

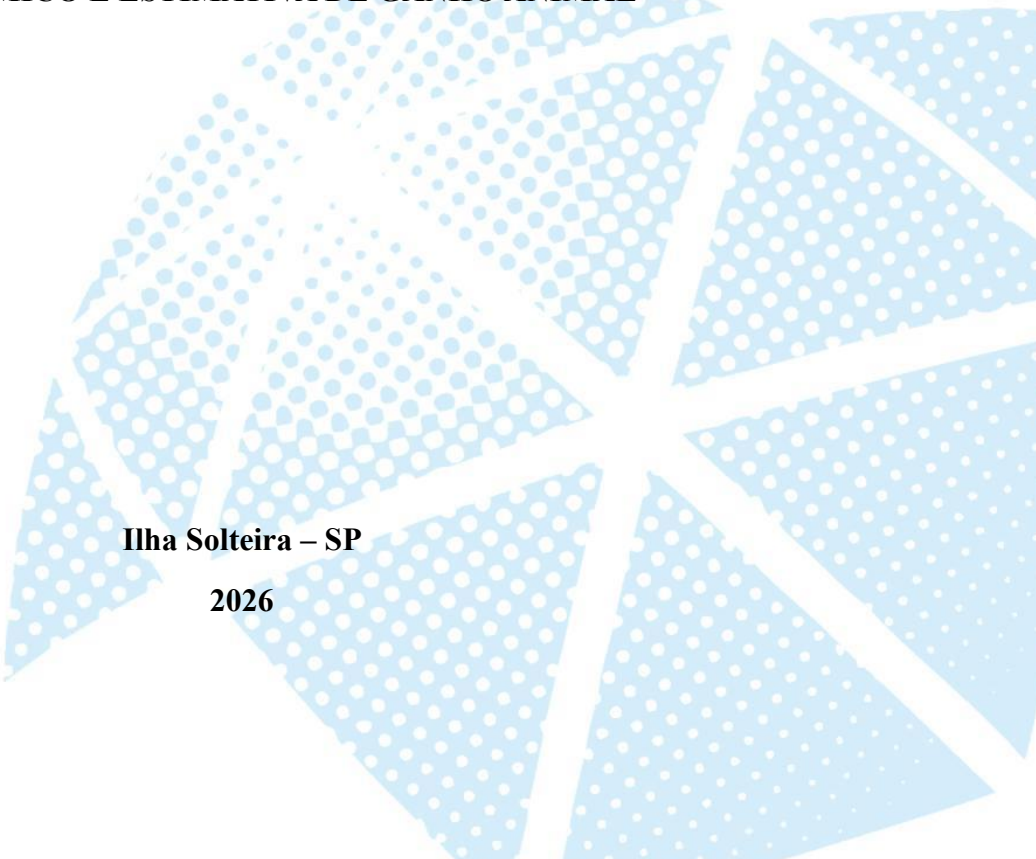
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CAMILI SARDINHA GASPARINI

**COINOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E *Bacillus subtilis* ASSOCIADA
À ADUBAÇÃO FOSFATADA RESIDUAL EM PASTAGEM: DESEMPENHO
AGRONÔMICO E ESTIMATIVA DE GANHO ANIMAL**

Ilha Solteira – SP

2026



CAMILI SARDINHA GASPARINI

**COINOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E *Bacillus subtilis* ASSOCIADA
À ADUBAÇÃO FOSFATADA RESIDUAL EM PASTAGEM: DESEMPENHO
AGRONÔMICO E ESTIMATIVA DE GANHO ANIMAL**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira – UNESP como parte
dos requisitos para obtenção do grau de
Zootecnista.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcelo
Andreotti

Ilha Solteira – SP

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- G249c Gasparini, Camili Sardinha.
Coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* associada à adubação fosfatada residual em pastagem: desempenho agrônômico e estimativa de ganho animal / Camili Sardinha Gasparini. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2026
47 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista. (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2026
- Orientador: Marcelo Andreotti
- Inclui bibliografia
1. Capim-paiaguás. 2. Adubação fosfatada. 3. Produção de forragem. 4. Pecuária sustentável.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ZOOTECNIA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* associada à adubação fosfatada residual em pastagem: desempenho agrônômico e estimativa de ganho animal

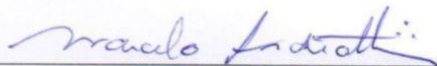
ALUNO: Camili Sardinha Gasparini

RA: 22105252-6

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Presidente (Orientador)



Dra. Naiane Antunes Alves Ribeiro



Prof. Dr. Daniel Montanher Polze

Documento assinado digitalmente



CAMILI SARDINHA GASPARINI
Data: 24/06/2026 14:23:12-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Camili Sardinha Gasparini

Ilha Solteira, 23 de junho de 2026.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Odezio Gasparini Junior (*in memorian*), que não me viu formar, casar ou construir minha casa, mas vive em cada conquista, no brilho discreto de cada vitória, no riso que brota quando lembro da tua voz chamando meu nome.

Tua ausência nunca foi distância, porque o amor vence o tempo, e a saudade é apenas jeito que coração encontra de te manter por perto.

AGRADECIMENTO

Pela graça de transformar o caos em ordem e a confusão em clareza, minha profunda gratidão a Deus.

À minha família, expresso minha mais profunda gratidão por todo amor, apoio e incentivo ao longo dessa trajetória, especialmente nos momentos em que nem eu mesma acreditava em meu potencial. À minha mãe, Glauciene, meu maior exemplo de força, resiliência e determinação, por todos os ensinamentos e por nunca medir esforços para me ajudar a alcançar meus objetivos. À minha irmã, Heloisa, por ser minha fonte constante de motivação e inspiração. Aos meus avós, pelo amor incondicional, carinho e sabedoria, que sempre foram meu porto seguro. Ao meu tio Junior, por acreditar em mim e me mostrar, em todos os momentos, que eu era capaz de superar qualquer desafio.

Ao meu namorado, Victor, agradeço por ter estado ao meu lado durante grande parte da graduação, compartilhando conquistas, dificuldades e aprendizados. Obrigada pelo apoio, pela paciência, pelas palavras de incentivo e por ser minha força nos momentos mais difíceis.

Agradeço também às amigas que construí ao longo dessa jornada universitária. Gabriela, Emanuele, Mariah, Mariane, Nathália, Gabrielly e Maitê, obrigada por tornarem essa trajetória mais leve, divertida e especial. As experiências, conversas, desafios e conquistas compartilhadas com vocês serão lembranças que levarei para toda a vida.

À equipe Andreotti, meu sincero agradecimento por todo o aprendizado proporcionado. Fazer parte desse grupo contribuiu significativamente para meu crescimento pessoal e profissional, além de me ensinar a importância do trabalho em equipe, da dedicação e da construção coletiva do conhecimento. Ao meu orientador, Professor Marcelo Andreotti, agradeço pela confiança, orientação, ensinamentos e apoio ao longo desta etapa tão importante da minha formação acadêmica.

Por fim, agradeço à FEIS/UNESP por todos os anos de aprendizado, crescimento e oportunidades. Esta instituição foi fundamental para minha formação profissional e pessoal, proporcionando experiências que marcaram minha vida de maneira inesquecível. Levo comigo o conhecimento adquirido, as amigas construídas, os desafios superados e o orgulho de fazer parte desta história.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha formação, minha mais sincera gratidão.

RESUMO

A degradação de pastagens representa um dos principais desafios para a pecuária brasileira, especialmente diante da crescente demanda mundial por proteína animal. Nesse contexto, estratégias que promovam a recuperação da fertilidade do solo e o aumento da produtividade das forrageiras tornam-se fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas de produção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito residual da adubação fosfatada e da inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs), *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*, aplicadas de forma isolada ou associada, sobre a produtividade e a composição bromatológica do capim-paiaguás (*Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás), bem como estimar o desempenho animal por meio do modelo Beef Cattle Nutrient Requirements Model (BCNRM 2016). O experimento foi conduzido em Selvíria-MS, em delineamento de blocos casualizados com parcelas subdivididas, considerando duas doses residuais de fósforo (0 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e quatro tratamentos de inoculação. Foram realizadas três avaliações ao longo do período experimental, analisando-se a produção de matéria seca, parâmetros bromatológicos e variáveis relacionadas ao desempenho animal. Os resultados demonstraram que a adubação fosfatada residual e as inoculações influenciaram principalmente a produção de matéria seca, com destaque para a coinoculação de *A. brasilense* e *B. subtilis* em associação ao fósforo residual, que promoveu maiores incrementos produtivos em determinadas épocas de avaliação. O *B. subtilis* também apresentou resultados positivos quando aplicado isoladamente. Em contrapartida, os tratamentos exerceram pouca influência sobre a composição bromatológica da forragem, mantendo valores adequados de proteína bruta, fibras e nutrientes digestíveis totais. Conclui-se que a utilização de fósforo residual associada à inoculação com bactérias promotoras de crescimento apresenta potencial para aumentar a produtividade do capim-paiaguás, contribuindo para sistemas pecuários mais eficientes e sustentáveis.

Palavras-chave: capim-paiaguás; adubação fosfatada; produção de forragem; pecuária sustentável.

ABSTRACT

Pasture degradation is one of the main challenges facing Brazilian livestock production, especially in view of the increasing global demand for animal protein. In this context, strategies that enhance soil fertility recovery and increase forage productivity are essential for the sustainability of production systems. This study aimed to evaluate the residual effect of phosphate fertilization and inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB), *Azospirillum brasilense* and *Bacillus subtilis*, applied individually or in combination, on the productivity and bromatological composition of Paiaguás grass (*Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás), as well as to estimate animal performance using the Beef Cattle Nutrient Requirements Model (BCNRM 2016). The experiment was conducted in Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brazil, using a randomized block design with split plots, considering two residual phosphorus levels (0 and 240 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and four inoculation treatments. Three evaluations were carried out throughout the experimental period, assessing dry matter yield, bromatological parameters, and variables related to animal performance. The results showed that residual phosphate fertilization and bacterial inoculation mainly affected dry matter production, with emphasis on the co-inoculation of *A. brasilense* and *B. subtilis* associated with residual phosphorus, which promoted the greatest productive gains in specific evaluation periods. *Bacillus subtilis* also showed positive effects when applied individually. In contrast, the treatments had little influence on the bromatological composition of the forage, maintaining adequate levels of crude protein, fiber fractions, and total digestible nutrients. It was concluded that the use of residual phosphorus associated with inoculation of plant growth-promoting bacteria has the potential to increase Paiaguás grass productivity, contributing to more efficient and sustainable livestock production systems.

