aumenta a solubilização de fosfato em outro grupo de plantas.

A presença de mais bactérias que solubilizam o fósforo auxilia na redução dos efeitos do solo, pois possuem ação solubilizante, o que torna a adição de fósforo ao solo um processo químico. Behera et al. (2014) observaram que a solubilização de fósforo por microrganismos desempenha um papel importante na nutrição das plantas, sendo o fósforo um macronutriente mineral essencial para o crescimento e desenvolvimento da planta.

O *B. Aryabhatai* pode solubilizar nutrientes no solo, tornando-os mais disponíveis para as plantas. Isso inclui a liberação de fosfato a partir de fontes insolúveis, tornando-o acessível às raízes das plantas (BEHERA et al., 2014). A disponibilidade adequada de nutrientes essenciais, como fósforo, pode melhorar o desenvolvimento das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu II.

De acordo com a Figura 8 a presença de *B. Aryabhatai* também resultou em uma maior massa seca final das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Mulato II.

Figura 7 - Matéria verde (A) e matéria seca (B) em função das concentrações de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) na *+B aryabhatai* (presença) e *B. aryabhatai* (ausência) na planta de brachiaria.



Fonte: Autora.

A presença de *B. Aryabhatai* resultou em uma média de massa seca final maior 327,3 g em comparação com a ausência do microrganismo 283 g (Figura 7). Esse aumento pode estar relacionado ao aumento no número de perfis, no crescimento final da planta e possivelmente em uma melhor eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas devido à ação do microrganismo. Estudos anteriores, como o de Ndoung (2019), também gostei que o uso de *Bacillus aryabhatai* resultou em uma maior massa verde final em plantas de *B. brizantha* cv. Mulato II, indicando um efeito positivo no crescimento e desenvolvimento.

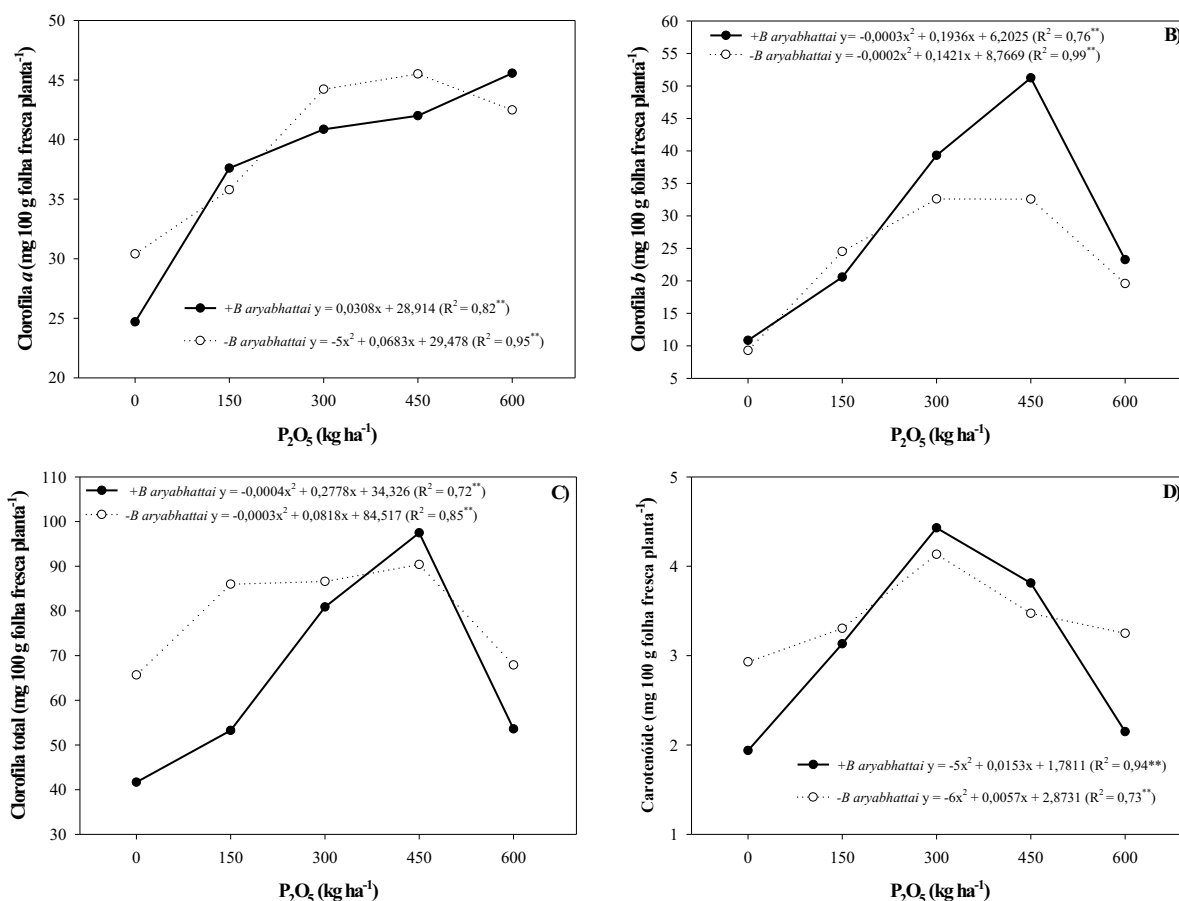
Esse parâmetro, a massa verde final, está relacionado à produção de forragem, sendo um indicativo da quantidade de material vegetal disponível para alimentação animal. Portanto, o aumento na massa verde final 572,8 g em comparação com a ausência de *B. Aryabhatai* 590 g é positivo para a produção pecuária. A utilização de *B. aryabhatai* promoveu melhorias no crescimento, desenvolvimento e produção de biomassa das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu II em solo do cerrado.

