

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES

BACHARELADO EM ZOOTECNIA

JOÃO VICTOR GOMES DOS SANTOS

***Bacillus subtilis*: A utilização de bioinsumos como recurso potencializador de produção de pastagem no cerrado**

CERES – GO

2024

***Bacillus subtilis*: A utilização de bioinsumos como recurso potencializador de produção de pastagem no cerrado**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia, sob orientação do Prof. Dr. Adalto Jose de Souza Linhares.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano

S237b

Santos, João Victor Gomes dos.

Bacillus subtilis: A utilização de bioinsumos como recurso potencializador de produção de pastagem no cerrado [manuscrito] / João Victor Gomes dos Santos. – Ceres, GO: IF Goiano, 2024.

25 fls. : tabs.

Orientador: Prof. Dr. Adalto Jose de Souza.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2024.

1. *Bacillus subtilis*. 2. Capim Quênia. 3. Composição bromatológica. 4. Forragem. 5. Pastagem. I. Souza, Adalto Jose de. II. Título. III. Instituto Federal Goiano

CDU 631.4



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA
DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO
REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: **JOÃO VICTOR GOMES DOS SANTOS**

Matrícula: 2019103201840138

Título do Trabalho: ***Bacillus subtilis*: A utilização de bioinsumos como recurso potencializador de produção de pastagem no cerrado**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 12/12/2024

☐ O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

☐ O documento pode vir a ser publicado como livro? ☒ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

A referida autora declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres, 10 de Dezembro de 2024.

Assinatura eletrônica do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura eletrônica do orientador

Documento assinado eletronicamente por:

- **Adalto Jose de Souza**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 12/12/2024 09:39:04.
- **João Victor Gomes dos Santos**, 2019103201840138 - Discente, em 13/12/2024 16:46:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/12/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 661375

Código de Autenticação: ea38ef9104



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Ceres

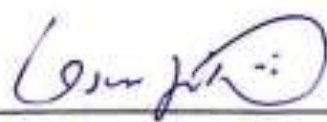
Rodovia GO-154, Km 03, SN, Zona Rural, CERES / GO, CEP 76300-000

(62) 3307-7100

ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) 28 dia(s) do mês de Outubro do ano de dois mil e Vinte e Quatro, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) João Victor Gomes dos Santos, do Curso de Zootecnia, matrícula _____, cujo título é "Bacillus subtilis: A utilização de Bactérias como recurso polimedicação de produção de pastagem na Granada". A defesa iniciou-se às 9 horas e 10 minutos, finalizando-se às 10 horas e 20 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 8 no trabalho escrito, média 8,2 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 8,1 de pontos, estando o(a) estudante APTO para fins de conclusão do Trabalho de Curso. Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.


Assinatura Presidente da Banca


Assinatura Membro 1 Banca Examinadora


Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão a todos aqueles que me acompanharam nesta jornada de aprendizado e superação. Primeiramente, agradeço a Deus e aos meus pais, que sempre me apoiaram e incentivaram a buscar meus sonhos. Sem o amor, a confiança e os sacrifícios de vocês, eu não estaria aqui hoje.

Agradeço também aos meus queridos professores e orientadores, cuja paciência, sabedoria e orientação foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico. Seu conhecimento e dedicação me inspiraram a perseguir a excelência e a buscar respostas para os desafios que surgiram ao longo do caminho. Aos meus amigos e colegas de turma, dedico com carinho. Compartilhamos risos, estudos, dúvidas e momentos inesquecíveis juntos. O apoio mútuo e a troca de conhecimentos foram essenciais para chegarmos até aqui.

Aos meus familiares e entes queridos, agradeço por compreenderem minha ausência em alguns momentos e por sempre estarem ao meu lado, mesmo quando as obrigações acadêmicas pareciam intermináveis. Seu amor e apoio incondicionais são a minha maior força.

Por fim, dedico este trabalho a mim mesmo, como uma prova de que sou capaz de alcançar meus objetivos e superar desafios. Cada obstáculo enfrentado ao longo dessa jornada me fortaleceu e me trouxe até este momento de conclusão. Que esta conquista seja apenas o começo de uma vida repleta de realizações e aprendizados contínuos.

Que esta dedicação represente minha gratidão sincera a todos que contribuíram para o meu sucesso. Que este trabalho seja um legado do meu esforço e uma inspiração para aqueles que virão. Compartilho esta conquista com vocês e espero que nossos caminhos continuem se cruzando, sempre impulsionando uns aos outros rumo ao crescimento e à excelência.

Com gratidão, João Victor Gomes dos Santos.

RESUMO

A pecuária brasileira destaca-se por sua capacidade competitiva em sistema de pastagem onde o próprio animal exerce a função de colheita do seu alimento. Nessa perspectiva há busca por melhorias que enfoquem em elevar a produtividade de pastagem de qualidade para os animais. Inúmeras tecnologias são utilizadas, dentre elas destaca-se o adequado manejo da fisiologia da planta e do atendimento de suas necessidades em nutrientes para se desenvolverem adequadamente. Inovações tecnológicas com uso de bioinsumos vem apresentando potencial de utilização na agricultura. Entre estes bioinsumos, a utilização de *Bacillus subtilis*. A utilização desta rizo bactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR) por possuírem diversos mecanismos diretos e indiretos que favorecem o desenvolvimento das plantas. Estas recebem destaque uma vez que demonstram disponibilidade de nutrientes e a alteração da homeostase dos fitohormônios, além de estar relacionados à produção de substâncias que ajudam no combate a patógenos nocivos, de enzimas e outras substâncias que ajudam nos processos biometabólicos das plantas, especialmente o aumento do índice de clorofila. O presente estudo objetivou avaliar a utilização *Bacillus subtilis* a fim de potencializador de produção de pastagem no cerrado.