Keywords: Paiaguás grass; phosphate fertilization; forage production; sustainable livestock production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aumento da temperatura média global ao longo do tempo.....	16
Figura 2. Médias mensais de precipitação e temperaturas mínima, média e máxima do período que compreende a pesquisa, maio a setembro de 2025. Selvíria/MS.....	22
Figura 3. Primeira Coleta do capim Paiáguas após consórcio com milho (06/05/2025).	25
Figura 4. Segunda Coleta do capim Paiáguas após consórcio com milho (28/06/2025).	25
Figura 5. Terceira Coleta do capim Paiáguas após consórcio com milho (13/09/2025).	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias de matéria seca, consumo de matéria seca, energia metabolizável, proteína metabolizável e dia disponíveis para consumo do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (06/05/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs	30
Tabela 2. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre a Matéria Seca do capim Paiaguás (coleta em 06/05/2025).	30
Tabela 3. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre os Dias Disponíveis para consumo da forragem do capim Paiaguás (coleta em 06/05/2025)	31
Tabela 4. Médias dos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e nutriente digestíveis totais do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (06/05/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs.....	32
Tabela 5. Médias de matéria seca, consumo de matéria seca, energia metabolizável, proteína metabolizável e dia disponíveis para consumo do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (28/06/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs.....	33
Tabela 6. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre a Matéria Seca do capim Paiaguás (coleta em 28/06/2025).	34
Tabela 7. Médias dos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e nutriente digestíveis totais do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (28/06/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs.....	34
Tabela 8. Médias de matéria seca, consumo de matéria seca, energia metabolizável, proteína metabolizável e dia disponíveis para consumo do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (12/06/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs.....	35
Tabela 9. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre a Matéria Seca do capim Paiaguás (coleta em 12/09/2025).	36
Tabela 10. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre o Consumo de Matéria Seca do capim Paiaguás (coleta em 12/09/2025)	36
Tabela 11. Médias dos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e nutriente digestíveis totais do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (12/09/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs.....	37

Tabela 12. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre o teor de Nutrientes Digestíveis Totais do capim Paiaguás (coleta em 12/09/2025)**38**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. PANORAMA GLOBAL E NACIONAL DA PECUARIA.....	15
2.2. MANEJOS CONSERVACIONISTAS.....	17
2.3. O FÓSFORO COMO NUTRIENTE LIMITANTE EM PASTAGENS TROPICAIS.....	18
2.4. COINOCULAÇÃO COM <i>Azospirillum brasiliense</i> E <i>Bacillus subtilis</i>	19
2.5. MÉTRICAS DE DESEMPENHO ANIMAL.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	21
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	23
3.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E COLETAS.....	24
3.4. DETERMINAÇÃO DA MATERIA SECA INICIAL (MS1)	26
3.5. ANÁLISES BROMATOLÓGICAS.....	28
3.6. SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO ANIMAL.....	28
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5. CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

A produção global de carne bovina atingiu 70 milhões de toneladas (FAO, 2025), enquanto a produção brasileira alcançou 11,8 milhões de toneladas, consolidando o país como um dos principais produtores do setor (ABIEC, 2025). No entanto, o aumento da demanda por proteína animal, também intensifica a pressão sobre os recursos naturais, especialmente em sistemas de produção baseados em pastagens. No Brasil, o sistema extensivo configura-se como o principal modelo de criação de bovinos, tendo as pastagens nativas e cultivadas como base da alimentação do rebanho. Nesse sistema, cerca de 80% da produção de gado de corte é conduzida a pasto, abrangendo as três fases produtivas cria, recria e engorda (Neves et al., 2022). O país conta com aproximadamente 160 milhões de hectares destinados à pecuária, dos quais cerca de 70 milhões apresentam algum grau de degradação (LAPIG, 2023).

No Brasil, as pastagens geralmente se encontram em ambientes naturalmente pobres (solos ácidos e de baixa fertilidade) ou em terras anteriormente esgotadas de nutrientes em consequência do uso agrícola (Carvalho *et al.*, 2017). Devido a esses fatores, é de grande importância uma adubação assertiva para corrigir os nutrientes faltantes (Da Silva Carneiro *et al.*, 2022). A adubação fosfatada auxilia na correção da fertilidade do solo, uma vez que o fósforo (P) desempenha papel fundamental em processos fisiológicos essenciais das plantas, como fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento vegetal (Fathi; Afra, 2023). Dentre os macronutrientes, o fósforo destaca-se como elemento-chave para a produtividade das forrageiras, pois atua diretamente no perfilhamento das gramíneas e na formação do sistema radicular. Dessa forma, a baixa disponibilidade desse nutriente no solo pode comprometer a implantação, o desenvolvimento e a manutenção das pastagens (Oliveira *et al.*, 2023).

A tecnologia de inoculação das culturas com Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCPs), como as do gênero *A. brasilense* e *B. subtilis*, que são microrganismos capazes de promover maior crescimento vegetal e incrementar o desenvolvimento e produtividade das culturas (Pereira *et al.*, 2020) e auxilia na saúde do solo. Estudo de Oliveira *et al.*, (2021) evidenciou que a aplicação de BPCPs vem sendo utilizada em capins do gênero *Brachiaria*. Segundo Bezerra, 2020, o gênero *Urochloa* se destaca nas pastagens devido à sua resistência à cigarrinha-das-pastagens, elevada produção de biomassa, qualidade de forragem e boa cobertura de solo.

O SPD lidera como prática conservacionista, pois esse sistema caracteriza-se pela ausência de revolvimento do solo, associada à manutenção de resíduos vegetais (palhada) sobre sua superfície e à rotação de culturas (Hernani e Salton, 1998). A presença de palhada atua na proteção da superfície do solo, reduzindo processos erosivos, minimizando o impacto direto das gotas de chuva e da radiação solar, além de contribuir para a conservação da umidade e a moderação da temperatura do solo (Qin, *et al.*, 2024). A associação entre o SPD e ILP, proporciona ainda mais benefícios para o solo, em que a prática da ILP consiste na rotação ou consórcio de lavouras e pastagens na mesma área, e juntos têm se mostrado como possíveis alternativas para a restauração de áreas degradadas ou recuperação de pastagens (Soares *et al.*, 2024).

A hipótese testada é a de que a adubação fosfatada promove incremento significativo na produtividade de massa foliar e na qualidade bromatológica da forragem do capim Paiaguás, em comparação à ausência de fósforo, refletindo em maior ganho de peso animal estimado. Adicionalmente, pressupõe-se que a inoculação com as BPCPs, *A. brasilense* e/ou *B. subtilis*, potencializa a eficiência da utilização de nutrientes pelas plantas, elevando a produção de massa foliar e o valor nutritivo da forragem, mesmo em condições de restrição de fósforo, sendo esperado efeito aditivo ou sinérgico quando ambos os inoculantes são aplicados em conjunto. Por fim, admite-se a existência de interação entre o efeito residual da adubação fosfatada e a inoculação microbiana, de modo que os maiores desempenhos produtivos e nutricionais ocorram sob a combinação de fósforo residual e coinoculação.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual da adubação fosfatada aplicada em 2020 e da inoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis*, isoladamente e em associação, sobre a produtividade de massa foliar e a composição bromatológica da forragem sob simulação de pastejo, bem como estimar o ganho de peso animal por meio do modelo nutricional BCNRM 2016.

2. REVISÃO DE LITERATURA

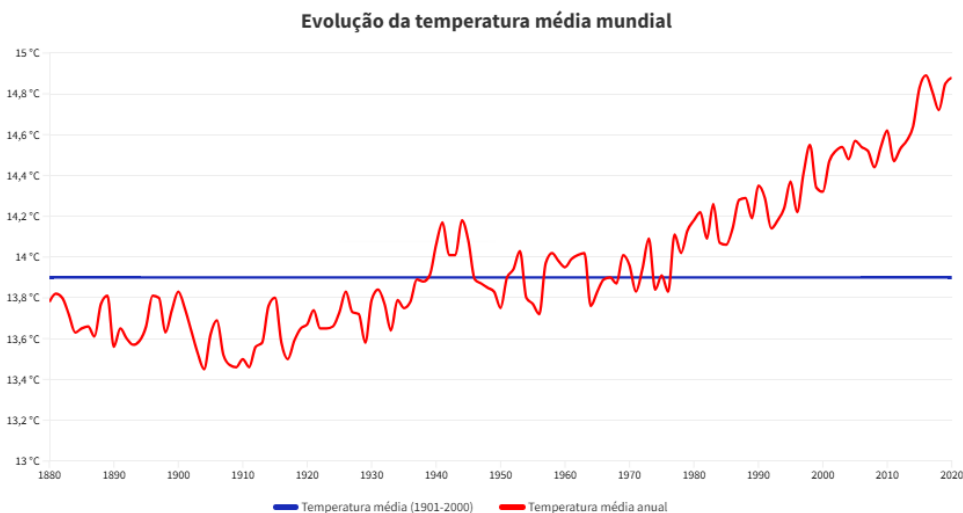
2.1 Panorama Global e Nacional da Pecuária

A produção bovina é uma das atividades pecuárias mais importantes globalmente, desempenhando papéis cruciais na segurança alimentar, na economia rural e no fornecimento de proteína animal para a população mundial. De acordo com a ABIEC (2025), podem ser identificados 1.671 milhão de cabeças bovinas no mundo, produzindo cerca 79 milhões de toneladas de carne. Os Estados Unidos lideram a produção com aproximadamente 12 milhões de toneladas, seguidos pelo Brasil, com cerca de 11,8 milhões de toneladas, e pela China, com 8 milhões de toneladas de carne.

O Brasil ocupa posição de destaque no mercado internacional de carne bovina, desempenhando papel estratégico nas exportações e mantendo a liderança mundial do setor, sendo responsável por aproximadamente 21% da carne bovina comercializada globalmente. Além disso, em 2024, o país deteve o maior rebanho comercial do mundo, correspondendo a cerca de 11,6% do efetivo bovino mundial (ABIEC, 2024). O crescimento da demanda por proteína de origem animal tem impulsionado a intensificação dos sistemas de produção pecuária. Entretanto, esse cenário traz importantes desafios para o setor, destacando-se a degradação das pastagens, que compromete a produtividade das áreas de produção, e as variações climáticas cada vez mais frequentes e intensas, que afetam diretamente o desenvolvimento das forrageiras e o desempenho dos sistemas pecuários.

As variações climáticas vem sendo um fator muito estudado. O IBGE, 2024 aponta que a temperatura mundial subiu 1°C, pois até 1970, a temperatura mundial se manteve em 13°C a partir de 1970, a temperatura se manteve em 14°C (Figura 1).

Figura 1. Aumento da temperatura média global ao longo do tempo



Fonte: NOAA. National Centers for Environmental Information. Climate at a Glance: global time series, 1880-2020. Boulder: National Oceanic and Atmospheric Administration, NCEI, 2021. Elaborado por IBGE.

Apesar de aparentemente ser um valor pequeno, já foram visíveis os efeitos do aquecimento global, principalmente nas produções agropecuárias; pois com a falta de padrões na temperatura, regime de chuvas e circulação de ar atmosférico que ocorrem no planeta Terra, vêm se agravando os fenômenos climáticos extremos ao longo das últimas décadas. Estas transformações podem ser naturais ou provocadas pelo ser humano, assim, agriculturas e produções animais intensivas, prejudicam os solos, levando ao seu esgotamento, e acentuando a sua degradação (IBGE, 2024).

Sob esta perspectiva, produtores vêm se aprimorando com melhoramentos genéticos para o seu rebanho, escolhendo raças mais resistentes a fatores climáticos e mais rústicos diante das adversidades. Estudos demonstram que a raça *Bos taurus indicus*, conhecida popularmente como nelore, proveniente da Índia e de origem zebuína, apresenta características genéticas que favorecem sua adaptação às condições tropicais, destacando-se a pele pigmentada e a pelagem clara. Esses atributos contribuem para o equilíbrio térmico dos animais, proporcionando maior proteção contra a radiação ultravioleta e favorecendo a reflexão da luz solar, o que reduz a absorção de calor e melhora o conforto térmico (Oliveira *et al.*, 2002). Em função desses e de outros fatores, o rebanho de nelore hoje corresponde à maior parte do gado zebuíno no país, representando, pura ou cruzada, aproximadamente 80% do rebanho brasileiro, sendo a raça de corte mais importante para o país (Malheiros, 2021).

Diante desse cenário de intensificação da produção pecuária e dos desafios relacionados à degradação das pastagens e às variações climáticas, torna-se fundamental a adoção de estratégias que promovam maior eficiência produtiva nos sistemas agropecuários. Nesse contexto, os manejos conservacionistas surgem como importantes alternativas para a recuperação e a manutenção da qualidade do solo, contribuindo para o aumento da produtividade das pastagens, melhor aproveitamento dos recursos naturais e maior estabilidade dos sistemas de produção animal (Dias Filho, 2023).

2.2 Manejos Conservacionistas

Um dos principais manejos conservacionistas é o SPD, que segue três pilares fundamentais: o não revolvimento do solo (restrito à linha de semeadura ou às covas para mudas), a cobertura permanente do solo (plantas vivas ou palhadas) e a diversificação de plantas na rotação de cultivos. Trata-se, portanto, de um sistema complexo que, de modo geral, aumenta a produtividade e traz diversos benefícios para a planta e o solo (FEBRAPDP).