Esses benefícios podem ser atribuídos às recompensas satisfatórias entre o microrganismo e as plantas, como a promoção do crescimento radicular, a ativação da transmissão aérea, a liberação de nutrientes e a indução de respostas de defesa nas plantas. O *B. aryabhatai* é capaz de produzir hormônios de crescimento vegetal, como auxinas e citocininas. Esses hormônios podem estimular o crescimento das raízes, o desenvolvimento de brotos e a divisão celular nas plantas (ALVES et al., 2021). Assim, a presença de *B. aryabhatai* pode aumentar o crescimento das plantas de *B. brizantha* cv. Marandu II, gerou em maior altura da planta, número de perfilhos e produção de biomassa.

Além da produção de hormônios vegetais estimulados por *B. aryabhatai*, o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo é outro mecanismo importante que contribui para promover o crescimento das plantas. Pesquisas indicam que essa bactéria tem o potencial de melhorar a disponibilidade tanto de macronutrientes quanto de micronutrientes. Estudos científicos até admiraram que o *B. aryabhatai* pode ser superior a outras bactérias do mesmo gênero em termos de disponibilização desses nutrientes. As bactérias do gênero *Bacillus* auxiliam na disponibilização de macronutrientes, como o fósforo, por meio de vários interruptores, como a produção de enzimas e redução do pH do solo (MAQSHOOF et al., 2019).

Para os teores de clorofila a, b, total e carotenoides (Figura 8), os valores foram superiores na presença de *B. aryabhatai* em função das concentrações de P.

Figura 8 - Clorofila a (A), Clorofila b (B), Clorofila total (C), carotenoides (D) em função das concentrações de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) na +*B. aryabhatai* (presença) e -*B. aryabhatai* (ausência) na planta de brachiaria.



Fonte: Autora.

O aumento em teores e pigmentos foi observado em outros gêneros de *Bacillus*, de acordo com uma pesquisa realizada por Jiang et al. (2015), sobre 100 cepas bacterianas e suas

atividades de PCP. Foi observado que a cepa com outra cepa de *Bacillus B. amyloliquefaciens* S54 teve um efeito significativo no crescimento das plantas, promovendo melhorias nos níveis de eliminação, fósforo, potência e no teor de clorofila..

