

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS OESTE
SEDE: SÃO LUÍS DE MONTES BELOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL E FORRAGICULTURA
MESTRADO PROFISSIONAL

GABRIEL PEREIRA LIMA

**USO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* E DE *PSEUDOMONAS FLUORESCENS*
NO CAPIM MAVUNO**

São Luís de Montes Belos

2024

GABRIEL PEREIRA LIMA

**USO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* E DE *PSEUDOMONAS FLUORESCENS*
NO CAPIM MAVUNO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Oeste, São Luís de Montes Belos para obtenção do título de Mestre em Produção Animal e Forragicultura.

Linha de pesquisa: Produção e Avaliação de Forrageiras

Orientadora: Profa. Dra. Clarice Backes

Co-orientador: Prof. Dr. Alessandro José Marques Santos

Co-orientador: Patrick Bezerra Fernandes

São Luís de Montes Belos

2024

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P999u PEREIRA LIMA, GABRIEL
USO DE AZOSPIRILLUM BRASILENSE E DE PSEUDOMONAS
FLUORESCENS NO CAPIM MAVUNO / GABRIEL PEREIRA LIMA;
orientador CLARICE BACKES; co-orientador ALESSANDRO
MARQUES. -- SÃO LUIS DE MONTES BELOS , 2024.
46 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Profissional em Produção Animal e
Forragicultura) -- Câmpus Oeste - Sede: São Luís de
Montes Belos, Universidade Estadual de Goiás, 2024.

1. Urochloa. 2. Adubação nitrogenada. 3. Pastagem.
4. Azospirillum brasilense. 5. Pseudomonas fluorescens.
I. BACKES, CLARICE, orient. II. MARQUES, ALESSANDRO,
co-orient. III. Título.

GABRIEL PEREIRA LIMA

**USO DE AZOSPIRILLUM BRASILENSE E DE PSEUDOMONAS FLUORESCENS
NO CAPIM MAVUNO**

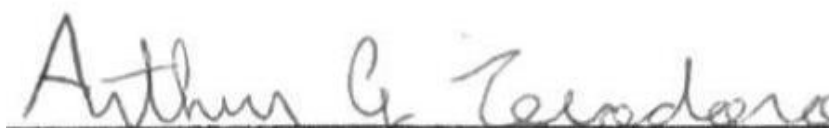
Dissertação apresentada à Universidade
Estadual de Goiás, Câmpus Oeste, São Luís
de Montes Belos para obtenção do título de
Mestre em Produção Animal e Forragicultura.

Aprovado em 13 de dezembro de 2024

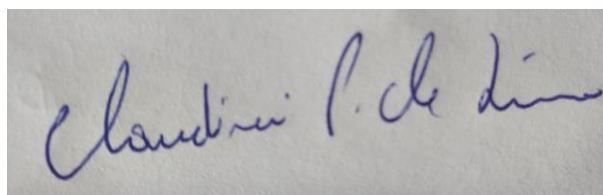
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Clarice Backes



Prof. Dr. Arthur Gabriel Teodoro



Prof. Dr. Claudinei Paulo de Lima

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por ter me concedido a vida, e a chance de poder me especializar em uma área que tanto gosto.

Agradeço aos meus pais (Geone e Marcilene) por terem me apoiado, principalmente a minha mãe, por sempre ter me incentivado e que sempre acreditou em minha carreira, a minha avó (Divina) por sempre ter me ajudado em minhas conquistas.

Aos meus padrinhos e primos (Edenir, Francione, Caio Lucas, Antônio Mota e Rafaela), por me darem o suporte necessário no período que morei em Goiânia e por terem contribuído tanto com minha melhoria em pessoa e como profissional, sem a ajuda de vocês eu não teria chegado tão longe.

Agradeço a todos professores que contribuíram com minha formação na Uni-Araguaia e que me incentivaram a me inscrever no mestrado (Renata Vaz, Izabela Cruvinel, André Luís, Renan Krupok, Milton José, entre outros).

Agradeço muito a professora Dra. Clarice Backes (a mãe que acolhe seus mestrandos e bolsistas), por ter sido minha orientadora, por ter tido paciência e ter acreditado em mim.