A rotação de culturas constitui uma das principais práticas do SPD, proporcionando inúmeros benefícios à qualidade do solo. Entre suas principais vantagens, destacam-se o aumento e a reposição da matéria orgânica, a proteção da superfície do solo contra o impacto das gotas de chuva e da radiação solar intensa, a conservação da umidade e a maior eficiência no aproveitamento de fertilizantes e ciclagem de nutrientes (Silva *et al.*, 2022). Além de promover a diversificação de espécies cultivadas, a rotação de culturas contribui para a redução da incidência de pragas e doenças, uma vez que muitas delas apresentam especificidade para determinadas culturas. Essa prática também pode atuar como uma estratégia biológica de descompactação do solo, desde que sejam utilizadas espécies com elevada produção de biomassa e sistema radicular vigoroso e profundo (Vanderhasselt *et al.*, 2024). Estudos demonstram que raízes agressivas e bem desenvolvidas favorecem a formação de bioporos, aumentam a porosidade do solo e melhoram a infiltração de água, a aeração e a disponibilidade de nutrientes, proporcionando condições mais adequadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas (Bodner *et al.*, 2021).

Outro importante sistema de manejo conservacionista, amplamente adotado no Brasil, é a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), que consiste na combinação planejada das atividades agrícolas e pecuárias em uma mesma área, de forma simultânea, em sucessão

ou em rotação. Esse sistema pode ser estruturado de diferentes maneiras, variando quanto à sequência de espécies cultivadas, às estratégias de implantação e ao período de alternância entre as fases agrícola e pecuária (Salton *et al.*, 2014).

De modo geral, a ILP tem sido amplamente utilizada como estratégia para a recuperação de pastagens degradadas, promovendo a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, esse sistema reúne os benefícios característicos dos manejos conservacionistas, como o aumento da matéria orgânica, a maior ciclagem de nutrientes, a melhoria da estrutura e da infiltração de água no solo, o incremento da atividade biológica e o uso mais eficiente dos recursos naturais, contribuindo para o aumento da produtividade (A Swanepoel, 2025). Associado às práticas de manejo conservacionista, o uso adequado da adubação fosfatada representa uma estratégia complementar de grande importância para a melhoria da fertilidade do solo e para o aumento da produtividade das culturas e pastagens. Nesse contexto, o fósforo destaca-se como um nutriente essencial ao desenvolvimento vegetal, especialmente por favorecer o crescimento radicular e o estabelecimento das plantas, potencializando os benefícios proporcionados pelos sistemas conservacionistas (Silva *et al.*, 2022).

2.3 O fósforo como nutriente limitante em pastagens tropicais

O fósforo (P) é um dos principais limitantes na produtividade das culturas, principalmente na produção de pastagens tropicais, devido ao fato dos solos tropicais possuírem baixo estoque de P natural e serem altamente intemperizados nessas regiões (Serra *et al.*, 2017). Esse nutriente desempenha funções essenciais no metabolismo vegetal, atuando na transferência de energia e na constituição de importantes moléculas, como DNA e RNA, além de participar diretamente dos processos de crescimento e fotossíntese das plantas, sendo, portanto, fundamental para o adequado desenvolvimento vegetal (Lima, 2020).

O P encontra-se no solo em diferentes formas químicas, sendo geralmente dividido em duas frações principais: fósforo orgânico (Po) e fósforo inorgânico (Pi). A disponibilidade desse nutriente para as plantas está diretamente relacionada à sua labilidade, ou seja, à facilidade com que o P pode ser liberado para a solução do solo. Com base nessa característica, o P pode ser classificado em formas lábeis, consideradas prontamente disponíveis às plantas; moderadamente lábeis, com disponibilidade

intermediária; e não lábeis, que apresentam baixa disponibilidade devido à forte retenção às partículas do solo (Serra *et al.*, 2018).

A fixação do P no solo é um dos principais fatores que limitam a disponibilidade desse nutriente para as plantas, uma vez que o P pode se ligar fortemente aos colóides do solo, tornando-se pouco disponível na solução. O P em formas não lábeis ou moderadamente lábeis encontra-se adsorvido, principalmente, às superfícies de oxi-hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), formando ligações de elevada estabilidade e, em muitos casos, quase irreversíveis. Esse processo ocorre com maior intensidade nos solos tropicais brasileiros, que são altamente intemperizados e apresentam elevada acidez e altos teores de Fe e Al em sua composição mineralógica (Gatiboni *et al.*, 2007).

Diante desse cenário de baixa disponibilidade natural de fósforo nos solos tropicais, estratégias que visem aumentar a eficiência de utilização desse nutriente tornam-se essenciais. Nesse sentido, atualmente, vem sendo muito estudado o uso de bactérias solubilizadoras de fósforo, que convertem formas insolúveis de P do solo em fósforo disponível para as plantas, ajudando a reduzir a dependência de adubos fosfatados minerais e aumentando a produtividade das culturas (Timofeva *et al.*, 2022). *A. brasilense* e *B. subtilis* são duas rizobactérias promotoras do crescimento vegetal que têm despertado grande interesse entre pesquisadores e agricultores devido ao seu potencial uso na agricultura como biofertilizantes e promotores de crescimento vegetal (Aijaz *et al.*, 2024).

2.4 Coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*

As Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCPs) dos gêneros *A. brasilense* e *B. subtilis* são amplamente reconhecidas na agricultura por sua capacidade de colonizar a rizosfera e estimular o desenvolvimento das plantas por meio de mecanismos diretos e indiretos (Kechid *et al.*, 2023). O uso dessas bactérias visa otimizar a produtividade das culturas, amenizar deficiências nutricionais e reduzir a dependência de fertilizantes minerais e de defensivos inorgânicos, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis (Ferreira *et al.*, 2019).

A espécie *A. brasilense* atua significativamente no desenvolvimento radicular das plantas por meio da síntese de fitormônios, especialmente auxinas como o ácido indolacético (Felici *et al.*, 2008). Esse mecanismo altera a morfologia das raízes, aumentando a densidade de pelos radiculares e a ramificação lateral, o que facilita o

acesso da planta à água e aos nutrientes pouco móveis como o fósforo. Além de sua conhecida capacidade de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), a inoculação com *A. brasilense* tem demonstrado benefícios na mitigação de estresses abióticos, como a seca, ao modular a arquitetura radicular e estimular a produção de pigmentos fotossintéticos (Yaadesh *et al.*, 2023).

Por outro lado, o *B. subtilis* é reconhecido por suas propriedades de biofertilização e por atuar como biocontrolador de diversos fungos fitopatogênicos, devido à produção de metabólitos antifúngicos, como a iturina A2 (Felici *et al.*, 2008). Essa bactéria também desempenha papel crucial na solubilização de fosfatos inorgânicos, tornando o P (elemento muitas vezes fixado ao solo e indisponível) acessível para a absorção pelas plantas (Rosa *et al.*, 2020). Além disso, a produção de citocininas pelo *B. subtilis* pode aumentar a massa seca da parte aérea e auxiliar na resistência a condições de estresse hídrico.

A associação entre *A. brasilense* e *B. subtilis* busca criar um efeito sinérgico, em que as capacidades metabólicas de ambas as espécies se complementam. Como demonstra o estudo de Terra (2024) com o capim-marandu (*Urochloa brizantha*), a coinoculação superou os tratamentos isolados, gerando incrementos de até 57% na altura das plantas e 60% na massa seca da parte aérea, em relação ao controle não inoculado. O consórcio bacteriano também melhorou a eficiência fotossintética, evidenciada pelo aumento da fluorescência máxima da clorofila e da taxa de transporte de elétrons.

Dessa forma, a coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis* apresenta potencial para promover melhorias no desenvolvimento das forrageiras, favorecendo maior produção de biomassa e melhor aproveitamento de nutrientes. Essas alterações podem influenciar diretamente a qualidade nutricional da forragem produzida e, consequentemente, impactar o desempenho animal em sistemas de produção a pasto (Rodrigues *et al.*, 2022).

2.5 Métricas de desempenho animal

As métricas de desempenho animal constituem um dos principais indicadores de eficiência nos sistemas de produção pecuária, especialmente em sistemas de recria a pasto, nos quais a qualidade e a disponibilidade da forragem exercem influência direta sobre a produtividade dos animais (Thompson *et al.*, 2021). Nesse contexto, indicadores como consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD) e eficiência alimentar

são amplamente utilizados para avaliar a resposta animal frente às diferentes estratégias de manejo nutricional e à qualidade bromatológica das dietas fornecidas (Uskenov *et al.*, 2024). Essas variáveis permitem compreender o aproveitamento dos nutrientes ingeridos e estimar o potencial produtivo dos sistemas de produção.

O consumo de matéria seca (CMS) corresponde à quantidade de alimento ingerida pelo animal, desconsiderando o teor de água presente na dieta, sendo considerado um dos principais fatores determinantes do desempenho produtivo. O CMS está diretamente relacionado às exigências nutricionais dos animais, à digestibilidade da forragem e às características químicas da dieta, especialmente aos teores de fibra e proteína. Além disso, o consumo de água exerce papel fundamental nesse processo, uma vez que a ingestão hídrica está intimamente associada ao consumo de alimento e ao adequado funcionamento dos processos metabólicos e digestivos. Dessa forma, alterações na qualidade nutricional das forrageiras podem influenciar diretamente o consumo de matéria seca e, conseqüentemente, o desempenho dos bovinos (Madilindi *et al.*, 2022; Wahyuningsih e Mayulu, 2025).

O ganho médio diário (GMD) representa o incremento de peso corporal do animal em um determinado período, sendo amplamente utilizado como indicador de produtividade em sistemas de recria e terminação (MacNeil *et al.*, 2021). Essa variável sofre influência de fatores genéticos, ambientais, sanitários e nutricionais, destacando-se a qualidade da dieta como um dos principais determinantes do desempenho animal (Boval, Edouard, Suavant, 2015). Dietas com melhor valor nutricional tendem a proporcionar maiores taxas de ganho de peso e melhor desenvolvimento dos animais.

Enquanto, a eficiência alimentar refere-se à capacidade do animal de converter os nutrientes consumidos em ganho de peso corporal. Em sistemas de produção bovina, animais mais eficientes apresentam maior desempenho utilizando menor quantidade de alimento, fator de grande relevância econômica e produtiva (Ojo *et al.*, 2024).

Em suma, a integração dessas métricas permite uma visão abrangente da produtividade animal: enquanto o CMS constitui o alicerce nutricional e o GMD quantifica o crescimento, a eficiência alimentar determina o sucesso do sistema em converter insumos vegetais em proteína animal (Oliveira *et al.*, 2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

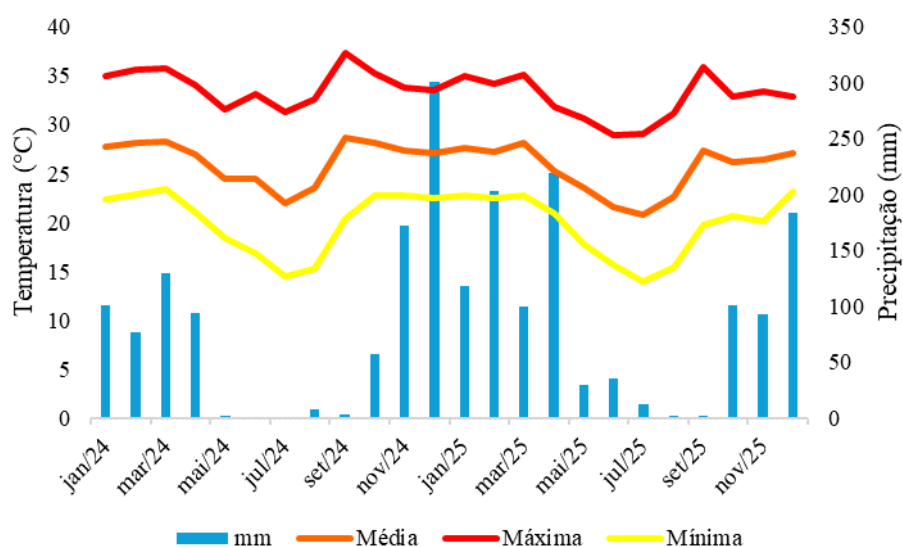
3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria/MS, sob as coordenadas geográficas 20°18'S e 51°22'W e altitude de 370 m, dentro do bioma Cerrado.