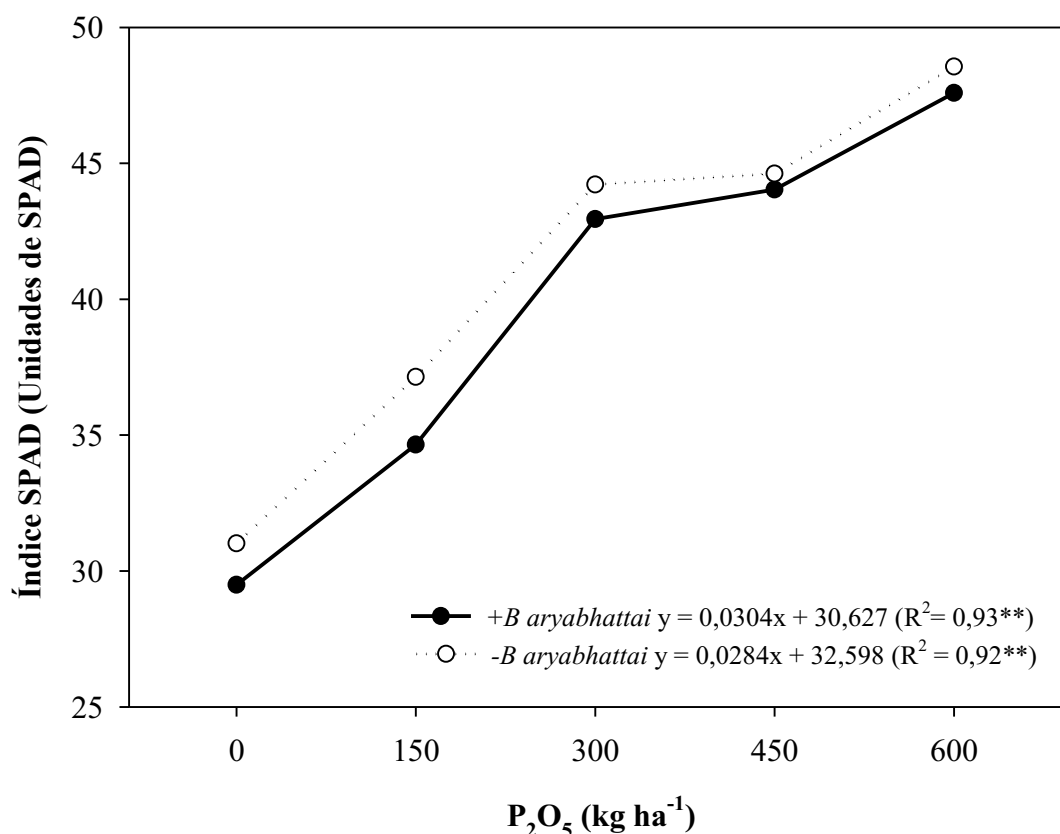
A capacidade do *B. aryabhatai* de tolerar o estresse oxidativo e promover o crescimento em plantas de milho foi comprovada. Os resultados patogênicos que a bactéria foi capaz de auxiliar a planta a tolerar o estresse oxidativo induzido por espécies reativas de oxigênio e promover o crescimento das plantas de milho. Isso sugere que o *B. aryabhatai* pode ter um papel importante na proteção contra danos causados por estresse oxidativo e no estímulo do crescimento das plantas de milho, melhorando assim a qualidade fotossintética. Esse estímulo pode ser observado através dos teores desses pigmentos nas folhas (PARTHASARATHI et al., 2020).

Para o índice SPAD (Figura 10) está intimamente relacionado aos pigmentos de clorofila *a* e *b*, sendo assim observa-se um comportamento semelhante onde a forrageira na ausência da *B. aryabhatai* (ausência), foi superior em relação as concentrações P. Nota-se também que independente da inoculação o índice SPAD aumentou acompanhando as concentrações (GOUDJAL et al., 2018) examinaram os efeitos do *B. aryabhatai* SRB02 no crescimento, desempenho fotossintético e absorção de íons em *Solanum lycopersicum* (tomateiro) sob condições de estresse de salinidade.

Os resultados revelaram que a presença da bactéria promoveu o crescimento das plantas de tomate, melhorou seu desempenho fotossintético e aumentou a absorção de íons do solo salino. Indicando que o *B. aryabhatai* pode ajudar as plantas a se adaptarem e tolerarem condições de estresse salino. Sendo assim os resultados obtidos nesse trabalho corroboram a outros trabalhos encontrados na literatura como Parthasarathi et al. (2020) investigaram os efeitos do *B. aryabhatai* SRB02 no crescimento, absorção de nutrientes e produção de metabólitos secundários em *Catharanthus roseus*, uma planta medicinal conhecida como Vinca-de-Madagascar.

Os *B. rizobacterianos* não apenas oferecem uma tecnologia ecologicamente correta, mas também eficiente (SHAFI et al., 2017), para promoção do crescimento vegetal (PGP) por meio de vários mecanismos, como proteção vegetal, produção de hormônios e solubilização de nutrientes.

Figura 9 - Índice SPAD (unidades) na folha em função da concentração de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) na *+B. aryabhattai* (presença) e *-B. aryabhattai* (ausência) na planta de brachiaria.



Fonte: Autora.