Agradeço ao grupo de estagiários e bolsistas que não mediram esforços para coleta de dados do projeto e contribuíram para essa pesquisa. Lembro dos nossos dias de coleta de dados e me emociono, com toda a dedicação de vocês ao projeto, (João Eduardo, Danilo, Brayan, Diorranny, Guilherme, Helivania, Marcos Vinícios, Valdemir, acho que estão todos aqui). Obrigado a todos, e por tudo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de cobertura verde (TCV) do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.....	28
Tabela 2 - Índice Relativo de Clorofila (IRC) das folhas do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.....	29
Tabela 3 - Concentração de nutrientes da parte aérea do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.....	31
Tabela 4 - Forragem acumulada do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.....	32
Tabela 5 - Nutrientes acumulados na parte aérea do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS

PCP	Promotores de crescimento de plantas
AIA	Ácido indolacético
TCV	Taxa de cobertura verde
IRC	Índice Relativo de Clorofila
CTC	Capacidade de troca de cátions
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Mg	Magnésio
S	Enxofre
Ca	Cálcio

RESUMO

O capim *Urochloa* vem sendo usado a muitos anos, para criação de animais ruminantes, sendo o principal volumoso para esses animais. Porém boa parte das pastagens apresentam algum grau de degradação e uma das causas é a falta de reposição de nutrientes. Como o custo da adubação, principalmente a nitrogenada, é alto, o uso de microrganismos para diminuir essas doses de fertilizantes pode ser uma das soluções para diminuição de custos de produção. Objetiva-se avaliar a produtividade do capim Mavuno inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas, visando diminuir custo com adubação nitrogenada. O experimento já encontra-se implantado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus Oeste, na zona rural de São Luís de Montes Belos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 8 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos são constituídos por: T1: controle; T2: *Azospirillum brasiliensis* sem N; T3: *Pseudomonas fluorescens* sem N; T4: *A. brasiliensis* + *P. fluorescens* sem N; T5: *A. brasiliensis* com 50 kg ha⁻¹ de N; T6: *P. fluorescens* com 50 kg ha⁻¹ de N; T7: *A. brasiliensis* + *P. fluorescens* com 50 kg ha⁻¹ de N; T8: 100 kg ha⁻¹ de N. Foi conduzido por 2 anos e os tratamentos foram reaplicados. Foram avaliados a taxa de cobertura verde pelo capim, índice relativo de clorofila, concentração de nutrientes na parte aérea da forrageira, acúmulo de massa seca do capim e quantidade de nutrientes extraídos pelo capim. A inoculação do capim Mavuno, acrescido de N, promoveu produção de MS igual e até mesmo superior do capim que foi adubado com a maior dose de N. Os valores médios acumulados (kg ha⁻¹) em ordem decrescente no primeiro ciclo foram de 182,7 N > 171,0 K > 36,5 Mg > 31,0 Ca > 11,2 S > 10,4 P e no segundo ciclo: 174,0 N > 154,8 K > 39,5 Mg > 37,0 Ca > 12,5 P > 11,2 S.

Palavras-chave: *Urochloa*, adubação nitrogenada, pastagem, *Azospirillum brasiliense*. *Pseudomonas fluorescens*.