Palavras chaves: *Bacillus subtilis*; Capim Quênia; Composição bromatológica; Forragem; Pastagem;

ABSTRACT

Brazilian livestock farming stands out for its competitive capacity in pasture systems where the animals themselves perform the function of harvesting their own food. In this perspective, there is a search for improvements that focus on increasing the productivity of quality pasture for animals. Numerous technologies are used, among which the appropriate management of plant physiology and meeting their nutrient needs for proper development stand out. Technological innovations using bioinputs have shown potential for use in agriculture. Among these bioinputs, the use of *Bacillus subtilis*. The use of this rhizobacteria promotes plant growth (PGPR) because it has several direct and indirect mechanisms that favor plant development. These are highlighted because they demonstrate nutrient availability and alteration of phytohormone homeostasis, in addition to being related to the production of substances that help combat harmful pathogens, enzymes and other substances that help in the biometabolic processes of plants, especially the increase in the chlorophyll index. The present study aimed to evaluate the use of *Bacillus subtilis* as a potentializer of pasture production in the cerrado.

Keywords: *Bacillus subtilis*; Kenya grass; Bromatological composition; Forage; Pasture;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<u>Figura 1: Delineamento em blocos casualizados</u>	17
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Efeito de diferentes tratamentos com adubação na altura do dossel, produtividade, taxa de acúmulo e capacidade de suporte de pasto de BRS Quênia ..20

Tabela 2: Efeito de diferentes tratamentos com adubação na composição química da pastagem de BRS Quênia22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. METODOLOGIA.....	16
2.1 Área experimental- Condições edáfica e climática	16
2.2 Delineamento em Blocos Casualizados	16
2.3 Tratamentos	17
2.4 Aplicação do Tratamentos	17
2.5 Avaliação das plantas.....	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
3.1 Altura e Acúmulo de Forragem.....	19
3.2 Composição química do extrato pastejável	21
4. CONCLUSÃO.....	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país continental, cujo território apresenta cerca de 851,08 milhões de hectares (IBGE, 2021) com 203,12 milhões de hectares destinados a pecuária com aproximadamente 230 milhões de bovinos que se destaca no cenário internacional pela sua capacidade competitiva em produzir arroba barata em sistema de pastagem na maior parte de sua vida, onde o próprio animal exerce a função de colheita do seu alimento (Ferrazza & Castellani, 2021).

A maior parte dos pecuaristas no Brasil explora as pastagens com pouco ou nenhum uso de corretivos e fertilizantes, em sistemas de baixa lotação. Isso leva à diminuição da fertilidade solo e à degradação das pastagens. Atualmente à tendência e perspectiva de mudar este cenário extrativista com investimento em tecnologias mais produtivas, destacando as pastagens cultivadas, bem formadas e manejadas adequadamente com reposição frequente de fertilizantes, com destaque para adubação nitrogenada em função dos objetivos de acúmulo de massa das forrageiras em diferentes épocas do ano com ou sem o uso de irrigação (SANTOS & FONSECA, 2016).

Nesse sentido, evidencia-se a busca constante em melhorias que enfoquem em elevar a produtividade de pastagem de qualidade para os animais e inúmeras tecnologias são fundamentais, dentre elas destaca o adequado manejo da fisiologia da planta e do atendimento de suas necessidades nutricionais para se desenvolverem adequadamente (Ferrazza & Castellani, 2021).

Entretanto, nem sempre o solo apresenta equilíbrio nos nutrientes, com isso, a correção e adubação do solo são fundamentais para disponibilizar os minerais as plantas que possuem alta capacidade de extração. Porém há competição do solo com as plantas em processos de imobilização e/ou adsorção e possibilidades de perdas no processo volatilização, lixiviação e erosão. Levando a busca e escolha de tecnologias adequadas a fim de disponibilizar esses nutrientes à planta de forma econômica (Freitas et al. 2020).

Em busca de inovações tecnológicas, o uso de bioinsumos vem apresentando grande potencial de utilização na agricultura. Entre estes bioinsumos, a utilização de *Bacillus subtilis* tem se destacado.

Nesse contexto observa-se que as bactérias *Bacillus subtilis* apresentam mecanismos diretos, destacando-se desta forma na melhoria da disponibilidade de nutrientes e a alteração da homeostase dos fito-hormônios (Blake et al., 2021). Já os mecanismos indiretos estão mais relacionados à produção de substâncias que ajudam no combate a patógenos nocivos, de enzimas e outras substâncias que ajudam nos processos biometabólicos das plantas, especialmente o aumento do índice de clorofila.

O gênero *Bacillus* é conhecido por sua capacidade de produzir uma ampla variedade de metabólitos secundários com propriedades antimicrobianas, incluindo compostos orgânicos voláteis, enzimas líticas e toxinas. Esses compostos apresentam características que inibem o crescimento e a ação de agentes fitopatogênicos, como bactérias, fungos e pragas. Pesquisas sugerem que cerca de 5% do genoma de *Bacillus subtilis* é dedicado a biossíntese de compostos microbianos, como as subtilisinas, que atuam na degradação da membrana celular de patógenos, contribuindo para o controle biológico desses organismos maléficos (Arnouteli et al. 2021).