Para o índice SPAD (Figura 9), observou-se um comportamento semelhante, onde o valor na ausência de *B. aryabhattai* (23,4) foi superior em relação às concentrações de P (21,8). Nota-se também que, independentemente da inoculação, o índice SPAD aumentou acompanhando as concentrações (GOUDJAL et al., 2018).

Em um estudo examinando os efeitos do *B. aryabhattai* SRB02 no crescimento, desempenho fotossintético e absorção de íons em *Solanum lycopersicum* (tomateiro) sob condições de estresse de salinidade, os resultados revelaram que a presença da bactéria promoveu o crescimento das plantas de tomate, melhorou seu desempenho fotossintético e aumentou a absorção de íons do solo salino (GOUDJAL et al., 2018). Isso indica que o *B. aryabhattai* pode ajudar as plantas a se adaptarem e tolerarem condições de estresse salino. Os resultados obtidos nesse trabalho corroboram com outros trabalhos encontrados na literatura.

Por exemplo, Parthasarathi et al. (2020) investigaram os efeitos do *B. aryabhattai* SRB02 no crescimento, absorção de nutrientes e produção de metabólitos secundários em *Catharanthus roseus*, uma planta medicinal conhecida como Vinca-de-Madagascar. Os

Bacillus rizobacterianos não apenas oferecem uma tecnologia ecologicamente correta, mas também eficiente (SHAFI et al., 2017) para a promoção do crescimento vegetal (PGP) por meio de vários interruptores, como proteção vegetal, produção de hormônios e solubilização de nutrientes. absorção de nutrientes e produção de metabólitos secundários em *Catharanthus roseus*.

Os *Bacillus* rizobacterianos não apenas oferecem uma tecnologia ecologicamente correta, mas também eficiente (SHAFI et al., 2017) para a promoção do crescimento vegetal (PGP) por meio de vários interruptores, como proteção vegetal, produção de hormônios e solubilização de nutrientes. absorção de nutrientes e produção de metabólitos secundários em *Catharanthus roseus*, Os *B.* rizobacterianos não apenas oferecem uma tecnologia ecologicamente correta, mas também eficiente (SHAFI et al., 2017) para a promoção do crescimento vegetal (PGP) por meio de vários interruptores, como proteção vegetal, produção de hormônios e solubilização de nutrientes.

5 CONCLUSÃO

Concluiu-se com a pesquisa que a presença da *B. aryabhatai* ajudou na amenização do estresse de P, proporcionando maior produção de folha, perfilhamento, rebrota e massa seca e verde na *B. brizantha* cv. Mulato II.

REFERÊNCIAS

- AGUINAGA, A. A. Q. et al. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 37, p. 1523-1530, 2008.
- AHMAD, M. *et al.* Potential of phosphate solubilizing Bacillus strains for improving growth and nutrient uptake in mungbean and maize crops. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, [S.l.], v. 56, n. 2, p. 283-289, 2019. DOI: 10.21162/PAKJAS/19.7285. Disponível em: https://searchworks-lb.stanford.edu/articles/aph__135883025. Acesso em: 6 jul. 2023.
- ALVES, C. P. *et al.* Respostas morfofisiológicas das plantas forrageiras sob manejo de cultivo e pastejo: uma revisão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 6, p. 1-12, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15405>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15405/13916>. Acesso em: 6 jul. 2023.
- ALVES, M.C.V *et al.* Solubilização de potássio presente em minerais por microrganismos e efeitos no desenvolvimento de culturas agrícolas. **Embrapa Milho Sorgo**, Sete Lagoas, MG, Documento 264. 2021.
- ANDRADE, R. G. de. **Efeito da calagem e adubação fosfatada na produção de *Braquiaria decumbens* Stapf. em argissolo vermelho amarelo**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, 2013.
- ARAÚJO, F. F. GUABERTO, L. M.; SILVA, I. F. da. Bioprospecção de bactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira Zootecnia**, [S.l.], v. 41, n. 4, p. 521–527, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/nVQrb6VggBk7yct3hgHhggx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 6 jul. 2023.
- BEHERA B. C. *et al.* Diversity, mechanism and biotechnology of phosphate solubilising Microorganism in mangrove. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [S.l.], v. 3, p. 97-110, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818113001096>. Acesso em: 6 jul. 2023.
- BIGLARI, T. *et al.* Livestock insurance as a mechanism for household resilience of livestock herders to climate change: evidence from Iran. **Land use policy**, [S.l.], v. 87, p. 1-9, 2019.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837719304168>. Acesso em: 6 jul. 2023.