ABSTRACT

Urochloa grass has been used for many years to raise ruminant animals, being the main bulky for these animals. However, most pastures have some degree of degradation and one of the causes is the lack of nutrient replacement. As the cost of fertilization, especially nitrogen, is high, the use of microorganisms to reduce these doses of chemical fertilizers can be one of the solutions to reduce production costs. The objective is to evaluate the productivity of Mavuno grass inoculated with plant growth-promoting bacteria, in order to reduce the cost of nitrogen fertilization. The experiment is already implemented at the Fazenda Escola of the State University of Goiás (UEG), West Campus, in the rural area of São Luís de Montes Belos. The experimental design was in randomized blocks, with 8 treatments and four repetitions. Treatments consist of: T1: control; T2: *Azospirillum brasiliensis* without N; T3: *Pseudomonas fluorescens* without N; T4: *A. brasiliensis* + *P. fluorescens* without N; T5: *A. brasiliensis* with 50 kg ha⁻¹ of N; T6: *P. fluorescens* with 50 kg ha⁻¹ of N; T7: *A. brasiliensis* + *P. fluorescens* with 50 kg ha⁻¹ of N; T8: 100 kg ha⁻¹ of N. It was conducted for a year and the treatments will be reapplied. The rate of green cover by grass, relative chlorophyll index, concentration of nutrients in the aerial part of the forage, accumulation of dry grass mass and amount of nutrients extracted by grass were evaluated. The inoculation of Mavuno grass, plus N, promoted the production of MS equal and even higher than the grass that was fertilized with the highest dose of N. The accumulated mean values (kg ha⁻¹) in descending order in the first cycle were 182.7 N > 171.0 K > 36.5 Mg > 31.0 Ca > 11.2 S > 10.4 P and in the second cycle: 174.0 N > 154.8 K > 39.5 Mg > 37.0 Ca > 12.5 P > 11.2 S.

Keywords: *Urochloa*, nitrogen fertilization, pasture, *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*.

SUMÁRIO

1- CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS (REVISÃO DA LITERATURA).....	1
2- DESENVOLVIMENTO.....	2
2.1- Cenário das pastagens no Brasil.....	2
2.2 As principais forrageiras utilizadas.....	3
2.2.1 Capim híbrido Mavuno.....	5
2.3 Importância da adubação nitrogenada em pastagens.....	6
2.4 Microrganismos promotores de crescimento de plantas.....	8
3. CONSIDERAÇÕES.....	14
4. REFERÊNCIAS.....	14
CAPÍTULO 2 - ARTIGO.....	21
1- INTRODUÇÃO	22
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1 Caracterização da área experimental.....	24
2.2 Composição química do solo.....	24
2.3 Delineamento experimental.....	25
2.4 Implantação do experimento.....	25
2.5 Avaliações.....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4. CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS.....	34

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

As pastagens são a base da alimentação de ruminantes no Brasil, representando uma alternativa de baixo custo e alta eficiência para pecuária. Além de fornecerem nutrientes essenciais, elas desempenham um papel importante na sustentabilidade do setor, contribuindo para a manutenção da qualidade do solo. O manejo adequado dessas áreas é crucial, pois influencia diretamente a produtividade e a saúde dos animais, além de garantir a preservação ambiental e a viabilidade econômica dos sistemas pecuários. Dessa forma, a melhoria contínua das pastagens é uma estratégia fundamental para o avanço sustentável da pecuária no país (FERREIRA; ZANINE, 2007).

A adubação das pastagens é essencial para garantir a produtividade e a qualidade da forragem, muitas vezes, apresentam limitações nutricionais. O fornecimento adequado de nutrientes é necessário para promover o crescimento, aumentar a capacidade de suporte e prolongar a disponibilidade de forragem ao longo do ano. Além disso, a adubação adequada contribui para a regeneração das pastagens degradadas, melhorando a estrutura do solo e favorecendo o desenvolvimento radicular, o que resulta em maior resistência às variações climáticas e na longevidade das pastagens. Dessa forma, um manejo nutricional estratégico e eficiente é fundamental para otimizar a produção animal e garantir a sustentabilidade (BONO et al. 2019).

Apesar dos benefícios da adubação para a melhoria das pastagens, os custos associados a essas práticas podem ser elevados, o que representa um desafio para muitos produtores. Fertilizantes, especialmente os nitrogenados e fosfatados, possuem preços elevados, tornando o investimento significativo. Além disso, a aplicação dos insumos requer maquinário e mão de obra qualificada, o que aumenta ainda mais os custos operacionais (BERNARDI et al., 2018).