Costa et al. (2019) evidenciam que a inoculação de *Bacillus subtilis* acaba por proporcionar incrementos no índice de clorofila das folhas de ambas as cultivares testadas em sua pesquisa, a partir do 15º dia após a semeadura. Os mesmos autores ainda ressaltam que não ocorreu efeito das doses testadas sobre os atributos da parte aérea e raízes da soja, aos 45 dias após semeadura. Em certa amostragem de estirpes foi evidenciado que estas, proporcionou melhor resposta em cultivares de soja, gerando incrementos nos parâmetros biométricos de parte aérea e de raízes aos 30 dias após semeadura.

A alta demanda de nitrogênio e a necessidade de otimizar seu uso são grandes desafios para aumentar a produtividade das pastagens. Em estudo realizado por Kuan et al. (2016), uma cepa de *Bacillus subtilis* demonstrou-se especialmente eficaz, promovendo uma melhora significativa na absorção de nitrogênio em plantas de milho, além de aumentar a produção de biomassa seca e o rendimento das espigas.

Nesse sentido, o trabalho objetivou-se em conhecer a resposta das plantas forrageiras com uso de algumas tecnologias convencionais e inovadoras na produção, qualidade da forragem e capacidade de suporte das pastagens no cerrado.

2. METODOLOGIA

2.1 Área experimental- Condições edáfica e climática

A pesquisa experimental foi realizada na unidade de referência tecnológica (URT) São Francisco, localizada na cidade de Ceres-GO. O experimento foi realizado em área de pastagem irrigada no período de inverno quente (agosto e setembro de 2023) caracterizado por período de alta radiação solar e temperaturas elevadas que oscilaram entre 37.6°C à 14.8°C, favorecendo o crescimento da forrageira panicum BRS Quênia (Figura 1).

O solo da área apresenta fertilidade elevada com destaque para as seguintes características: Argila: 48%; CTC: 10.31 cmol/dm³; pH:5.7; M.O.: 2.2%; Saturação de bases (V): 80%; Fósforo (P): 14 mg/dm³; Potássio (K): 120 mg/dm³; Enxofre (S): 8 mg/dm³.

2.2 Delineamento em Blocos Casualizados

Adotou o delineamento em blocos casualizados (DBC) com 4 tratamentos em 3 blocos (B) com 3 Repetições (R). Formando um arranjo (4x3x3) com 36 parcelas experimentais para avaliação da resposta da forragem aos tratamentos formados pela Testemunha (T) sem aplicação de ureia e X-Gold, Ureia (U) aplicação de 100 kg/ha, Foliar (F) aplicação de 4L/ha e o último tratamento Ureia + Foliar (UF) aplicação consorciada de ureia com o adubo foliar, conforme na figura abaixo.

	Bloco 3				Bloco 2				Bloco 1			
R 3	U	F	T	UF	T	F	U	UF	T	F	U	UF
R 2	T	F	U	UF	U	UF	T	F	UF	T	F	U
R 1	UF	T	F	U	T	F	U	UF	F	U	UF	T

Figura 1: Delineamento em blocos casualizados.

2.3 Tratamentos

As doses utilizadas foram de 100 kg.ha⁻¹ de Ureia Agrícola granulada e 4 L.ha⁻¹ do X-Gold® para aplicação foliar. O produto comercial X-Gold® da empresa Granda Inovação Agrícola® é classificado como fertilizante organo-mineral Classe B Nutrientes, composto por uma combinação de nutrientes com hormônios vegetais e bactérias.

X-Gold® é um produto biológico e mineral ou bioinsumo que possui uma solução de extrato aquoso residual da indústria de cana-de açúcar composto por 75% de carbono orgânico Total (COT) com microrganismos naturais e inoculado com o *Bacillus subtilis* (0,1 g. L⁻¹), classificado como rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR). O produto possui ainda, composição mineral de nitrogênio (N-9%), potássio (K-3,2%), fósforo (P-1.86%), molibdênio (Mo-1%), enxofre (S-0,74%), zinco (Zn-0,1%), boro (B-0,1%) e cobre (Cu-0,1%).

2.4 Aplicação do Tratamentos

Após pastejo dos animais, aplicou ureia à lanço (07/08) na quantidade de 300 g/parcela de 30m², correspondente a dose de 100 kg de ureia/ha, e em seguida realizou irrigação em todos os tratamentos com lâmina de 14 mm para dissolver e infiltrar a ureia no solo e evitar perdas por volatilização, repetindo a irrigação a cada 2

dias para repor a evapotranspiração média de 8 a 12 mm/ dia durante o período experimental.

Dois dias após a adubação com ureia, realizou no final da tarde, a irrigação e em todos os tratamentos, logo em seguida a aplicação da adubação foliar (09/08) através da diluição de 12 ml de X-GOLD em 1 L de água para aplicar em cada parcela de 30m², correspondendo a dose de 4 L/ha de foliar e calda de 337 L/ha.

A aplicação com bomba motorizada foi ajustada com o leque voltado para baixo a fim de atingir as folhas e o solo.