BIZERRIL, M. **O cerrado para educadores (as): sociedade, natureza e sustentabilidade**. São Paulo: Haikai Editora, 2021.

CHIOCHETTA JUNIOR, J. C. C. **Efeito de fertilizantes de liberação gradual de nutrientes na dinâmica do nitrogênio no solo e na produção da cultura do milho (*Zea mays*)**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Bragança, 2019. Disponível em: https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/21027/1/Chiochetta%20Junior_Jose.pdf. Acesso em: 6 jul. 2023.

CONTE, G. G. **Comparação entre os processos mesofílico e termofílico para digestão anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU)**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2019. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-03072020-074625/publico/Gabriela_Conte_Dissertacao_Corrigida_2019.pdf. Acesso em: 6 jul. 2023.

CORAZZA, E. J. *et al.* Spatial variability of soil phosphorus of a low productivity *Brachiaria brizantha* pasture. **Scientia agricola**, [S.l.], v. 60, n.3, p. 559-564, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/dc4LrPHgPbZfswnmVMxKhsr/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 6 jul. 2023.

DEVECHIO, F. de F. da S. *et al.* **Projeto integrado: manejo fitotécnico de culturas leguminosas e oleaginosas - algodão**. São João da Boa Vista, SP: UNIFEOB, 2021.

DUTILLY, C. *et al.* Multi-scale assessment of the livestock sector for policy design in Zambia. **Journal of Policy Modeling**, [S.l.], v. 42, n. 2, p. 401-418, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2019.07.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161893819300936>. Acesso em: 6 jul. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 6 jul. 2023.

FRAZÃO, V. N.; SILVA, L. da L.; CARNEIRO, R. D. C. Efeito de extratos aquosos de plantas espontâneas do cerrado sobre a germinação de três gramíneas. **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 18, n. 3, p. 14-21, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/10482/8104>. Acesso em: 6 jul. 2023.

GOUDJAL, Y. *et al.* Endophytic Actinobacteria from Native Plants of Algerian Sahara: Potential Agents for Biocontrol and Promotion of Plant Growth. In: **New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering**. Elsevier, 2018. p. 109-124.

GUPTA, R. S. *et al.* Robust demarcation of 17 distinct *Bacillus* species clades, proposed as novel Bacillaceae genera, by phylogenomics and comparative genomic analyses: description of *Robertmurraya kyonggiensis* sp. nov. and proposal for an emended genus *Bacillus* limiting it only to the members of the Subtilis and Cereus clades of species. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, [S.l.], v. 70, n. 11, p. 5753-5798, 2020. DOI: 10.1099/ijsem.0.004475. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33112222/>. Acesso em: 6 jul. 2023.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: inovação em rendimento a baixo custo – Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. – **Documentos / Embrapa Soja**, ISSN 1516-781X; n.325

JIANG, C. H. *et al.* Study on screening and antagonistic mechanisms of *Bacillus amyloliquefaciens* 54 against bacterial fruit blotch (BFB) caused by *Acidovorax avenae* subsp. citrulli. **Microbiological research**, [S.l.], v. 170, p. 95- 104, 2015. DOI: 10.1016/j.micres.2014.08.009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25267487/>. Acesso em: 6 jul. 2023.

LIMA, N. E. de *et al.* Caracterização e história biogeográfica dos ecossistemas secos neotropicais. **Rodriguésia**, [S.l.], v. 69, p. 2209-2222, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869445>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/krKdLvrq4yfPyGCFVKRwtMm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 6 jul. 2023.

LOURENÇO, J. C.; LIMA, C. e. B. de. Evolução do agronegócio brasileiro, desafios e perspectivas. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, [S.l.], n. 118, 2009. Disponível em: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/09/clbl.htm>. Acesso em: 6 jul. 2023.

MARQUES, D. J. *et al.* Morphophysiological changes resulting from the application of silicon in corn plants under water stress. **J. Plant Growth Regul.**, [S.l.], v. 41, p. 569–584, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-021-10322-5>. Acesso em: 6 jul. 2023.

MARTINS, E. de S.; COUTO JUNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V. Zoneamento agrogeológico como ferramenta para o manejo regional da fertilidade de solos agrícolas tropicais. *In.*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2016, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, 2017. p. 93-100. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164491/1/3CBR-091-100.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2023.