Como alternativa ao uso de fertilizantes, o emprego de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCPs) tem se destacado como uma estratégia viável para reduzir os custos e aumentar a sustentabilidade da adubação. Esses microrganismos, como bactérias fixadoras de nitrogênio, fungos micorrízicos e solubilizadores de fósforo, atuam em simbiose com as plantas, melhorando a

disponibilidade de nutrientes e a absorção pela raiz, resistência das plantas a estresses ambientais, promovendo um crescimento mais vigoroso e saudável das pastagens. O uso dos MPCPs, portanto, surge como uma prática sustentável e econômica, que pode diminuir a dependência de insumos químicos, otimizar a fertilidade do solo e aumentar a eficiência produtiva dos sistemas pecuários (FRASCA et al., 2023).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Cenário das pastagens no Brasil

Na última avaliação do Censo Agropecuário Brasileiro, realizado em 2017 foi estimado que a área total de pastagens, entre naturais e plantadas, no Brasil, alcançou 159,5 milhões de hectares (IBGE, 2024), demonstrando a importância das pastagens para a pecuária brasileira.

Os sistemas de produção pecuário no Brasil, de forma majoritária, seguem um modelo extensivo, com os animais criados a pasto (SILVA NETO et al., 2016), isso se deve, em grande parte, às condições climáticas favoráveis e à vasta extensão territorial do país, tornando-se assim um sistema mais econômico e conveniente para alimentar os bovinos (DIAS-FILHO, 2014). Esse é um diferencial significativo e confere ao país um potencial muito grande de produção animal de forma barata e competitiva em termos de mercado mundial.

Porém, desde o início da exploração pecuária, os sistemas de pastejo foram conduzidos de forma extrativistas, que culminou nos mais variados níveis de degradação das pastagens. Peron e Evangelista (2004) relataram no início dos anos 2000 que aproximadamente 80% das pastagens cultivadas no Cerrado apresentavam algum estágio de degradação, comprometendo além da produtividade a qualidade da forragem. No entanto, esse cenário vem mudando com o tempo. No caso das pastagens severamente degradadas houve redução expressiva, passando de 46,3 milhões de hectares no ano 2000 para 22,1 milhões de hectares em 2020. Essa melhoria foi verificada em todos os biomas, sendo observada para o Cerrado uma retração de 56,4% (MAPBIOMAS, 2020).

As áreas cultivadas com pastagem também vêm reduzindo. No mapeamento de uso e cobertura da terra do Brasil, referente aos anos 2018/2020, observa-se que a atividade agrícola tem progredido, especialmente em regiões anteriormente ocupadas por pastagens (IBGE, 2022). Dessa forma o sistema de produção a pasto

precisa ser mais eficiente, com pastagens bem manejadas ou adequadamente cuidadas.

A falta de conhecimento no manejo, tanto em termos nutricionais quanto na definição adequada da taxa de lotação, pode levar à degradação dos recursos forrageiros (PINGUELLO et al., 2020).

Para McCarthy et al. (2020) a taxa de lotação, é um fator crucial para avaliar a eficiência dos sistemas de criação em pastagens. O pisoteio em excesso pode causar mudanças diretas danificando a forragem e reduzindo a produtividade, e ainda compactar o solo. Medidas como a adequação da taxa de lotação de acordo com a produtividade da pastagem, manutenção de cobertura contínua de forragem sobre o solo e períodos de descanso para a recuperação da pastagem ajudam a minimizar esses impactos (COSTA et al., 2012).

No caso das condições nutricionais das plantas forrageiras, a oferta de nutrientes é realizada, na maior parte dos casos, por intermédio da reciclagem de nutrientes através dos resíduos dos próprios vegetais (BATISTA; MONTEIRO, 2008). A adubação, juntamente com outras estratégias de manejo, é de fundamental importância para se buscar uma exploração econômica, social e sustentável, sem causar danos ao meio ambiente (FONSECA et al., 2008).

2.2 As principais forrageiras utilizadas

Na década de 1960, a introdução das espécies *Urochloa* no Centro-Oeste do Brasil, especialmente *U. decumbens*, *U. Brizantha*, *U. ruziziensis* e *U. humidicola*, marcou um importante avanço. Essas espécies rapidamente se expandiram, cobrindo cerca de 80% das pastagens cultivadas, o que evidencia sua excelente adaptação à região. Essa expansão teve impacto significativo na pecuária brasileira, fortalecendo tanto a produção de leite quanto de carne bovina e desempenhando papel crucial no desenvolvimento do setor pecuário (CECCON, 2013; VALLE et al. 2009).