A área experimental é manejada sob sistema de plantio direto desde 2004, apresentando histórico consolidado de manejo conservacionista. Durante esse período, foram realizadas adubações fosfatadas apenas nos anos de 2013 e 2020, permitindo a avaliação do efeito residual desse nutriente em um sistema agrícola estabilizado. Em razão do longo período de adoção do sistema de plantio direto, a área apresenta maior estabilidade dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, caracterizando um ambiente nutricionalmente equilibrado.

O relevo da área é caracterizado como moderadamente plano, com solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2018). O tipo climático é o Aw, segundo a classificação de Köppen, descrito como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual é de 1370 mm e a temperatura média, de 23,5 °C (Hernandez; Lemos-Filho; Buzetti, 1995). Durante a condução do experimento foram coletados os dados climáticos junto à estação meteorológica instalada na FEIS (Figura 2)

Figura 2. Médias mensais de precipitação e temperaturas mínima, média e máxima do período que compreende a pesquisa, maio a setembro de 2025. Selvíria/MS



Fonte: adaptado pela própria autora. Estação meteorológica do laboratório de irrigação e drenagem localizado na FE/Unesp-Ilha Solteira.

3.2. Delineamento experimental

A área experimental foi instalada sob delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema de parcelas subdivididas (*split plot*), em que o fator inoculação constituiu a parcela principal, com quatro níveis: inoculação com *A. brasilense*, inoculação com *B. subtilis*, coinoculação (*A. brasilense* + *B. subtilis*) e controle (não inoculado). O fator residual da adubação fosfatada constituiu a subparcela, com dois níveis: 0 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados em 2020. Foram utilizadas três repetições (blocos), totalizando 24 unidades experimentais. Cada unidade experimental (parcela) possuiu 3,2 m de largura e 5 m de comprimento, perfazendo uma área total de 16 m² por parcela.

A inoculação com *A. brasilense* foi realizada nas sementes de milho, foram inoculadas com inoculante líquido comercial, contendo as estirpes Ab-V5 e Ab-V6, com concentração declarada de $1,0 \times 10^8$ unidades formadoras de colônia (UFC) por mililitro. A inoculação foi realizada momentos antes da semeadura, utilizando-se betoneira para homogeneização, em ambiente sombreado, sem adição de adesivos ou polímeros. A dose empregada foi de 300 mL do inoculante para cada 30 kg de sementes, correspondendo a 10 mL kg⁻¹ de semente e a uma dose final de $1,0 \times 10^8$ UFC kg⁻¹ de semente (equivalente a aproximadamente $3,0 \times 10^5$ UFC por semente, considerando o peso médio de mil sementes de 300 g). Esta dose está em conformidade com a recomendação técnica estabelecida para inoculação de *A. brasilense* visando a promoção de crescimento e incremento de produtividade na cultura do milho (Hungria *et al.*, 2010).

A aplicação de *B. subtilis* foi realizada via sulco de semeadura, utilizando-se pulverizador costal pressurizado equipado com bico direcionado ao sulco. A calda foi preparada na concentração de 0,3% (v/v), correspondendo a 3 mL do produto comercial (2×10^8 endósporos viáveis mL⁻¹) por litro de água. O volume de calda aplicado foi de 350 L ha⁻¹, totalizando uma dose de 1,05 L ha⁻¹ do inoculante, equivalente a $2,1 \times 10^{11}$ endósporos viáveis ha⁻¹. Esta dose está de acordo com as recomendações técnicas para inoculação de *B. subtilis* visando a promoção de crescimento de plantas (Araujo, 2008).

O experimento foi conduzido em sistema de consórcio entre milho (*Zea mays* L.) e capim-paiaguás (*Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás). A semeadura foi realizada no dia 12 de novembro de 2024, utilizando-se semeadora-adubadora equipada para plantio direto. O milho foi semeado no espaçamento de 0,45 m entre fileiras, com densidade

populacional de 70.000 plantas ha^{-1} (aproximadamente 3,2 plantas por metro linear). O capim-paiaguás foi semeado em linhas intercaladas às fileiras do milho, em sulcos independentes, na densidade de 5 kg ha^{-1} de sementes puras viáveis. A adubação de base foi realizada no momento da semeadura, com a aplicação de 294 kg ha^{-1} do formulado NPK 20-00-20, depositado no sulco de semeadura do milho. A adubação de cobertura foi realizada com 500 kg ha^{-1} do mesmo formulado NPK 20-00-20, aplicada em superfície ao lado das fileiras do milho, conforme recomendações técnicas para a cultura.

3.3. Condução do experimento e coletas

As atividades de campo tiveram início em 04/04/2025, logo após a colheita do milho consorciado com *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás. A primeira amostragem ocorreu em 06/05/2025 (32 dias após a colheita do milho), momento em que o capim Paiaguás atingiu a altura pré-determinada de 30 a 40 cm. Utilizou-se a técnica de simulação de pastejo, respeitando-se o resíduo de 15 cm de altura em relação ao solo. A coleta contemplou 24 amostras, abrangendo as combinações entre os níveis de adubação fosfatada (0 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5) e os quatro níveis de inoculação. A coleta foi realizada com auxílio de cutelo, por duas equipes de três pessoas, utilizando-se um quadrado de metal de 1 m^2 para delimitação da área amostral, o que permitiu a realização de duas coletas simultâneas (Figura 3). O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e encaminhado ao barracão para pesagem da massa verde. Em seguida, retirou-se uma subamostra de cada amostra, a qual foi destinada às análises bromatológicas em laboratório.

Em 12/05/2025, realizou-se o manejo da área experimental com roçadora mecanizada (triton) a 15 cm de altura, com retirada da biomassa, para simulação de pastejo e uniformização da área. Após 47 dias desse manejo, em 28/06/2025, foi realizada a segunda coleta (Figura 4), seguindo-se a mesma metodologia da primeira: uso de cutelos e quadrado de metal de 1 m^2 , respeitando-se a altura de entrada de 30 a 40 cm e o resíduo de pastejo de 15 cm em relação ao nível do solo. No dia 01/07/2025, a área foi novamente submetida ao manejo com roçadora mecanizada a 15 cm de altura, com retirada da biomassa, para simulação de pastejo e uniformização.

A terceira e última coleta de campo foi realizada em 13/09/2025, 76 dias após o manejo da segunda coleta. O maior intervalo entre a segunda e a terceira coletas deveu-se à ocorrência de estiagem severa no período, que retardou o crescimento do capim até

que este atingisse a altura ideal de 30 a 40 cm, conforme preconizado pela metodologia. A coleta foi realizada da mesma maneira que as anteriores (Figura 5), utilizando-se cutelos para simulação do pastejo e quadrado de 1 m² para delimitação da área de coleta.

Figura 3: Primeira Coleta do capim Paiáguas após consórcio com milho (06/05/2025)



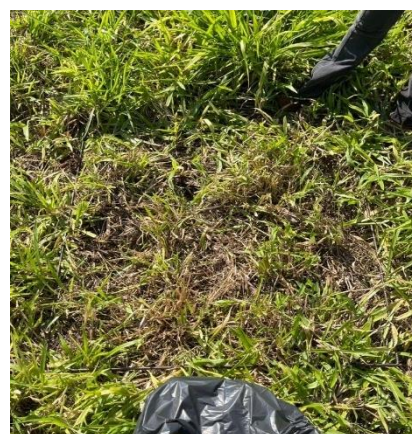
Fonte: Própria autora.

Figura 4: Segunda Coleta do capim Paiáguas após consórcio com milho (28/06/2025)



Fonte: Própria autora.

Figura 5: Terceira Coleta do capim Paiáguas após consórcio com milho (13/09/2025)



Fonte: Própria autora.

Após cada coleta de campo, as subamostras foram encaminhadas ao laboratório para determinação da matéria seca inicial (MS1) e posterior moagem da biomassa, visando ao envio para as análises laboratoriais. O procedimento foi padronizado e aplicado de forma idêntica às três coletas realizadas ao longo do experimento.

3.5. Análises bromatológicas

As análises bromatológicas foram realizadas com o objetivo de avaliar a composição química e nutricional da forragem, incluindo a determinação de matéria seca inicial (MS1), matéria seca a 105 °C (MS2), matéria seca final, cinzas, extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, hemicelulose e proteína bruta (PB). Após a determinação da matéria seca inicial e a moagem das amostras, o material foi encaminhado ao Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista (UNESP/FEIS), onde foram conduzidas as análises.

Para a determinação da MS1, foram retiradas subamostras de aproximadamente 90 a 120 g de massa verde, cujo peso foi registrado em planilhas. Em seguida, o material foi acondicionado em bandejas de alumínio previamente pesadas (tara conhecida) e levado à estufa de circulação forçada de ar, mantida a 65 °C por período de 27 aproximadamente 72 horas. Após esse período, as amostras foram novamente pesadas, sendo a matéria seca inicial obtida pela diferença entre a massa final e a tara da bandeja.

A determinação da matéria seca a 105 °C (MS2) foi realizada utilizando-se 1,0 g de amostra moída, acondicionada em cadinhos previamente pesados. Os cadinhos foram mantidos em estufa a 105 °C por, no mínimo, 8 horas. Após a secagem, foram resfriados em dessecador e novamente pesados. A diferença entre a massa inicial e a final correspondeu ao teor de MS2. Em seguida, os cadinhos contendo as amostras foram submetidos à mufla a 600 °C por 3 horas para determinação do teor de cinzas. Após o resfriamento, o resíduo mineral remanescente foi pesado, e o teor de matéria mineral foi calculado com base na massa seca da amostra. A matéria seca final foi obtida pela multiplicação do percentual de MS1 pelo percentual de MS2, dividindo-se o resultado por 100.

Os teores de FDN e FDA foram determinados conforme o método de Van Soest (1991). Para cada análise, 0,5 g de amostra moída foi acondicionado em sacos de TNT previamente pesados e submetido à digestão em bloco digestor com solução detergente

neutra ou ácida, respectivamente, por 60 minutos após o início da ebulição. Em seguida, os sacos foram lavados com água quente e acetona, secos em estufa a 105 °C por, no mínimo, 8 horas, resfriados em dessecador e pesados. Os resultados foram calculados em relação à massa seca da amostra (Silva; Queiroz, 2002).

A determinação do teor de lignina foi realizada pelo método de Klason, utilizando-se o resíduo obtido na análise de FDA. Os sacos contendo as amostras foram submetidos à digestão com ácido sulfúrico a 72% por 3 horas, com agitação periódica. Após esse período, o material foi lavado em água quente até a completa remoção do ácido, seco em estufa, pesado e posteriormente incinerado em mufla a 600 °C por 3 horas. A lignina foi calculada pela diferença entre a massa do resíduo após o tratamento com ácido e a massa das cinzas remanescentes. O teor de celulose foi obtido pela diferença entre os valores de FDA e lignina, enquanto o teor de hemicelulose foi calculado pela diferença entre FDN e FDA (Silva; Queiroz, 2002).

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl. O princípio do método baseia-se na transformação do nitrogênio orgânico em sulfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, por meio de digestão com ácido sulfúrico concentrado e catalisadores. Posteriormente, o sulfato de amônio foi decomposto com hidróxido de sódio, liberando amônia (NH_3), a qual foi fixada por solução de ácido bórico e, em seguida, titulada com HCl 0,05 N na presença de indicador ácido/base, até a formação de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. O teor de proteína bruta foi calculado multiplicando-se o teor de nitrogênio total pelo fator de conversão 6,25 (Teixeira Filho *et al.*, 2021)

Para estimar os teores de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), foi utilizada a equação proposta por Kearl (1982), amplamente empregada na nutrição de ruminantes para estimar o valor energético dos alimentos a partir de sua composição bromatológica. O cálculo foi realizado com base nos teores de carboidratos não fibrosos (CNF), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro livre de proteína (FDN_{lpb}) e lignina (Lig), conforme a equação:

$$\text{NDT (\%)} = (0,98 \times \text{CNF}) + (0,93 \times \text{PB}) + 2,25 \times (\text{EE}-1) + 0,75 \times (\text{FDN}_{\text{lpb}} - \text{Lig}) \times [1 - (\text{Lig}/\text{FDN}_{\text{lpb}})^{0,667}] - 7$$

Essa equação permite estimar o valor energético da forragem a partir de parâmetros obtidos nas análises bromatológicas (Kearl, 1982).