Após as aplicações dos tratamentos foi monitorado a evapotranspiração da região pelo site do instituto nacional de meteorologia (INMET) e umidade do solo para manejo da irrigação diária.

2.5 Avaliação das plantas

Após 14 dias de rebrota, realizou a avaliação do crescimento (altura_cm) e acúmulo de massa verde (kg MV.ha⁻¹) das plantas forrageiras pelo método do quadrado (1m² x 10.000 m²= 1ha).

O corte do extrato pastejável simulando o pastejo com auxílio de estilete foi realizado até altura do resíduo de forragem do pastejo anterior, cuja altura média é de 30±2 cm para o Capim Panicum Quênia. Segurando na ponta das folhas para evitar colher material residual, coletando três amostras dentro de cada bloco de cada tratamento.

Uma subamostra de aproximadamente 500 g foi colocada em saco plástico e imediatamente encaminhada para freezer para paralisar a respiração celular e conservar congelada até encaminhamento ao laboratório 3RLab em Goiânia-GO.

Em seguida, multiplicou-se o valor da massa verde obtida no campo pelo teor de massa seca amostra (%MS) para obter o rendimento em massa seca (kg MS.ha⁻¹), que foi dividido pelo tempo de rebrota (dias) para encontrar a taxa de acúmulo (kg MS.ha⁻¹.dia⁻¹) da forragem pastejável. A taxa de acúmulo foi dividida pela estimativa de consumo animal padrão (Ingestão de 2,77% do Peso Vivo em MS, equivalente à 12,5 kg MS.UA⁻¹.dia⁻¹) para obter a estimativa de Capacidade de Suporte da área (UA.ha⁻¹).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura e Acúmulo de Forragem

Houve efeito altamente significativo (tab. 1, $p < 0.001$) dos tratamentos no crescimento e acúmulo de massa no pasto, consequentemente reduzindo o tempo de rebrota para atingir altura ideal de pastejo (80 a 90 cm para o BRS Quênia), maior taxa de acúmulo de forragem e capacidade de suporte dos pastos com o uso de adubações.

O tratamento testemunha, sem o auxílio da adubação foliar e nitrogenada, apresentou menor altura (60.4 cm), produtividade (1124 kg.ha^{-1}), taxa de acúmulo ($44.8 \text{ kg MS.ha}^{-1}.\text{dia}$) e capacidade de suporte (3.58 UA.ha^{-1}). Sendo considerado valores acima da média nacional de 1 UA.ha^{-1} em função do alto nível de fertilidade da área e manejo realizado.

A utilização de adubação foliar com o X-Gold melhorou o crescimento (71.0 cm) e acúmulo de forragem (2040 kg.ha^{-1}) favorecendo o produtor aumentar a capacidade de suporte para próximo de 6 UA.ha^{-1} . Essa elevação de $2,4 \text{ UA.ha}^{-1}$ devido ao uso de adubação foliar possibilitou incremento de 66% na lotação da fazenda e deve ser levada em conta na análise da relação do custo-benefício do uso da tecnologia.

Resultados obtidos por Costa et al. (2019), descrevem que o uso de inoculantes a base de *Bacillus subtilis* acabam por promover uma gama de benefícios para o cultivar, assim as bactérias promotoras de crescimento vegetal podem tornar-se um recurso tecnológico essencial para melhorar o rendimento agrícola produtivo (tabela 1) e ainda contribuir para a manutenção da sustentabilidade dos sistemas de cultivo.

Tabela 1: Efeito de diferentes tratamentos com adubação na altura do dossel, produtividade, taxa de acúmulo e capacidade de suporte de pasto de BRS Quênia

Tratamento	Altura Cm	Produtivi dade. kg.ha ⁻¹	Taxa de Acúmulo kg MS.ha ⁻¹ .dia ⁻¹	Capacidade de Suporte UA.ha ⁻¹	Incremento em lotação animal %
Ureia+Foliar	92.6 a	3878 a	141.0 a	11.3 a	216%
Ureia	83.9 b	2926 b	105.9 b	8.47 b	137%
Foliar	71.0 c	2040 c	74.4 c	5.96 c	66%
Testemunha	60.4 d	1224 d	44.8 d	3.58 d	----
Desvio Padrão	± 2.1	± 219.8	± 7.34	± 0.59	
p_valor Trat	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
p_valor Bloco	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	
C.V. (%)	8.20%	26.19%	24.06%	24.13%	

Letra diferentes na coluna diferenciam pelo teste tukey ($p < 0.05$). CV: Coeficiente de variação.

Resultados obtidos por Costa et al. (2019), descrevem que o uso de inoculantes a base de *Bacillus subtilis* acabam por promover uma gama de benefícios para o cultivar, assim as bactérias promotoras de crescimento vegetal podem tornar-se um recurso tecnológico essencial para melhorar o rendimento agrícola produtivo (tabela 1) e ainda contribuir para a manutenção da sustentabilidade dos sistemas de cultivo.

O uso da ureia apresentou resultados melhores com altura superior a 80 cm e capacidade de suporte maior que 8 UA.ha⁻¹. Sendo considerados adequado ao sistema intensivo de produção animal em pastagem irrigada e rotacionada com uso de panicuns. Destaca-se melhor resultados para a interação do tratamento que recebeu ureia e foliar. Esse tratamento apresentou sinergismo que elevou a taxa de crescimento e acúmulo de forragem com capacidade de suportar até 11,3 UA.ha⁻¹, resultado bastante significativo elevando a produtividade da propriedade.