As gramíneas tropicais forrageiras são amplamente adotadas atualmente devido à sua facilidade de manejo e custo-benefício (PINC et al., 2020). Um aspecto notável das cultivares de *Urochloas* é a sua capacidade de crescerem em solos de baixa fertilidade. Essa característica é especialmente importante, pois possibilita o uso produtivo de áreas que, de outra forma, seriam menos adequadas para a pecuária (KARIA et al., 2006).

A *U. decumbens* é conhecida por apresentar dois ecótipos no Brasil. A cultivar Ipean, com distribuição restrita, tem baixa capacidade de produção de sementes e já não é mais comercializada no mercado. Ela se caracteriza pelo crescimento prostrado e pela boa distribuição de produção de matéria seca ao longo do ano. Já a cultivar Basilisk, ou Australiana, é a mais amplamente utilizada. Entre as vantagens dessa gramínea, destacam-se a facilidade de estabelecimento, tolerância a solos ácidos e pobres, boa resposta à adubação, alta produção de sementes e adequação para uso em pasto vedado. Contudo, há também algumas limitações, como a suscetibilidade à cigarrinha das pastagens, dificuldade de adaptação a solos mal drenados, valor nutricional moderado, difícil erradicação, possibilidade de causar fotossensibilização em bovinos jovens e rejeição por equinos (CORRÊA, 2002).

A *U. brizantha* é uma das gramíneas mais amplamente utilizadas no Brasil, conhecida por sua resistência à cigarrinha-das-pastagens. O cultivar Marandu, lançado comercialmente pela Embrapa em 1984, se destaca por seu porte elevado em comparação com outras espécies de braquiária, além de ter excelente capacidade de cobertura do solo e tolerância ao crescimento sob sombreamento. O Marandu também apresenta bom valor nutritivo e alta produção de sementes, sendo uma das forrageiras mais plantadas no país. Entre os pontos positivos, pode-se citar sua alta produção de forragem, boa capacidade de competição com plantas invasoras, rápido estabelecimento e adequação para uso em pasto vedado. No entanto, a cultivar tem baixa adaptação a solos ácidos e pobres, exige manejo cuidadoso, não se adapta a solos mal drenados e possui rebrote lento, além de ser susceptível à cigarrinha da cana-de-açúcar (VALLE et al., 2000).

A *U. ruziziensis* destaca-se por sua alta qualidade de forragem e elevado valor nutricional, o que proporciona bom desempenho animal, além de apresentar alta produção de sementes e facilidade de estabelecimento, com ótima resposta à adubação. Sua palatabilidade e aceitação pelos bovinos são elevadas, tornando-a uma opção eficiente para pastejo. No entanto, essa espécie tem limitações, como a não adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade, além de ser susceptível à cigarrinha das pastagens. Durante a seca, o crescimento é reduzido, e sua baixa competitividade com plantas invasoras, aliada à não tolerância a solos úmidos, pode restringir seu uso em algumas condições ambientais (SOUZA SOBRINHO et al., 2022).

A *U. humidicola* é uma espécie que se destaca por sua tolerância a secas prolongadas e capacidade de recuperação em áreas úmidas, com drenagem deficiente ou sujeitas à inundação sazonal. Possui hábito estolonífero, o que lhe confere excelente capacidade de cobertura do solo. É também bastante adaptada a solos ácidos e de baixa fertilidade, além de ser resistente à cigarrinha das pastagens e suportar pastejo intensivo. Outro atributo importante é sua tolerância a solos mal drenados. Contudo, a *U. humidicola* apresenta baixo valor nutritivo, baixa produção de sementes e alto teor de oxalatos, o que pode causar cara-inchada em equinos. Além disso, seu estabelecimento é lento e há uma perda drástica da qualidade da forragem no inverno, com crescimento reduzido durante a estação seca (VALLE et al., 2010).