3.6. Simulação de desempenho animal

Para a simulação do desempenho animal, foi utilizado o *software Beef Cattle Nutrient Requirements Model 2016* (BCNRM 2016), um programa desenvolvido em plataforma Microsoft Excel e baseado nas recomendações do *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine* (anteriormente NRC) para bovinos de corte. O modelo permite estimar o consumo de matéria seca, as exigências nutricionais e o desempenho animal a partir da composição bromatológica dos alimentos e das características dos animais, sendo amplamente utilizado na formulação e avaliação de dietas.

Para a execução das simulações, foram inseridas no programa informações referentes à raça, peso corporal inicial, sexo, categoria animal e meta de desempenho. Foram considerados animais da raça Nelore puro, machos não castrados, com 8 meses de idade, peso corporal inicial de 230 kg e peso final de 300 kg, representando a fase de recria. Com base nesses parâmetros e nos resultados das análises bromatológicas das forragens produzidas em cada tratamento, o programa estimou o potencial de desempenho dos animais, incluindo o consumo de matéria seca e o ganho médio diário.

Para cada tratamento experimental, foi formulada uma dieta específica, substituindo-se os valores bromatológicos conforme os resultados obtidos em cada combinação de adubação fosfatada e inoculação. Dessa forma, foram realizadas 72 simulações nutricionais do pasto, correspondentes às 3 coletas e a cada uma das 24 unidades experimentais avaliadas. Os resultados gerados pelo BCNRM 2016 foram utilizados para comparar o potencial de desempenho animal em função das alterações na qualidade nutricional das forragens produzidas em cada tratamento. Além disso, foi estimado o período de consumo da forragem produzida em cada tratamento, considerando um lote hipotético de 100 animais. Para essa estimativa, utilizou-se a produção total de matéria seca da área, dividida pelo consumo de matéria seca predito para os animais. Posteriormente, o valor obtido foi dividido pelo número de animais considerados no sistema, permitindo estimar o tempo de permanência do lote em cada tratamento.

3.7. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) considerando o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas

subdivididas, no qual o fator inoculação (parcela) e o fator adubação fosfatada (subparcela) foram tratados como efeitos fixos, e os blocos, como efeito aleatório.

Previamente à ANOVA, os dados foram submetidos à verificação dos pressupostos de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (teste de Levene). Uma vez atendidos os pressupostos, procedeu-se à análise de variância. Quando constatada significância ($p \leq 0,05$) para o fator inoculação ou para a interação entre os fatores, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator adubação fosfatada, por possuir apenas dois níveis, a comparação foi realizada diretamente pelo teste F da ANOVA, sendo a diferença entre as médias considerada significativa quando $p \leq 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados referem-se às avaliações realizadas nas coletas de 06/05/2025, 28/06/2025 e 12/09/2025, considerando doses residuais de fósforo (0 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e diferentes estratégias de inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*. Ressalta-se que o experimento foi conduzido em uma área manejada há aproximadamente 20 anos sob sistema de plantio direto, condição que proporciona maior estabilidade dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, caracterizando um ambiente nutricionalmente equilibrado. Dessa forma, as respostas observadas refletem a interação dos tratamentos em um sistema de produção consolidado, no qual os efeitos do manejo são menos influenciados por limitações relacionadas à fertilidade do solo.

Na coleta realizada em 06/05/2025 (Tabela 1), verificou-se efeito significativo das doses de fósforo residual sobre a produção de matéria seca (MS) e sobre o número de dias de consumo (DDC). A dose residual de 240 kg ha⁻¹ proporcionou maior produção de matéria seca em relação à testemunha sem fósforo. Entre as inoculações, o tratamento AzosBac proporcionou maior produção de MS, enquanto o tratamento apenas com *A. brasilense* apresentou os menores valores. Houve interação significativa entre fósforo e inoculação para MS e DDC, demonstrando que a resposta das inoculações foi dependente da disponibilidade residual de fósforo no solo.

Tabela 1. Médias de matéria seca (MS), consumo de matéria seca (CMS), energia metabolizável (EM), proteína metabolizável (PM) e dias disponíveis para consumo (DDC) do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (06/05/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs.

Tratamentos	MS kg ha ⁻¹	CMS kg dia ⁻¹	EM kg dia ⁻¹	PM kg dia ⁻¹	DDC Dia
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
0	976	5,9	0,23	0,44	1,5
240	1241	5,9	0,16	0,40	2,1
Inoculações					
AzosBac	1435	5,9	0,16	0,39	2,4
Azos	637	5,9	0,24	0,45	1,2
Bac	1095	5,9	0,19	0,42	1,4
Test	1266	5,9	0,24	0,41	2,4
Teste Tukey - (P)	0,002 ^{**}	0,090 ^{ns}	0,072 ^{ns}	0,240 ^{ns}	0,049 ^{**}
Teste Tukey - (Inoculações)	0,0001 ^{**}	0,773 ^{ns}	0,593 ^{ns}	0,496 ^{ns}	0,012 ^{**}
P x I	0,0001 ^{**}	0,110 ^{ns}	0,163 ^{ns}	0,178 ^{ns}	0,017 ^{**}
CV (%)	16,56	0,73	47,69	19,06	37,75

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Onde: ^{**} e ^{*}: significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente e ^{ns}: não significativo. Controle: sem inoculação; Azo: inoculação com *Azospirillum brasilense*; Bac: inoculação com *Bacillus subtilis*; Azo+Bac: coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis*. P₂O₅ (0): sem adubação fosfatada residual; P₂O₅ (240): com adubação fosfatada residual de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. CV: coeficiente de variação.

No desdobramento da interação para MS (Tabela 2), observou-se que o tratamento AzosBac associado à dose de 240 kg ha⁻¹ propiciou a maior produção de matéria seca, alcançando 1956 kg ha⁻¹, destacando-se dos demais tratamentos.

Tabela 2. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre a Matéria Seca do capim Paiaguás (coleta em 06/05/2025)

Tratamentos	Inoculação			
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	AzosBac	Azos	Bac	Test
MS (kg ha ⁻¹)				
0	914B	845A	988	1155
240	1956Aa	430Bc	1201b	1377b

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No desdobramento da interação para o DDC, o tratamento AzosBac com 240 kg ha⁻¹ também apresentou os maiores valores (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre os Dias Disponíveis para consumo da forragem do capim Paiaguás (coleta em 06/05/2025).

Tratamento	Inoculação			
	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	AzosBac	Azos	Bac
DDC (Dia)				
0	1,3B	1,2	1,3	2,4
240	3,6Aa	1,2b	1,4b	2,3ab

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados de produtividade de matéria seca, indicam que a associação entre *A. brasilense* e *B. subtilis* pode potencializar o aproveitamento do fósforo residual, favorecendo o desenvolvimento das gramíneas e aumentando a produção de biomassa. O efeito positivo, provavelmente, está relacionado à maior exploração radicular e à melhoria da disponibilidade de nutrientes promovida pelos microrganismos. O *A. brasilense* estimula a produção de fitormônios que favorecem a solubilização do fósforo indisponível no solo e auxiliam no desenvolvimento do sistema radicular (Freitas *et al.*, 2019), enquanto o *B. subtilis* solubiliza fosfatos inorgânicos na rizosfera, aumentando a disponibilidade desse nutriente limitante (Embrapa, 2021). O maior crescimento radicular promovido por esses microrganismos amplia a área de absorção de água e nutrientes, resultando em plantas mais vigorosas e produtivas (Agroadvance, 2025).

Para os parâmetros bromatológicos do capim Paiaguás avaliados na coleta de 06/05/2025 (PB, FDN, FDA, lignina e NDT) (Tabela 4), não foram observadas diferenças significativas entre as doses de fósforo, inoculações ou interação entre os fatores. Os valores permaneceram relativamente estáveis entre os tratamentos.

Tabela 4. Médias dos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e nutriente digestíveis totais (NDT) do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (06/05/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs

Tratamentos	PB % MS	FDN % MS	FDA % MS	LIG % MS	NDT % MS
Doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹)					
0	12	62	35	4	64
240	12	63	36	4	62
Inoculações					
AzosBac	11	64	37	4	62
Azos	13	62	34	4	64
Bac	12	62	35	4	63
Test	11	63	36	4	63
Teste Tukey - (P)	0,542 ^{ns}	0,222 ^{ns}	0,198 ^{ns}	0,130 ^{ns}	0,051 ^{ns}
Teste Tukey - (Inoculações)	0,231 ^{ns}	0,610 ^{ns}	0,335 ^{ns}	0,412 ^{ns}	0,540 ^{ns}
P x I	0,491 ^{ns}	0,113 ^{ns}	0,163 ^{ns}	0,150 ^{ns}	0,217 ^{ns}
CV (%)	16,11	4,31	7,65	17,58	2,61

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Onde: ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente e ^{ns}: não significativo. Controle: sem inoculação; Azo: inoculação com *Azospirillum brasilense*; Bac: inoculação com *Bacillus subtilis*; Azo+Bac: coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis*. P₂O₅ (0): sem adubação fosfatada residual; P₂O₅ (240): com adubação fosfatada residual de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. CV: coeficiente de variação.

A ausência de diferenças para os parâmetros bromatológicos, sugere que, embora o fósforo residual e as inoculações tenham influenciado a produção de matéria seca, os tratamentos não alteraram de forma expressiva a composição química da forragem nesta fase de avaliação. Isso demonstra certa estabilidade nutricional do material produzido. Resultados semelhantes foram observados na avaliação do capim-Mombaça submetido a diferentes fontes de fósforo, em que os teores de proteína bruta, FDN, FDA e demais frações bromatológicas não apresentaram influência significativa da adubação fosfatada (Dias *et al.*, 2007). De modo similar, observaram que os constituintes bromatológicos do Tifton 85 não foram alterados pela adubação fosfatada na fase de estabelecimento, demonstrando certa estabilidade nutricional do material produzido (Zuffo *et al.*, 2014).

Na avaliação realizada em 28/06/2025 (Tabela 5), houve efeito significativo das inoculações sobre a produção de matéria seca. O tratamento inoculado com *B. subtilis* apresentou os maiores valores médios de MS, enquanto o tratamento com *A. brasilense*

apresentou os menores resultados. Também foi observada interação significativa entre fósforo residual e inoculações para MS.

Tabela 5. Médias de matéria seca (MS), consumo de matéria seca (CMS), energia metabolizável (EM), proteína metabolizável (PM) e dias disponíveis para consumo (DDC) do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (28/06/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs

Tratamento	MS kg ha ⁻¹	CMS kg dia ⁻¹	EM kg dia ⁻¹	PM kg dia ⁻¹	DDC Dia
Doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹)					
0	1954	5,8	0,05	0,35	3,5
240	2107	5,8	0,06	0,36	3,3
Inoculações					
AzosBac	1993	5,8	0,05	0,38	3,5
Azos	1740	5,8	0,05	0,24	2,9
Bac	2335	5,8	0,03	0,39	3,7
Test	2053	5,8	0,08	0,43	3,5
Teste Tukey - (P)	0,197 ^{ns}	0,300 ^{ns}	0,592 ^{ns}	0,798 ^{ns}	0,469 ^{ns}
Teste Tukey - (Inoculações)	0,016*	0,980 ^{ns}	0,131 ^{ns}	0,073 ^{ns}	0,450 ^{ns}
P x I	0,019*	0,499 ^{ns}	0,081 ^{ns}	0,975 ^{ns}	0,147 ^{ns}
CV (%)	13,73	1,51	62,63	32,6	24,39

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Onde: ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente e ^{ns}: não significativo. Controle: sem inoculação; Azo: inoculação com *Azospirillum brasilense*; Bac: inoculação com *Bacillus subtilis*; Azo+Bac: coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis*. P₂O₅ (0): sem adubação fosfatada residual; P₂O₅ (240): com adubação fosfatada residual de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. CV: coeficiente de variação.