Resultados de trabalhos com adubação nitrogenada em pastos tropicais demonstram acréscimos na produção de 20 a 100,6% (FAGUNDES et al., 2005; PARIS et al., 2009; GIMENES, 2010; FAGUNDES et al., 2012; IWAMOTO, 2013) por ciclo de pastejo. Isso leva a refletir incrementos na taxa de acúmulo com capacidade para suportar de 1 para até 10 UA ha⁻¹ ao ano, via manejo de adubação nitrogenada e manejo de utilização.

VOLPE (2008), alerta que a partir do momento que o solo esteja corrigido, o nitrogênio (N) torna-se o principal fator limitante de crescimento e produção, sendo essencial para a síntese e constituição de clorofila, responsável pela ocorrência e processo da fotossíntese, influenciando na taxa fotossintética, mobilização de reservas após a desfolha para rebrota, taxa de aparecimento e expansão da área foliar, perfilhamento e peso de perfilhos,

De acordo com DUPAS et. AL (2016) avaliando fontes nitrogenadas mostraram que as variações de ambiente são decisivas na eficiência de utilização do N. VIERO et al. (2015) acrescentam que o adequado uso e manejo da irrigação e fertilizantes nitrogenados minimiza as perdas de amônia por volatilização e aumenta a eficiência de uso do N.

Podemos acrescentar e considerar esse sinergismo fazendo uma analogia dos resultados como uma gasolina (ureia) aditivada (foliar). Onde o principal nutriente (N) que favorece o crescimento da forragem foi potencializado com outros nutrientes presentes no adubo foliar, bem como a ação de hormônios de crescimento que estimularam o crescimento da planta, agindo como um catalizador dos processos fotossintéticos da planta, entre outros, conforme Blake et al. (2021).

3.2 Composição química do extrato pastejável

A tabela 2 aparece o teor (%) de massa seca (MS) na planta e a concentração (% da MS) dos nutrientes proteico e mineral na massa seca da planta em resposta ao efeito dos tratamentos. Observa-se que não houve diferença ($p > 0.05$) para a matéria mineral (MM), porém houve diferenças na composição da planta para quase todas os nutrientes, exceto cálcio (Ca).

Nota-se nos tratamentos que receberam ureia (com ou sem adição de adubo foliar) uma maior altura e produtividade (tabela 1) e menores teores de massa seca (%MS) na tabela 2. Verifica-se que a planta está mais úmida (hipotônica ou turgente), mesmo apresentando maiores concentrações de proteínas e minerais, com destaque para K e N em grandes quantidades e P, S, Mg em menores quantidades.

Tabela 2: Efeito de diferentes tratamentos com adubação na composição química da pastagem de BRS Quênia

Tratamento	MS %	PB	MM	Ca	Mg % na MS	S	P	K	N
Ureia+Foliar	23.51 b	16.52 a	13.00	0.35	0.26 ab	0.25 a	0.24 a	2.47 a	2.46 a
Ureia	23.50 b	16.71 a	12.65	0.40	0.31 a	0.25 a	0.25 a	2.13 b	2.67 a
Foliar	27.26 a	13.97 ab	13.41	0.45	0.23 bc	0.22 ab	0.22 b	1.89 b	2.23ab
Testemunha	28.54 a	12.46 b	13.03	0.41	0.20 c	0.20 b	0.21 b	1.98 b	1.99 b
D.P	±0.94	±1.09	±1.50	±0.04	±0.02	±0.01	±0.01	±0.08	±0.09
p_valor	0.004	0.04	0.26	0.41	0.07	0.003	0.01	0.001	0.04
C.V. (%)	7.4%	14.6%	3.9%	20.6 %	15.1%	7.4%	7.1%	7.5%	14.6%

Letra diferentes na coluna diferenciam pelo teste tukey ($p < 0.05$).

Legenda: MS (Matéria Seca); PB (Proteína Bruta); MM (Matéria Mineral); Ca (Cálcio); Mg (Magnésio); S (Enxofre); P (Fósforo); K (Potássio); N (Nitrogênio).

Essa correlação positiva de altura com a produtividade e concentração dos nutrientes mostra que a planta está mais nutrida, sem limitações hídricas ou minerais para expressar seu potencial de crescimento e desenvolvimento. Leite et al. (2015) discutem que inúmeros fatores edáficos, climáticos e fisiológicos da planta se interagem no sistema produtivo. Sendo nos períodos de primavera/verão característico como quente e chuvoso favorecendo o metabolismo para alto crescimento das plantas.

Pois quando a planta cresce em altura, ela também está crescendo seu sistema radicular, sendo este componente da gramínea em explorar e buscar um maior volume e profundidade de água e nutrientes presente no solo o que colabora com o estudo proposto por (Costa et al., 2019). Rocha (2022) também relata sobre a influência que o *Bacillus subtilis* possui, sendo capaz de suprir a necessidade nutricional da cultura do trigo de maneira igual ou similar a adubação mineral, considerando os parâmetros avaliados em seu estudo. Pode ser alegado ainda, que o emprego de bactérias em gramíneas, acabam por apresentar a capacidade de aumentar a liberação tanto de fósforo que está reservado no solo e não disponível para a assimilação das plantas através de sua solubilização e mineralização (Mendoza et al. 2021).