Dada à relevância das *Urochloa* na produção animal no Brasil, há um esforço crescente em combinar características desejáveis por meio de cruzamentos interespecíficos. As espécies mais utilizadas nesse processo são a *U. ruziziensis*, *U. brizantha* e *U. decumbens* (GOMES et al., 2023).

Os cruzamentos realizados entre as espécies de *Urochloa* visam alcançar objetivos análogos aos das principais culturas agrícolas, como o aprimoramento da produtividade e da qualidade das forragens. Além disso, busca-se aumentar a resistência a pragas e doenças, garantir a produção de sementes com boa qualidade, otimizar o uso de fertilizantes e promover a adaptação a estresses ambientais e climáticos (VALLE et al. 2009).

2.2.1 Capim híbrido Mavuno

O capim Mavuno é um híbrido relativamente recente, resultante do cruzamento entre a *U. brizantha* e a *U. Ruziziensis*, introduzido comercialmente pela Wolf Seeds em 2016, destaca-se pela alta produtividade de forragem, palatabilidade e qualidade superior. Ele possui alta aceitabilidade animal, bom valor nutricional, elevada digestibilidade e uma ótima relação folha/colmo. Seu sistema radicular amplo e robusto confere maior tolerância ao estresse hídrico. Além disso, a pilosidade no pseudocolmo e em ambas as faces das folhas contribui para a resistência ao ataque de cigarrinhas das pastagens (BARBOSA JUNIOR et al., 2020).

O híbrido Mavuno pode ser utilizado nos mais diversos sistemas de pastejo. Silva et al. (2018), simulando o pastejo contínuo, mantiveram alturas de 20, 30, 40 e 50 cm e verificaram que o capim Mavuno demonstrou bom potencial produtivo e

versatilidade para manejo entre 20 e 50 cm, embora alturas mais elevadas possam diminuir a eficiência do pastejo. A massa de forragem produzida variou entre 5.571 kg ha⁻¹ para a altura de 40 cm e 4.832 kg ha⁻¹ para 20 cm. Além da maior produção de massa seca, o manejo a 40 cm destacou-se por apresentar a maior percentagem de folhas e a relação folha mais elevada, sendo, portanto, considerado o mais eficiente.

Para o uso do híbrido em sistema rotativo, Silva et al. (2024) testaram três intervalos de corte (25, 35 e 45 dias). Verificaram que na frequência de 25 dias os parâmetros morfológicos apresentaram menor resultado, indicando que a frequência de corte exerce uma influência considerável sobre as características morfológicas e produtivas do híbrido Mavuno. Entre as opções avaliadas, o intervalo de 35 dias se destacou como o mais vantajoso, resultando em níveis superiores de produtividade e composição morfológica.

Para o pastejo diferido Vieira et al. (2020) avaliaram diferentes períodos de diferimento (70, 91, 106 e 130 dias) para o capim Mavuno e verificaram que o intervalo mais eficiente foi entre 70 e 90 dias, garantindo valor nutritivo superior e uma melhor composição morfológica da forragem. Esse período evitou o acúmulo excessivo de fibra, mantendo níveis adequados de proteína bruta, o que favoreceu a digestibilidade e o desempenho animal, especialmente durante períodos secos.

Em relação à resposta a adubação, Pereira et al. (2021) realizaram um experimento para estimar amplitude crítica do N foliar para o capim Mavuno através de seus parâmetros de produtividade, considerando a amostragem da folha mais jovem completamente expandida como referência. O protocolo de fertilização estratégica sugerido pelos autores, para a estação de crescimento sucessiva ao estabelecimento da pastagem corresponde à aplicação de 42,0 a 46,7 kg ha⁻¹ de N no primeiro ciclo de rebrotação, 27,0 a 32,5 kg ha⁻¹ de N durante os dois ciclos subsequentes, mas para ciclos de rebrotação do final da estação de crescimento (abril a maio) apenas 22,2 a 24,7 kg ha⁻¹ de N seriam suficientes para sustentar o máximo acúmulo de forragem.