Os resultados sugerem que *B. subtilis* pode contribuir para o desenvolvimento vegetal, mesmo em condições de menor disponibilidade de fósforo, possivelmente, devido à sua capacidade de solubilização de fosfatos e estímulo ao crescimento radicular. Sob condições de privação de fósforo, a inoculação com *B. subtilis* apresentou potencial para aumentar a biomassa e melhorar a nutrição das plantas, sendo observado maior formação de biofilme em baixas concentrações de P, o que sugere uma resposta adaptativa do microrganismo a essas condições (Han *et al.*, 2024).

No desdobramento da interação para a MS (Tabela 6), verificou-se que na ausência de fósforo residual o tratamento com *B. subtilis* proporcionou maior produção de matéria seca, enquanto na presença de 240 kg ha⁻¹, os tratamentos não diferiram significativamente entre si. As variáveis CMS, EM, PM e DDC não apresentaram diferenças significativas por efeito dos tratamentos.

Tabela 6. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre a Matéria Seca do capim Paiaguás (coleta em 28/06/2025)

Tratamento		Inoculação		
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	AzosBac	Azos	Bac	Test
MS (kg ha ⁻¹)				
0	2054ab	1538b	2513a	1710Bb
240	1932	1942	2158	2396 ^a

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os parâmetros bromatológicos avaliados em 28/06/2025 (Tabela 7) não apresentaram diferenças significativas para doses de fósforo, inoculações ou interação entre os fatores. Os valores de PB, FDN, FDA, lignina e NDT mantiveram-se semelhantes entre os tratamentos.

Tabela 7. Médias dos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e nutriente digestíveis totais (NDT) do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (28/06/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs

Tratamento	PB	FDN	FDA	LIG	NDT
	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS
Doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹)					
0	14	64	40	5	59
240	14	64	39	5	60
Inoculações					
AzosBac	14	64	39	5	59
Azos	13	64	39	5	60
Bac	14	63	40	5	59
Test	14	64	39	5	60
Teste Tukey - (P)	0,713 ^{ns}	0,636 ^{ns}	0,321 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,268 ^{ns}
Teste Tukey - (Inoculações)	0,447 ^{ns}	0,876 ^{ns}	0,931 ^{ns}	0,748 ^{ns}	0,965 ^{ns}
P x I	0,796 ^{ns}	0,897 ^{ns}	0,865 ^{ns}	0,800 ^{ns}	0,495 ^{ns}
CV (%)	12,21	4,15	6,15	14,94	2,7

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Onde: ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente e ^{ns}: não significativo. Controle: sem inoculação; Azo: inoculação com *Azospirillum brasilense*; Bac: inoculação com *Bacillus subtilis*; Azo+Bac: coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis*. P₂O₅ (0): sem adubação fosfatada residual; P₂O₅ (240): com adubação fosfatada residual de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. CV: coeficiente de variação.

Esses resultados demonstram que os tratamentos adotados exerceram maior influência sobre a produção de biomassa da forragem do que sobre sua composição bromatológica. Dessa forma, é possível inferir que o fósforo atuou, principalmente, no estímulo ao crescimento vegetal e à produção de forragem, sem promover modificações expressivas na composição química da planta durante o período avaliado. Resultados semelhantes foram observados em estudos nos quais a adubação fosfatada promoveu incremento na produção de matéria seca, sem alterar significativamente os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da forragem (Caballero *et al.*, 2026).

Na coleta realizada em 12/09/2025 (Tabela 8), não houve efeito significativo das doses de fósforo residual sobre MS, CMS, EM, PM e DDC. Entretanto, as inoculações influenciaram significativamente o CMS, e houve interação significativa entre fósforo e inoculações para MS e CMS.

Tabela 8. Médias de matéria seca (MS), consumo de matéria seca (CMS), energia metabolizável (EM), proteína metabolizável (PM) e dias disponíveis para consumo (DDC) do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (12/06/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs

Tratamento	MS kg ha ⁻¹	CMS kg dia ⁻¹	EM kg dia ⁻¹	PM kg dia ⁻¹	DDC Dia
Doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹)					
0	1629	5,9	0,14	0,31	3
240	1705	5,9	0,17	0,34	3
Inoculações					
AzosBac	1694	5,9	0,13	0,31	3,1
Azos	1874	5,8	0,14	0,29	3,1
Bac	1549	6	0,17	0,36	3
Test	1550	6	0,19	0,35	3
Teste Tukey - (P)	0,536 ^{ns}	0,997 ^{ns}	0,182 ^{ns}	0,292 ^{ns}	0,941 ^{ns}
Teste Tukey - (Inoculações)	0,220 ^{ns}	0,048 ^{**}	0,113 ^{ns}	0,103 ^{ns}	0,897 ^{ns}
P x I	0,0001 ^{**}	0,020 ^{**}	0,080 ^{ns}	0,424 ^{ns}	0,080 ^{ns}
CV (%)	17,67	0,5	26,87	15,57	27,66

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Onde: ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente e ^{ns}: não significativo. Controle: sem inoculação; Azo: inoculação com *Azospirillum brasilense*; Bac: inoculação com *Bacillus subtilis*; Azo+Bac:

coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis*. P₂O₅ (0): sem adubação fosfatada residual; P₂O₅ (240): com adubação fosfatada residual de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. CV: coeficiente de variação.

No desdobramento da interação para MS (Tabela 9), observou-se que o tratamento AzosBac proporcionou maior produção de matéria seca na ausência de fósforo residual, enquanto o tratamento *A. brasilense* destacou-se na presença da dose de 240 kg ha⁻¹.

Tabela 9. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre a Matéria Seca do capim Paiaguás (coleta em 12/09/2025)

Tratamento	Inoculação			
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	AzosBac	Azos	Bac	Test
MS (kg ha ⁻¹)				
0	2336Aa	1538Bb	1328b	1312Bb
240	1052Bb	2209Aa	1771a	1787Aa

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados demonstram que a eficiência das inoculações variou em função da disponibilidade de fósforo residual no solo, indicando respostas específicas dos microrganismos sob diferentes condições nutricionais do solo. Esse comportamento evidencia que a atuação de bactérias solubilizadoras de fósforo pode ser influenciada pelos níveis de P disponível no solo, resultando em respostas distintas quanto ao desenvolvimento das plantas e ao aproveitamento dos nutrientes (Rodrigues *et al.*, 2022).

No desdobramento da interação para CMS (Tabela 10), o tratamento com *B. subtilis* associado à dose de 240 kg ha⁻¹ resultou em maior consumo de matéria seca.

Tabela 10. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre o Consumo de Matéria Seca do capim Paiaguás (coleta em 12/09/2025).

Tratamento	Inoculação			
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	AzosBac	Azos	Bac	Test
CMS				
0	5,9	5,9A	5,9B	5,9
240	5,9ab	5,8Bb	6,0Aa	5,9a

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação bromatológica da coleta de 12/09/2025 (Tabela 11), observou-se efeito significativo das inoculações sobre os nutrientes digestíveis totais (NDT), além de

interação significativa entre fósforo e inoculações para essa variável. Os demais parâmetros bromatológicos não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 11. Médias dos teores de dos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e nutriente digestíveis totais (NDT) do capim Paiaguás, após coletado do milho em consórcio (12/09/2025), em função da adubação fosfatada residual e aplicação de BPCPs

Tratamentos	PB	FDN	FDA	LIG	NDT
	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS
Doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹)					
0	8	66	33	3	62
240	9	64	33	3	62
Inoculações					
AzosBac	8	65	33	3	62
Azos	7	65	35	4	61
Bac	9	64	32	3	62
Test	10	65	32	3	62
Teste Tukey - (P)	0,421 ^{ns}	0,177 ^{ns}	0,907 ^{ns}	0,823 ^{ns}	0,906 ^{ns}
Teste Tukey - (Inoculações)	0,069 ^{ns}	0,657 ^{ns}	0,092 ^{ns}	0,138 ^{ns}	0,046 [*]
P x I	0,323 ^{ns}	0,205 ^{ns}	0,108 ^{ns}	0,361 ^{ns}	0,035 [*]
CV (%)	17,06	3,58	6,83	20	1,4

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Onde: ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente e ^{ns}: não significativo. Controle: sem inoculação; Azo: inoculação com *Azospirillum brasilense*; Bac: inoculação com *Bacillus subtilis*; Azo+Bac: coinoculação com *A. brasilense* e *B. subtilis*. P₂O₅ (0): sem adubação fosfatada residual; P₂O₅ (240): com adubação fosfatada residual de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. CV: coeficiente de variação.

No desdobramento da interação (Tabela 12), verificou-se que os maiores valores de NDT ocorreram nos tratamentos com *B. subtilis* e testemunha, associados à dose residual de 240 kg ha⁻¹ de fósforo.

Os resultados obtidos indicam que as inoculações, especialmente quando associadas ao fósforo residual no solo, podem promover melhorias na qualidade energética da forragem, evidenciadas pelos maiores valores de nutrientes digestíveis totais (NDT). Esse efeito, possivelmente, está relacionado à ação dos microrganismos na solubilização de fósforo e no estímulo ao desenvolvimento radicular das plantas, favorecendo maior absorção e aproveitamento de nutrientes. Como consequência, podem

ocorrer alterações positivas na composição nutricional da forragem, contribuindo para o aumento de seu valor energético (Sadafzadeh *et al.*, 2023).

Tabela 12. Desdobramento da interação doses residuais de adubação fosfatada e inoculação de BPCPs sobre o teor de Nutrientes Digestíveis Totais do capim Paiaguás (coleta em 12/09/2025)

Tratamento		Inoculação		
Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	AzosBac	Azos	Bac	Test
NDT				
0	62	62	62B	62
240	61ab	60b	63Aa	63a

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De maneira geral, os resultados demonstram que o fósforo residual e as inoculações influenciaram principalmente as características produtivas das gramíneas, especialmente a produção de matéria seca. As respostas variaram conforme a época de coleta e o tipo de inoculação utilizado. A associação entre *A. brasilense* e *B. subtilis* mostrou potencial para maximizar o aproveitamento do fósforo residual em determinadas condições, enquanto *B. subtilis* isoladamente apresentou bom desempenho em algumas avaliações.

Os parâmetros bromatológicos foram pouco influenciados pelos tratamentos avaliados, indicando que os efeitos da adubação fosfatada e das inoculações estiveram mais relacionados ao incremento da produção de biomassa do que a alterações expressivas na composição nutricional da forragem. As variações observadas entre as coletas foram atribuídas principalmente à idade de rebrota do capim, uma vez que os intervalos entre cortes foram diferentes e também a falta de chuva na época das coletas (Figura, 2). De modo geral, o avanço da maturação resultou em redução dos teores de proteína bruta e aumento das frações fibrosas, comportamento amplamente relatado para gramíneas tropicais (Garcez *et al.*, 2020).

Os teores de proteína bruta permaneceram acima do nível mínimo recomendado para adequada atividade microbiana ruminal, enquanto os valores de FDN, FDA e lignina mantiveram-se dentro da faixa normalmente observada para forrageiras tropicais. Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) variaram de 59 a 64%, indicando potencial de suporte para bovinos de corte em fase de recria (NASEM, 2016).

As estimativas obtidas pelo modelo BCNRM 2016 demonstraram que o consumo de matéria seca (CMS) permaneceu, coerente com a semelhança na composição bromatológica. Da mesma forma, as variações observadas para energia metabolizável (EM) e proteína metabolizável (PM) estiveram mais associadas às diferenças entre as épocas de coleta do que aos tratamentos propriamente ditos. Em contrapartida, os tratamentos que proporcionaram maior produção de matéria seca resultaram em maior disponibilidade de forragem e maior número de dias disponíveis para consumo, evidenciando o potencial das inoculações associadas ao fósforo residual para aumentar a capacidade de suporte das áreas de pastagem (Euclides *et al.*, 2022).

De maneira geral, os resultados indicam que o capim apresentou valor nutritivo adequado para bovinos Nelore em fase de recria em todas as avaliações realizadas. Entretanto, os benefícios dos tratamentos foram mais evidentes sobre a produção de forragem e a disponibilidade de alimento do que sobre alterações na composição bromatológica, contribuindo para maior potencial produtivo dos sistemas de pastejo.