MARTINS, M. V. R.; PEREIRA, C. E.; KIKUTI, H. Adubação nitrogenada na implantação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Humaitá-AM. **Scientia Plena**, [S.l.], v. 18, n. 7, DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.070208>, 2022. Disponível em: <https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/6596>. Acesso em: 6 jul. 2023.

MASCARANHAS, L. S. Uso de inoculantes microbiológicos para otimização do crescimento e desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar cultivadas sob déficit hídrico. 2021. **Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)** - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1136872/1/Sergio-dos-Anjos-Dissertacao-Luize-Silva-Mascarenhas-2021-1.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2023.

MATTOS, B. B. *et al.* Influence of phosphorus-solubilizing microorganisms and phosphate amendments on pearl millet growth and nutrient use efficiency in different soils types. **MICROBIOLOGY RESEARCH**, 2022.

MAY, A. *et al.* Induction of drought tolerance by inoculation of *Bacillus aryabhattai* on sugarcane seedlings. **Científica**, Dracena, SP, v. 47, n. 4, p. 400-410, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2019v47n4p400-410>. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/1258>. Acesso em: 6 jul. 2023.

MORAIS, J. F. A. de. **Avaliação de consórcios bacterianos para mitigar os efeitos do estresse hídrico em culturas de soja**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

NDOUNG, O. C. N. **Potencial de *Bacillus aryabhattai* para o controle de *Meloidogyne incognita* na cultura do milho**. 2019. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em

Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28016/1/PotencialBacillusAryabhatai.pdf>.

Acesso em: 6 jul. 2023.

OLIVEIRA, T. P. *et al.* Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, [S.l.], v. 4, n. 5, p. 72-78, 2017. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/2182/1798>. Acesso em: 6 jul. 2023.

PARTHASARATHY, R. *et al.* Zinc oxide nanoparticles synthesized by *Bacillus cereus* PMSS-1 induces oxidative stress-mediated apoptosis via modulating apoptotic proteins in human melanoma A375 cells. **Journal of Cluster Science**, p. 1-12, 2020.

REZENDE, A. V. de *et al.* Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Agrarian**, [S.l.], v. 4, n. 14, p. 335-343, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1145/926>. Acesso em: 6 jul. 2023.

REZENDE, C. C. *et al.* Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e50810212725-e50810212725, 2021.

RODRIGUES, R. O céu é o limite para o agronegócio brasileiro. **Revista Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 11, p. 14-15, 2006. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rce/article/view/27877/26753>. Acesso em: 6 jul. 2023.

ROSA, R.; LIMA, S. de C.; ASSUNÇÃO, W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 3, p. 91-108, 1991. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/60693/31480>. Acesso em: 6 jul. 2023.

SAWYER, D. (coord.) **Perfil do ecossistema**: hotspot de biodiversidade do cerrado. Brasília: CEPF, 2017. Disponível em: http://cepfcerrado.iieb.org.br/wp-content/uploads/2017/09/PR_Cerrado-Perfil-do-Ecossistema_TEXTOAPENDICES_port_revisada-20170804.compressed.pdf. Acesso em: 6 jul. 2023.

SHAFI, J.; TIAN, H.; JI, M. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, [S.l.], v. 31, n. 3, p. 446-459, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/13102818.2017.1286950>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13102818.2017.1286950>. Acesso em: 6 jul. 2023.

SILVA, H. D. M. *et al.* Quantificação de bactérias solubilizadoras de fósforo em solo de reforma de canavial no bioma Cerrado com plantio de leguminosas. **Brazilian Journal of Development**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 11810-11820, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-224>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/44121>. Acesso em: 6 jul. 2023.

SOARES, W. V. *et al.* Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 35, n. 4, p. 819-825, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000400020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/jwVz8VswBj3BmL8BT7dDWqm/>. Acesso em: 6 jul. 2023.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw Hill, 1997.

TOLEDO, C. N. *et al.* Alelopatia de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em bactérias promotoras do crescimento vegetal. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S.l.], v. 11, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26287>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26287>. Acesso em: 6 jul. 2023.

VIEIRA, M. L.; CUNHA, A. J. da; SOUZA, D. S. [ID 82] Oganomineral associado a *Bacillus aryabhattai* como atenuador do déficit hídrico em mudas de café. **Revista Vitae - Educação, Saúde & Meio Ambiente**, [S.l.], v. 1, n. 9, 2021. Disponível em: <https://revistas.unicerp.edu.br/index.php/vitae/article/view/2525-2771-v1n9-9>. Acesso em: 6 jul. 2023.

WITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in plant physiology**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1971.