De uma forma generalista, a partir da perspectiva de Anderzevski (2021) pode ser argumentado que a inoculação das bactérias *Bacillus Megaterium* e *Bacillus*

Subtilis, favorecem de maneira expressiva a produtividade de gramíneas, como os grãos da cultura do trigo, contribuindo assim para o seu fortalecimento fitossanitário e também para a absorção de água e de outros nutrientes, através da liberação de moléculas de fósforo que estão impregnadas a outros constituintes do solo, tornando-se assim, um mecanismo economicamente e ecologicamente viável.

Logo, Paiva et al. (2020) ressalta ainda que a inoculação da cepa B2084 de *Bacillus subtilis* promoveu um aumento significativamente na produtividade de grãos de milho em 4/6 dos experimentos, quando relacionados ao tratamento com fósforo e sem inoculação. Quando falamos desta gramínea, é imprescindível que relatemos sobre sua essencialidade, uma vez que esta apresenta grande importância econômica e social no cenário agropecuário do Brasil, sendo esta, a maior parte da produção cerca de 70% a 85%, destinada à fabricação de ração animal e aproximadamente 15% são utilizados como matéria-prima para a alimentação humana (Paiva et al. 2020).

Assim, argumenta-se que o solo onde essas plantas se encontram, possuem limitações em diferentes níveis, que compromete potencializar seu crescimento/desenvolvimento para uma agricultura e pecuária mais rentável. “Além disso, a inoculação de microrganismos melhora a qualidade do solo, essencialmente a biota, pois aumenta a quantidade e diversidade de vida no meio “(Rocha, p.12. 2022). Assim, as plantas necessitam de apenas 7 a 8% de minerais para transformar sua composição nutritiva em energia, proteína, minerais e vitaminas para ser pastejada pelos animais e compor praticamente 90% da sua dieta à um baixo custo de produção (Leite et al., 2015).

Pode ser detalhado que com a aplicação da adubação foliar (tabela 2) em relação à testemunha, a adubação foliar resultou em uma leve melhoria nos teores na planta de proteína (13.97 ab vs 12.26b) e nos níveis de N (2.23ab vs 1.99a), Mg (0.23bc vs 0.20 c) e S (0.22 ab vs 0.20 b). Essa leve melhoria pode estar relacionada composição de hormônios e desses minerais presente na composição do foliar X-Gold (altamente móveis na planta) para estimular o desenvolvimento da planta, e suprir um pouco dos nutrientes que faltam no solo para a planta e microbiota melhora o processo de mineralização da matéria orgânica residual presente no solo devido a ciclagem constantes de raízes e do extrato não pastejável. Assim, Mehta et al., 2015,

colaboram com tal determinante, uma vez que estes observaram em seus estudos uma maior propensão de nutrientes utilizando a *Bacillus subtilis*.

Incrementos nos teores de N/PB na planta eram esperados conforme VOGELER & CICHOTA (2017) em função da adubação nitrogenada. Para ARTUR et. al (2014), observaram eficiência e sinergismos de outros elementos em função do balanço das doses de nitrogênio e enxofre. Já GALINDO et. al (2018) destacam interação entre doses x período (clima) e aumento proporcional no acúmulo de N, K na parte aérea e no acúmulo de MS. Isso remete a pesquisadores ter atenção para que outros nutrientes não tornem limitante ao crescimento da planta para não gerar informações equivocadas.

Sampaio (2020) relata em seu estudo que a inoculação com *B. subtilis* a qual acabou por resultar no aumento de 11,7 cm cerca de 17% da altura do capim Marandu, e comenta que entre os tratamentos inoculados, a inoculação com *Bacillus subtilis* teve melhor desempenho em comparação aos inoculados com *Azospirillum brasilense* e coinoculado.

Vasconcelos et al., (2018) observaram nos tratamentos que receberam ureia, apresentaram maior produção de massa e concentração de minerais, e que pode estar relacionado ao uso do N pela microbiota do solo decompor compostos orgânicos e liberar nutrientes inorgânicos às plantas. Pois, quando as plantas receberam a ureia como adubo, o nitrogênio presente é convertido em formas utilizáveis pelas plantas, como o nitrato e o amônio, por meio de processos de mineralização e nitrificação realizados por micro-organismos do solo (Reis et al., 2020).

Na perspectiva Gato (2023), o *Bacillus subtilis* promoveu maior acúmulo de N nos grãos e atividade do nitrato redutase na folha. Além disso, O estudo de Sampaio (2020) relata que os tratamentos inoculados sobre o não inoculado, os melhores desempenhos mais especialmente relacionados aos maiores incrementos mg dm⁻³ de N, tanto no NP, NF e acúmulo de K do capim marandu foram obtidos com a inoculação isolada de *Bacillus subtilis*.

Por fim, ficou evidente que esta bactéria (*Bacillus subtilis*) presente nestes bioinsumos utilizados, atuou como promotora de crescimento, melhorou a eficiência de uso dos nutrientes, relacionando tanto o exposto no produto, quanto ao que se encontrava no solo, potencializando a produção.

Além disso, é imprescindível também comentar que este microrganismo (*Bacillus subtilis*) além de atuar na promoção do crescimento das plantas (Costa et al., 2019), foi possível também evidenciar que este atua como fixador de nitrogênio (Kuan, et al., 2016), na disponibilização de nutrientes (et al., 2015).