2.3 Importância da adubação nitrogenada em pastagens

O nitrogênio (N) é um elemento vital para a formação dos organismos vivos, sendo um componente essencial do RNA, DNA, ácidos nucleicos, hormônios e moléculas da clorofila, proteínas (WANG et al., 2023).

Por ser considerado essencial para o crescimento e desenvolvimento das gramíneas, o uso do N é uma técnica eficaz para melhorar a produção de forragem (LACERDA et al., 2024), pois estimula a formação de perfilhos (NASCIMENTO, 2014) e influencia diretamente a taxa de alongamento e o surgimento de novas folhas, promovendo uma recuperação mais rápida das plantas após colheita (MOTA et al., 2023).

A presença do N no solo se dá 95% de forma orgânica, dessa forma a capacidade das plantas de absorver o nutriente do solo é influenciada diretamente pela mineralização da matéria orgânica. De acordo com Lopes e Guilherme (1994), os teores médios de MOS do Cerrado são de 2,2%, que podem ser alterados em função dos manejos. Com baixos teores de M.O., consequentemente se tem baixo estoque de N, necessitando de maiores aportes de N-fertilizante para atender a demanda das pastagens da região.

Com baixos teores de N no solo, para suprir suas necessidades de nutrientes, as plantas transferem reservas orgânicas, como carboidratos e N dos caules e raízes basais para as folhas. Esse processo leva a uma diminuição na massa das raízes (GOMIDE et al. 2019).

A diminuição do sistema radicular durante o crescimento da forrageira pode dificultar a absorção de nutrientes do solo, atrasando a recuperação dos brotos e o período de pastejo. A rápida recuperação das raízes é crucial para melhorar a absorção de N, reduzir perdas por volatilização da fertilização nitrogenada e aumentar a disponibilidade de N para o crescimento das folhas e a fotossíntese, promovendo reservas maiores de carboidratos e N nas raízes (MOTA et al., 2023).

A falta de N pode resultar em menor teor de clorofila, taxas fotossintéticas reduzidas, menor produção de biomassa e cobertura de solo insuficiente. Por outro lado, a fertilização excessiva com N pode causar poluição do solo e da água, aumentar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e acarretar perdas econômicas (PEREIRA et al., 2021).

A adubação nitrogenada é dispendiosa e seus valores variam com o mercado global, podendo representar até 80% dos gastos com adubação de cobertura e manutenção de pastagens. Portanto, é essencial adotar métodos de produção mais eficientes e estratégicos a fim de reduzir esses custos e manter a produtividade (REZENDE et al., 2022).

Diante do aumento contínuo no consumo e nos custos dos fertilizantes sintéticos, torna-se cada vez mais importante buscar fontes alternativas de nutrientes que sejam sustentáveis do ponto de vista ecológico e viáveis economicamente (VIEIRA et al., 2024). Nessa busca, o uso de bactérias diazotróficas como estratégia tem ganhado destaque. Essas bactérias podem ajudar a diminuir a necessidade de fertilizantes e melhorar a eficiência do uso de N, reduzindo a perda e a volatilização do nutriente através da fixação biológica (SILVA et al., 2023)

A adubação estratégica pode ser adotada ajustando o momento e a quantidade de fertilizantes, podendo usar o N de forma mais eficiente e reduzir perdas sem impactar a produtividade das pastagens. Isso é diferente das abordagens tradicionais que aplicam N em taxas fixas. Monitorar o estado de N das plantas é essencial para ajustar a aplicação conforme a necessidade (PEREIRA et al., 2021).

2.4 Microrganismos promotores de crescimento de plantas

Os promotores de crescimento de plantas (PCP) são representados por microrganismo existentes no solo e nas plantas como os fungos, as arqueobactérias, as bactérias e as cianobactérias, ambos possuem grande diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética. Podem ser classificados de acordo com a zona de atuação: rizosféricos, endófitos e em associação simbiótica entre várias espécies de plantas. Alguns casos os mecanismos dos quais os PCP agem são desconhecidos (MOREIRA et al., 2010; PANKIEVICZ et al., 2015) .