5. CONCLUSÕES

O efeito residual da adubação fosfatada e a inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* influenciaram positivamente a produtividade de forragem do capim Paiaguás, com respostas dependentes da interação entre os tratamentos e da época de avaliação. A coinoculação associada ao fósforo residual promoveu maior produção de massa seca na fase inicial, enquanto *B. subtilis* isolado apresentou melhor desempenho na ausência de fósforo residual.

Os tratamentos não alteraram a qualidade bromatológica da forragem, indicando que o aumento da biomassa ocorreu sem prejuízo ao valor nutricional. Assim, o uso de BPCPs associado ao manejo do fósforo mostra-se uma estratégia promissora para recuperação de pastagens degradadas e intensificação sustentável da pecuária.

REFERÊNCIAS

ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Beef Report 2024: Perfil da pecuária no Brasil. São Paulo: ABIEC, 2024. Disponível em: <https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>.

ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Beef Report 2025. São Paulo: ABIEC, 2025. Disponível em: <https://abiec.com.br/wp-content/uploads/2025/06/Beef-Report-2025.pdf>.

ARAUJO, Fabio Fernando de. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 456-462, abr. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542008000200017>.

AIJAZ, Nazish; ZAHEER, Muhammad Saqlain; HAMEED, Akhtar; ASLAM, Hafiz M. Usman; ALAM, Muhammad Waqar; RIAZ, Hasan; BARASARATHI, Jayanthi; AGHAYEVA, Saltanat; BIBI, Rani; RIAZ, Muhammad Waheed. Improving salinity tolerance in wheat plants via inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus subtilis* for enhanced biomass, growth and physiological process. **Acta Physiologiae Plantarum**, [S.L.], v. 46, n. 11, p. 0-0, 29 out. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11738-024-03727-8>.

ANDREOTTI, Marcelo; SOARES, Deyvison de Asevedo; LUPATINI, Gelci Carlos; SEKIYA, Bianca Midori Souza; MATEUS, Gustavo Pavan; ANDRIGHETTO, Cristiana; MODESTO, Viviane Cristina; DA SILVA, Junio Reina; DA LUZ, João Henrique Silva; GALINDO, Fernando Shintate; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa; PAVINATO, Paulo Sergio. Integrated Crop–Livestock Systems as a Strategy for the Sustainable Production of Corn and Soybean Grain in Tropical Sandy Soils. **Agronomy**, [S.L.], v. 14, n. 9, p. 2071, 10 set. 2024. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092071>.

A SWANEPOEL, Pieter; SMIT, Hendrik Pj. Integration of livestock into conservation agriculture systems in the Mediterranean climate region of South Africa. **African Journal Of Range & Forage Science**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 57-65, 2 jan. 2025. National Inquiry Services Center (NISC). <http://dx.doi.org/10.2989/10220119.2024.2435884>.

BEZERRA, Afonso José de Albuquerque. Gênero *Urochloa* nas pastagens brasileiras. Research, Society and Development, [S.L.], v. 9, n. 10, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/2947/3285>.

BODNER, Gernot; MENTLER, Axel; KEIBLINGER, Katharina. Plant Roots for Sustainable Soil Structure Management in Cropping Systems. **The Root Systems In Sustainable Agricultural Intensification**, [S.L.], p. 45-90, 29 abr. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119525417.ch3>.

BOVAL, Maryline; EDOUARD, Nadège; SAUVANT, Daniel. A meta-analysis of nutrient intake, feed efficiency and performance in cattle grazing on tropical grasslands. **Animal**, [S.L.], v. 9, n. 6, p. 973-982, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1017/s1751731114003279>.

CABALLERO, Enrique M. Combatt; DURANGO, Elisa M. Paterinina; POLO, Dairo J. Perez. Phosphorus fertilization on biomass and bromatological composition of forage grasses in calcareous soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 0-0, mar. 2026. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v30n3e296442>.

CARVALHO, Paulo César de Faccio; MORAES, Anibal; PONTES, Laércio dos Anjos Silva; MOLENTO, Marcelo Beltrão; FONSECA, Laise. Boas práticas para especialização sustentável em integração lavoura-pecuária. In: DALL'AGNOL, M. et al. (Ed.). **Simpósio de Forragicultura e Pastagens**. Lavras: UFLA, 2017. p. 13-47.

CARVALHO, Wellyngton Tadeu Vilela; MINIGHIN, Duarte Carvalho; GONÇALVES, Lúcio Carlos; GARCIA, Rosane; MOREIRA, Adônis; QUIRINO, Daiana; SALIBA, Eduardo Oliveira Souza. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **PubVet**, [S.L.], v. 11, n. 10, p. 1036-1045, ago. 2017. Editora MV Valero. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n10.1036-1045>.

DA SILVA CARNEIRO, Josiane; ANDREOTTI, Marcelo; SANTOS, Carlos Humberto dos; SILVA, Marcelo Rodrigues da; SOARES, Deyvison de Asevedo; LUPATINI, Gelci Carlos. Adubação nitrogenada e fosfatada na recuperação de pastagem degradada de capim-paiaguás. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 11, n. 13, e166111335568, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35568>.

DIAS FILHO, Moacyr Bernardino. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2014. Disponível em: https://diasfilho.com.br/wpcontent/uploads/Degradacao_de_pastagens_Moacyr_Dias-Filho.pdf.

DIAS, Fábio Jacobs; BRANCO, Antonio Ferriani; CECATO, Ulysses; SANTELLO, Graziela Aparecida; JOBIM, Clóves Cabreira. Composição química do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com diferentes fontes de fósforo sob pastejo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 0-0, 13 nov. 2007. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v29i1.242>

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Agricultura conservacionista: conheça os preceitos e práticas para o Cerrado. **Brasília: Embrapa**, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/48440960/agricultura-conservacionista-conheca-os-preceitos-e-praticas-para-o-cerrado>.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Inoculantes à base de cepas de *Bacillus* sp eficientes na solubilização de fosfatos. Brasília: **Embrapa**, 2020. (Comunicado Técnico, 257). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1122027/1/COT-257-2020.pdf>.

EUCLIDES, Valéria Pacheco Batista; MONTAGNER, Denise Baptaglin; ARAÚJO, Alexandre Romeiro de; PEREIRA, Mariana de Aragão; DIFANTE, Gelson dos Santos; Araújo, Itânia Maria Medeiros de; BARBOSA, Leandro Francisco; BARBOSA, Rodrigo Amorim; GURGEL, Antonio Leandro Chaves. Biological and economic responses to increasing nitrogen rates in Mombaça guinea grass pastures. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 0-0, 4 fev. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-05796-6>

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World Food and Agriculture Statistical Yearbook 2022**. Roma: FAO, 2022.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World livestock production statistics**. Roma: FAO, 2025. Disponível em: <https://www.fao.org>.

FEBRAPDP – **FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA**. Sistema Plantio Direto: o que é. Disponível em: <https://plantiodireto.org.br/sistema-plantio-direto-o-que-e>.

FATHI, Ali; AFRA, Maryam. Phosphorus role in plant physiology and crop production. Observations: **Continuação das Ciências da Terra**, 2023. <https://doi.org/10.3390/ECM2023-16462>.

FELICI, Cristiana; VETTORI, Lorenzo; GIRALDI, Enrico; FORINO, Laura Maria Costantina; TOFFANIN, Annita; TAGLIASACCHI, Anna Maria; NUTI, Marco. Single and co-inoculation of *Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilense* on *Lycopersicon esculentum*: effects on plant growth and rhizosphere microbial community. **Applied Soil Ecology**, [S.L.], v. 40, n. 2, p. 260-270, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.05.002>.

FERREIRA, Carlos M.H.; SOARES, Helena M.V.M.; SOARES, Eduardo V.. Promising bacterial genera for agricultural practices: an insight on plant growth-promoting properties and microbial safety aspects. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 682, p. 779-799, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.225>.

GARCEZ, Bruno Spindola; ALVES, Arnaud Azevêdo; MACEDO, Ernando de Oliveira; SANTOS, Claudiane Moraes dos; ARAËJO, Daniel Louçana da Costa; LACERDA, Marlúcia da Silva Bezerra. Ruminal degradation of *Panicum* grasses in three post-regrowth ages. **Ciência Animal Brasileira**, [S.L.], v. 21, p. 0-0, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v21e-55699>.

GATIBONI, Luciano Colpo; KAMINSKI, João; RHEINHEIMER, Danilo dos Santos; FLORES, João Paulo Cassol. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 691-699, ago. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832007000400010>.

GREENWOOD, Paul L.. Review: an overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. **Animal**, [S.L.], v. 15, p. 100295-0, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.animal.2021.100295>.

HAN, Seong Eun; KIM, Kil Yong; MAUNG, Chaw Ei Htwe. *Bacillus subtilis* PE7-Mediated Alleviation of Phosphate Starvation and Growth Promotion of Netted Melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.). **Microorganisms**, [S.L.], v. 12, n. 12, p. 2384-0, 21 nov. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/microorganisms12122384>.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP - Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45p

SALTON, Júlio Cesar; HERNANI, Luis Carlos; FONTES, Clarice Zanoni (ed.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, Df: Embrapa-Spi; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. 248 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens J.; SOUZA, Emanuel M.; PEDROSA, Fabio O.. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant And Soil**, [S.L.], v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 13 jan. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Atlas Escolar: temperatura global ao longo do tempo. Rio de Janeiro: IBGE, 2024a. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/mundo/2974-dinamica-dos-climas/2989-temperatura.html>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. O que está acontecendo com a nossa Terra? Rio de Janeiro: IBGE, 2024b. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/22363-o-que-esta-acontecendo-com-a-nossa-terra.html>.

KEARL, L. C. **Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries**. 1982.

KECHID, Maya; MAOUGAL, Rim Tinhinen; BELHADDAD, Khaoula; REGHIS, Dounia; DJEKOUN, Abdelhamid. Effect of *Azospirillum brasilense* and *Bacillus subtilis* Inoculation on Durum Wheat Growth Response under Four Inoculation Methods. **Ecm** 2023, [S.L.], p. 19-0, 30 nov. 2023. MDPI. <http://dx.doi.org/10.3390/ecm2023-16462>.

LAPIG – LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO. Atlas das pastagens brasileiras. Goiânia: UFG, 2023. Disponível em: <https://www.lapig.iesa.ufg.br>.

LIMA FILHO, Oscar Fontão de. Desordens nutricionais em plantas. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, abr. 2020. (Comunicado Técnico, 257). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1122027/1/COT-257-2020.pdf>.

MACNEIL, Michael D; BERRY, Donagh P; A CLARK, Sam; CROWLEY, John J; SCHOLTZ, Michiel M. Evaluation of partial body weight for predicting body weight and average daily gain in growing beef cattle. **Translational Animal Science**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 0-0, 1 jul. 2021. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/tas/txab126>.

MADILINDI, Matome A.; BANGA, Cuthbert B.; ZISHIRI, Oliver T.. Prediction of dry matter intake and gross feed efficiency using milk production and live weight in first-parity Holstein cows. **Tropical Animal Health And Production**, [S.L.], v. 54, n. 5, p. 0-0, 8 set. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-022-03275-8>.

MALHEIROS, Jessica Moraes; CORREIA, Banny Silva Barbosa; CERIBELI, Caroline; CARDOSO, Daniel Rodrigues; COLNAGO, Luiz Alberto; BOGUSZ JUNIOR, Stanislaw; REECY, James Mark; MOURÃO, Gerson Barreto; COUTINHO, Luiz

Lehmann; PALHARES, Julio Cesar Pascale; BERNDT, Alexandre; REGITANO, Luciana Correia de Almeida. Comparative untargeted metabolome analysis of ruminal fluid and feces of Nelore steers (*Bos indicus*). *Scientific Reports*, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 12752, 17 jun. 2021. **Nature Publishing Group**. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92179-y>.

MALHEIROS, Jessica Moraes; CORREIA, Banny Silva Barbosa; CERIBELI, Caroline; CARDOSO, Daniel Rodrigues; COLNAGO, Luiz Alberto; BOGUSZ JUNIOR, Stanislaw; REECY, James Mark; MOURÃO, Gerson Barreto; COUTINHO, Luiz Lehmann; PALHARES, Julio Cesar Pascale. Comparative untargeted metabolome analysis of ruminal fluid and feces of Nelore steers (*Bos indicus*). *Scientific Reports*, [S.L.], v. 11, n. 1, 17 jun. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-92179-y>.