Estudo de Machado et al. (2020) apontam o uso de *Bacillus subtilis* proporcionou aumento na lucratividade. Uma vez que “a inoculação com *Bacillus subtilis* promoveu aumento de 41% na produtividade de grãos em relação ao não inoculado” (Gato, p.63. 2023).

Sampaio (2020) confere resultados relacionados a inoculação com *A. brasilense* e *Bacillus subtilis*, onde detalha que nas formas isoladas ou combinadas, sendo associadas ou não à adubação nitrogenada. Estas, apresentam potencial para incrementar a nutrição, potencializando assim seu teor proteico e consequente crescimento do capim, ressaltando sua capacidade como alternativa na recuperação das pastagens que foram degradadas, de maneira sustentável e apresentando um menor consumo, tanto de nitrogênio quanto quando relacionado aos custos econômicos.

A determinação das ações para uso de adubos vai depender de um conjunto de variáveis no sistema técnico-econômico-operacional. Sempre observando os componentes técnicos do sistema SOLO X PLANTA X CLIMA X ANIMAL para definir a melhor estratégia com fins econômicos que possibilite um melhor resultado dentro da possibilidade de operacionalizar.

4. CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada combinada com o manejo adequado das pastagens e com o uso de bioinsumos aumentou o volume, massa, qualidade, e taxa de acúmulo de forragem, melhorando a capacidade de suporte e elevando o teor proteico. Essa interação pode gerar resultados significativos na propriedade, porém requer uma análise financeira para sua aplicação principalmente pelo uso de bioinsumos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNAOUTELI, S.; BAMFORD, N. C.; STANLEY-WALL, N. R.; KOVÁCS, A. T. **Formação de biofilme de *Bacillus subtilis* e interações sociais.** *Nature Reviews microbiology*. 2021.
- ARTUR, A.G.; GARCEZ, T.B.; MONTEIRO, F.A. Water use efficiency of marandu palisadegrass as affected by nitrogen and sulphur rates. **Revista Ciência Agronômica**. v. 45, n. 1, p. 10-17. 2014.
- BLAKE, C.; CHRISTENSEN, M. N.; KOVÁCS, A. T. **Molecular aspects of plant growth promotion and protection by *Bacillus subtilis*.** *Molecular Plant-Microbe Interactions*, v. 34, n. 1, p. 15-25, 2021.
- CHOUDHARY, D. K.; JOHRI, B. N. **Interações de *Bacillus spp.* e plantas - com referência especial à resistência sistêmica induzida (ISR).** PubMed. Res. Microbiol .2009;164(5):493-513. doi: 10.1016/j.micres.2008.08.007. Epub 2008, 8 de outubro. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18845426/> Acesso: 08 Mai 2024
- COSTA, L. C.; TAVANTI, R. F. R.; TAVANTI, T. R.; PEREIRA, C. S.. **Desenvolvimento de cultivares de soja após inoculação de estirpes de *Bacillus subtilis*.** *Nativa, Sinop*, v. 7, n. 2, p. 126-132, mar/abr. 2019. Pesquisas Agrárias e Ambientais. Disponível em: <http://www.ufmt.br/nativa> Acesso em: 07 Mai 2024.
- DUPAS, E.; BUZETTI, S.; RABÊLO, F.H.S.; SARTO, A.L.; CHENG, N.C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F.S.; DINALLI, R.P.; GAZOLA, R.N. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade 5 grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. *Australian Journal of Crop Science*. v. 10; n. 9; p.1330-1338, 2016.
- FERRAZZA, R. de. A.; CASTELLANI. E. **Análise das transformações da pecuária brasileira: um enfoque na pecuária leiteira.** Artigo científico • Ciênc. anim. bras. 22 • 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cab/a/4mK7LBmjZQrr5tCqwXbqHdC/?lang=pt#> Acesso em: 09 Jan 2024
- FRANÇA, I. W. L. de.; APOLONIO, J. A. M; BEZERRA, D.; OLIVEIRA, D. W. F. de.; MELO, V, M; GONÇALVES, I. R. B. **ESTUDO DA APLICABILIDADE DO BIOSURFACTANTE PRODUZIDO POR *Bacillus subtilis* LAMI005 EM BIORREMEDIAÇÃO in situ.** 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS. 2012. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54755/1/2011_eve_iwlfrança.pdf Acesso: 08 Mai 2024
- FREITAS, I. C. de.; FRAZÃO, L. de. A.; FERREIRA, E. A.; CABRAL, C. M. **Como os Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta influenciam a Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo?** *Revista Vozes dos Vales – UFVJM – MG – Brasil – Nº 17 – Ano IX – 05/2020* Reg.: 120.2.095–2011 – UFVJM – QUALIS/CAPES – LATINDEX –

ISSN: 2238-6424 Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/> Acesso em: 09 Jan 2023

GATO, I. M. B. **CULTIVO DE MAMONA-ANÃ INOCULADA COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO E DOSES DE N APÓS LEGUMINOSAS E GRAMÍNEAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO.** Dissertação (Mestrado em Agronomia - Sistemas de Produção). Ilha Solteira - SP. 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/9f2d8409-01ab-47ab-842d-4909c939f76d/content> Acesso em: 26 Jun 2024

HARWOOD, C. R.; POHL, S.; SMITH, W.; WIPAT, A. **Chapter 4 - *Bacillus subtilis*: Model Gram-Positive Synthetic Biology Chassis.** *Methods in Microbiology* Volume 40, 2013, Pages 87-117. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780124170292000042> Acesso em: 08 Mai 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil em síntese. 2021. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html> Portuguese. Acesso em: 09 Jan 2024.

KUAN, K. B.; OTHMAN, R.; RAHIM, K. A.; SHAMSUDDIN, Z. H. ***Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation to enhance vegetative growth, nitrogen fixation and nitrogen remobilisation of maize under greenhouse conditions.*** *PloS one*, v. 11, n. 3, p. e0152478, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27011317/> Acesso em: 08 Mai 2024

LEITE, J. L. B.; STOCK, L. A.; SIQUEIRA, K. B.; ZOCCAL, R. **Dinâmica da pecuária leiteira no Brasil: evolução de características das propriedades.** *Panorama do Leite*. 2015; 7(82): 12-15.

MACHADO, A. P.; COSTA, M. J. N. de. **Biocontrole do fitonematóide *Pratylenchus brachyurus* in vitro e na soja em casa de vegetação por *Bacillus subtilis*** *Revista Biociências*. v. 23 n. 1 (2017). Disponível em: periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/2365 Acesso em: 08 Mai 2024

MACHADO, R.; CALVI, V.; PACCOLA, E.; SCHMDIT FILHO, E.; GASPAROTTO, F. **Inoculação foliar de plantas de milho com *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*.** *ENCICLOPEDIA BIOSFERA*, 17(34). (2020). Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2080> Acesso em: 04 Mai 2024.

MEHTA, P.; WALIA, A.; KULSHRESTHA, S.; CHAUHAN, A.; SHIRKOT, C. K. **Eficiência do *Bacillus circulans* CB7, promotor do crescimento das plantas e solubilizador de P, para aumentar o crescimento do tomate em condições líquidas de casa.** *PubMed. J Microbiol Básico* .2015 janeiro;55(1):33-44. doi: 10.1002/jobm.201300562. Epub 2014, 25 de janeiro. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24464353/> Acesso em: 08 Mai 2024

MENDOZA, M. P. et al. **Estudio de metabolitos producidos por bacterias que solubilizan fosfato aislado de la raíz y rizoplaneo de gramíneas**. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 4, n. 4, p. 4944-4949, 2021.

PAIVA, C. A. de. o; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos.; TINOCO, S. M. de. S.; LANA, U. G. de. O.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; JUNIOR, R. V. **Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Circular Técnica 260. EMBRAPA. Sete Lagoas - MG. 2020.

REIS, C. R. G.; PACHECO, F. S.; REED, S. C.; TEJADA, G.; NARDOTO, G. B.; FORTI, **Biological nitrogen fixation across major biomes in Latin America: Patterns and global change effects**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.17 n.34; p. 298 2020.

REIS, José Carlos Leite. **Dinâmica sazonal da pastagem e do fósforo no sistema solo-pastagem-animal em campos naturais da Serra do Sudeste**. Rio Grande do Sul. 2005.

ROCHA, M. **Inoculação de *Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* na cultura do trigo no noroeste do estado do rio grande do sul**. Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.. Três Passos - RS. 2022.

SAMPAIO, F. A. R. **INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E *Bacillus subtilis* ASSOCIADA À ADUBAÇÃO NITROGENADA NA NUTRIÇÃO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO CAPIM *Urochloa brizantha* cv. MARANDU**. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção. Ilha Solteira - SP. 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/a1c092aa-18c7-4ae2-8ea4-dbc2ca82669a/content> Acesso em: 26 Jun 2024

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M. **Adubação de Pastagens em Sistema de Produção Animal**. Viçosa (MG): Ed. UFV, 2016. p.311

SU, Y.; LIU, C.; FANG, H.; ZHANG, D.. ***Bacillus subtilis*: uma fábrica de células universal para indústria, agricultura, biomateriais e medicina**. Fábricas de células microbianas , v. 19, pág. 1-12, 2020.

VASCONCELOS, A. L. S.; FERRÃO, G. E.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. E. P.; PIRES, I. C. C.; SIQUEIRA-NETO, M. **Agricultura e emissões de gases de efeito estufa – estudo de casos no Brasil**. Revista Tropica Ciências Agrárias e Biológicas, v.10, n.2, p.12-40, 2018.

VIERO, F.; BAYER, C.; VIEIRA, R.C.B.; CARNIEL, E. **Management of Irrigation and Nitrogen Fertilizers to Reduce a Amônia Volatilization**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. V.39; p. 1737-1743. 2015.

VOLPE, EDIMILSON. et al. Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.228-237, 2008.

ŽALNĖRAVIČIUS, R.; PAŠKEVIČIUS, A.; SAMUKAITĖ-BUBNIENĖ, U.; RAMANAVIČIUS, S.; VILKIENĖ, M.; MOCKEVIČIENĖ, L.; RAMANAVIČIUS, A. **Célula de combustível microbiana baseada em bactérias *Rhizobium anhuiense* fixadoras de nitrogênio.** *Biossensores* 2022 , 12 (2), 113; Disponível em: <https://doi.org/10.3390/bios12020113> Acesso em: 06 mai 2024.

VOGELER, Iris; CICHOTA, Rogerio. Development of an algorithm for relating pasture nitrogen status to yield response curves. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 4, p. 734-742, 2017.