MAYULU, Hamdi; WAHYUNINGSIH, Ika. Correlation between dry matter intake and weight gain in bali cattle. *Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry*, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 151-159, 1 set. 2025. Universitas Mulawarman. <http://dx.doi.org/10.30872/jtpc.v9i2.308>.

MONDAL, Surajit; CHAKRABORTY, Debashis. Global meta-analysis suggests that no-tillage favourably changes soil structure and porosity. *Geoderma*, [S.L.], v. 405, p. 115443-0, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115443>.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE (NASEM). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8th **Revised Edition**. Washington, D.C.: The National Academies Press, 494 p., 2016. DOI: <https://doi.org/10.17226/19014>

NEVES, Gabriel Victor Silva; SOUSA JÚNIOR, José Carlos de; FURQUIM, Maria Gláucia Dourado; CRUZ, Sihélio Júlio Silva. Bovinocultura de corte no Brasil: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 277-293, jul. 2022.

OJO, Ayooluwa O.; MULIM, Henrique A.; CAMPOS, Gabriel S.; JUNQUEIRA, Vinícius Silva; LEMENAGER, Ronald P.; SCHOONMAKER, Jon Patrick; OLIVEIRA, Hinayah Rojas. Exploring Feed Efficiency in Beef Cattle: from data collection to genetic and nutritional modeling. *Animals*, [S.L.], v. 14, n. 24, p. 3633, 17 dez. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani14243633>.

OLIVEIRA, João T.C.; PEREIRA, Arthur P.A.; SOUZA, Adijailton J.; SILVA, Gilka T.; DINIZ, Williane P.s.; FIGUEREDO, Everthon F.; KUKLINSKY-SOBRA, Júlia; FREIRE, Fernando J.. Plant growth-promoting mechanisms and genetic diversity of bacteria strains isolated from *Brachiaria humidicola* and *Brachiaria decumbens*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, [S.L.], v. 93, n. 4, ago. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202120191123>.

OLIVEIRA, Carlos Eduardo da Silva; GALINDO, Fernando Shintate; JALAL, Arshad; TEIXEIRA FILHO, Marcelo Carvalho Minhoto; BUZETTI, Salatiér. Inoculation of *Azospirillum brasilense* in *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás with phosphate fertilization. *Acta Scientiarum: Animal Sciences*, Maringá, v. 29, n. 1, p. 29-37, 2007. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v29i1.242>.

OLIVEIRA, Paulo Pinheiro de; BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; WRUCK, Flávio Jesus. Adubação fosfatada em pastagens tropicais. *Pesquisa Agropecuária*

Brasileira, Brasília, v. 58, p. e03083, 2023. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400010>.

OLIVEIRA, José Henrique Ferreira de; MAGNABOSCO, Cláudio de Ulhôa; BORGES, Arnaldo Manuel de Souza Machado. Nelore: base genética e evolução seletiva no Brasil. Planaltina: **Embrapa Cerrados**, dez. 2002. 54 p. (Documentos, 49). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/566499/1/doc49.pdf>.

PEREIRA, Welison Andrade; ANDREOTTI, Marcelo; SOARES, Deyvison de Asevedo; SILVA, Marcelo Rodrigues da; CARNEIRO, Josiane da Silva. Inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas em capim-paiaguás. *Research, Society and Development*, [S.L.], v. 11, n. 9, e831119315511, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31551>.

PRUDENCIO, Marcelo Falaci; ALMEIDA, Lucas José de Carvalho de; MOREIRA, Adônis; FREITAS, Gabriela da Silva; HEINRICHS, Reges; SOARES FILHO, Cecílio Vieg. Effect of Phosphorus-Containing Polymers on the Shoot Dry Weight Yield and Nutritive Value of Mavuno Grass. *Agronomy*, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 1145, 18 abr. 2023. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041145>.

QUIN, Wangfei; NIU, Lili; YOU, Yongliang; CUI, Song; CHEN, Chao; LI, Zhou. Effects of conservation tillage and straw mulching on crop yield, water use efficiency, carbon sequestration and economic benefits in the Loess Plateau region of China: a meta-analysis. *Soil And Tillage Research*, [S.L.], v. 238, n. 106025, maio 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2024.106025>.

RODRIGUES, Diego Alves; MEIRELES, Jefferson; MELO, Jose Douglas Gama; OLIVEIRA JUNIOR, Olicio Batista de. Desenvolvimento da forrageira Pennisetum purpureum (Schumach) cv. BRS Kurumi sobre aplicação Azospirillum brasiliense (N), Bacillus subtilis (P). *Research, Society And Development*, [S.L.], v. 11, n. 9, p. 7111931551-0, 3 jul. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31551>.

ROSA, Poliana Aparecida Leonel; MORTINHO, Emariiane Satin; JALAL, Arshad; GALINDO, Fernando Shintate; BUZETTI, Salatiér; FERNANDES, Guilherme Carlos; BARCO NETO, Maurício; PAVINATO, Paulo Sergio; TEIXEIRA FILHO, Marcelo Carvalho Minhoto. Inoculation With Growth-Promoting Bacteria Associated With the Reduction of Phosphate Fertilization in Sugarcane. *Frontiers in Environmental Science*, [S.L.], v. 8, p. 32, 25 mar. 2020. Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00032>.

SADAFZADEH, Elnaz; JAVANMARD, Abdollah; MACHIANI, Mostafa Amani; SOFO, Adriano. Application of Bio-Fertilizers Improves Forage Quantity and Quality of Sorghum (Sorghum bicolor L.) Intercropped with Soybean (Glycine max L.). *Plants*, [S.L.], v. 12, n. 16, p. 2985, 18 ago. 2023. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants12162985>.

SALTON, Julio C.; MERCANTE, Fabio M.; TOMAZI, Michely; ZANATTA, Josileia A.; CONCENÇO, Germani; SILVA, Wiliam M.; RETORE, Marciana. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. *Agriculture*,

Ecosystems & Environment, [S.L.], v. 190, p. 70-79, jun. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.023>.

SEDYKH, Sergey; YUSHKOVA, Yana; BUSHUEVA, Anna; MOROZOVA, Ksenia; ZAKHARENKO, Alexander; SKRYPNIK, Liubov. Prospects for Using Phosphate-Solubilizing Microorganisms as Natural Fertilizers in Agriculture. **Plants**, [S.L.], v. 11, n. 16, p. 2119, 15 ago. 2022. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants11162119>.

SERRA, Ademar Pereira; MARCHETTI, Marlene Estevão; DUPAS, Elisângela; CARDUCCI, Carla Eloize; SILVA, Eulene Francisco da; PINHEIRO, Elaine Reis. Phosphorus in Forage Production. **New Perspectives In Forage Crops**, [S.L.], p. 0-0, 17 jan. 2018. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70202>.

SILVA, Dirceu Jorge da; QUEIROZ, Augusto Cesar de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: Associação Brasileira de Editoras Universitárias, 2002.

SILVA, Mariana Aguiar; NASCENTE, Adriano Stephan; LANNA, Anna Cristina; REZENDE, Cássia Cristina; CRUZ, Dennis Ricardo Cabral; FRASCA, Laylla Luanna de Mello; FERREIRA, Amanda Lopes; FERREIRA, Izabely Vitória Lucas; DUARTE, Jéssica Rodrigues de Mello; FILIPPI, Marta Cristina Corsi de. Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 11, n. 13, p. 376111335568-0, 10 out. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35568>.

SILVA, Oswaldo Maciel das Chagas; NIERI, Evandro Marcos; SANTANA, Luana Santos; ALMEIDA, Renan Silva de; ARAÚJO, Gabriela do Carmo Rocha; BOTELHO, Soraya Alvarenga; MELO, Lucas Amaral de. Adubação fosfatada no crescimento inicial de sete espécies florestais nativas destinadas à recuperação de uma área degradada. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 371-394, 25 mar. 2022. **Universidade Federal de Santa Maria**. <https://doi.org/10.5902/1980509861339>.

SOARES, Deyvison de Asevedo; LUPATINI, Gelci Carlos; SEKIYA, Bianca Midori Souza; MATEUS, Gustavo Pavan; ANDRIGHETTO, Cristiana; MODESTO, Viviane Cristina; DA SILVA, Junio Reina; DA LUZ, João Henrique Silva; GALINDO, Fernando Shintate; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa; PAVINATO, Paulo Sergio; ANDREOTTI, Marcelo. Integrated Crop–Livestock Systems as a Strategy for the Sustainable Production of Corn and Soybean Grain in Tropical Sandy Soils. **Agronomy**, [S.L.], v. 14, n. 9, p. 2071, 10 set. 2024. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092071>.

TERRA, Lorena Emanuelle da Mata; SANTOS, Marinalva Martins dos; LOPES, Maria Carolina Soares; PINHEIRO, Daiane Antunes; LOPES, Érika Manuela Gonçalves; SOARES, Amanda Santos; BRAZ, Thiago Gomes dos Santos; NIETSCHKE, Silvia; COTA, Junio. Co-Inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Bacillus* sp. Enhances Biomass and Photosynthetic Efficiency in *Urochloa brizantha*. *Agriculture*, [S.L.], v. 14, n. 12, p. 2349, 20 dez. 2024. **MDPI AG**. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122349>.

TERRY, Stephanie A.; BASARAB, John A.; GUAN, Le Luo; MCALLISTER, Tim A.. Strategies to improve the efficiency of beef cattle production. **Canadian Journal Of**

Animal Science, [S.L.], v. 101, n. 1, p. 1-19, 1 mar. 2021. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/cjas-2020-0022>.

TEIXEIRA FILHO, Marcelo Carvalho Minhoto; SILVA, Marcelo Rinaldi da; GALINDO, Fernando Shintate; DUPAS, Elisângela; BUZETTI, Salatiér. Manual prático de avaliação do estado nutricional das plantas. 4. ed. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Laboratório de Nutrição de Plantas, 2021. 45 p.

THOMPSON, Logan R; MACIEL, Isabella C F; RODRIGUES, Patricia D R; A CASSIDA, Kim; ROWNTREE, Jason e. Impact of forage diversity on forage productivity, nutritive value, beef cattle performance, and enteric methane emissions. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 99, n. 12, p. 0-0, 17 nov. 2021. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jas/skab326>.

TIMOFEEVA, Anna; GALYAMOVA, Maria; SEDYKH, Sergey. Prospects for Using Phosphate-Solubilizing Microorganisms as Natural Fertilizers in Agriculture. **Plants**, [S.L.], v. 11, n. 16, p. 2119-0, 15 ago. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/plants11162119>.

USKENOV, Rashit; YENGSEBEK, Togzhan; KURZHYKAEV, Zhumagazy; BOSTANOVA, Saule; AKKAI, Bakytzhan. The relationship between dry matter intake and the average daily gain. **Bio Web Of Conferences**, [S.L.], v. 85, p. 01006-0, 2024. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/bioconf/20248501006>.

VANDERHASSELT, Adriaan; STEINWIDDER, Laura; D'HOSE, Tommy; CORNELIS, Wim. Opening up the subsoil: subsoiling and bio-subsoilers to remediate subsoil compaction in three fodder crop rotations on a sandy loam soil. **Soil And Tillage Research**, [S.L.], v. 237, p. 105956-0, mar. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2023.105956>.

YAADESH, Sivakumar; TOMAR, Govind Singh; KAUSHIK, Rajeev; PRASANNA, Radha; GROVER, Minakshi. Azospirillum–Bacillus associations: synergistic effects on in vitro pgp traits and growth of pearl millet at early seedling stage under limited moisture conditions. **3 Biotech**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 0-0, 20 fev. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13205-023-03503-4>.

ZUFFO, Leodacir Francisco; MESQUITA, Eduardo Eustáquio; CASTAGNARA, Deise Dalazen; OLIVEIRA, Paulo Sérgio Rabello de; NERES, Marcela Abbado. Composição bromatológica e mineral da forragem produzida pelo tifton 85 fertilizado com doses de superfosfato triplo ou fosfato de Araxá. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, n. 2, p. 856-865, 30 out. 2014.