Esses microrganismos estão presentes de forma natural na maioria dos solos e possuem grande diversidade genética. No entanto, para serem usados como inoculantes em culturas agrícolas, é necessário selecionar linhagens ou gêneros que sejam eficientes para essa finalidade (ARDAKANI et al., 2011).

Lugtenberg e Kamilova (2009) discutem como as rizobactérias, que promovem o crescimento vegetal, podem atuar de maneiras diretas e indiretas para favorecer o desenvolvimento das plantas. Esse suporte pode ocorrer por meio de processos como biofertilização, estímulo ao crescimento das raízes, rizorremediação e controle do estresse ambiental. De acordo com Ramakrishna, Yadav e Li (2019), essas intervenções não apenas aumentam a produtividade das culturas, mas também elevam significativamente o teor de nutrientes disponíveis nas plantas, beneficiando assim toda a cadeia produtiva.

De forma abrangente, os microrganismos presentes no solo desempenham um papel essencial na redução dos impactos negativos dos estresses abióticos nas plantas. Eles melhoram a estrutura do solo, aumentam a disponibilidade de nutrientes, produzem substâncias que promovem o crescimento e induzem resistência sistêmica. Além disso, esses microrganismos ajudam as plantas a tolerar melhor a falta de água, permitindo que mantenham sua produtividade mesmo em condições de seca (CHAUHAN et al., 2023).

As rizobactérias associadas às plantas podem também, de forma indireta, impedir o crescimento ou a ação de patógenos vegetais. Elas fazem isso utilizando diversos mecanismos, como competição por espaço e nutrientes, antibiose, produção de enzimas hidrolíticas e inibição de enzimas ou toxinas produzidas pelos patógenos (WEYENS et al., 2009). De acordo com Myoungsu et al. (2005), as rizobactérias tem capacidade de produzir metabólitos secundários, como antibióticos, sideróforos e ácido hidrociânico. Esses compostos desempenham um papel crucial na supressão do crescimento de fitopatógenos.

Vários gêneros são amplamente estudados e utilizados, incluindo *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Herbaspirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Rhizobium* e *Gluconacetobacter*, entre outros. Dessa forma, oferecem uma alternativa natural e segura, reduzindo a dependência de agroquímicos e diminuindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados, empregando diversos mecanismos, incluindo a fixação biológica de N (PEDRAZA, 2008).

A interação entre plantas e bactérias fixadoras de N resulta em um processo no qual as bactérias fornecem N fixado apenas se houver disponibilidade suficiente de fontes de carbono e energia. Esse processo é crucial para o desenvolvimento das plantas em condições de baixa fertilidade do solo (CHUBATSU et al., 2012).

A fixação biológica de N é realizada por um consórcio de bactérias diazotróficas, que capturam o nitrogênio do ar (N_2) e o convertem em amônio (NH_4^+) através de uma relação simbiótica com a planta. Essa relação simbiótica permite que as plantas obtenham N de maneira mais eficiente, contribuindo para um crescimento robusto e sustentável (VIEIRA et al., 2024).

Azospirillum é um gênero de bactérias de vida livre que tem atraído atenção nos últimos anos devido à sua habilidade de fixar N do ar, possuindo um potencial significativo para ser utilizado em inoculantes como fonte de N para gramíneas (MÜLLER et al., 2016). As mesmas são gram-negativas, podendo também atuar como

endofíticas facultativas. São amplamente distribuídas em diversos ecossistemas e têm a capacidade de fixar N em gramíneas como milho, trigo e arroz. Além disso, adaptam-se bem à rizosfera devido à baixa demanda de energia para competir e sobreviver (PEDREIRA et al., 2017).

O gênero *Azospirillum* spp. tem sido amplamente investigado por seu papel na promoção do crescimento de plantas. Nas últimas décadas, pesquisas sugerem que a interação entre essas bactérias e as plantas envolve mais de 20 mecanismos que proporcionam benefícios ao desenvolvimento vegetal. Além disso, essas bactérias são capazes de sintetizar fitohormônios (Figura 1), incluindo auxina, giberelina, citocinina, ácido abscísico e etileno (MEHNAZ, 2015; ANICETO, 2016).

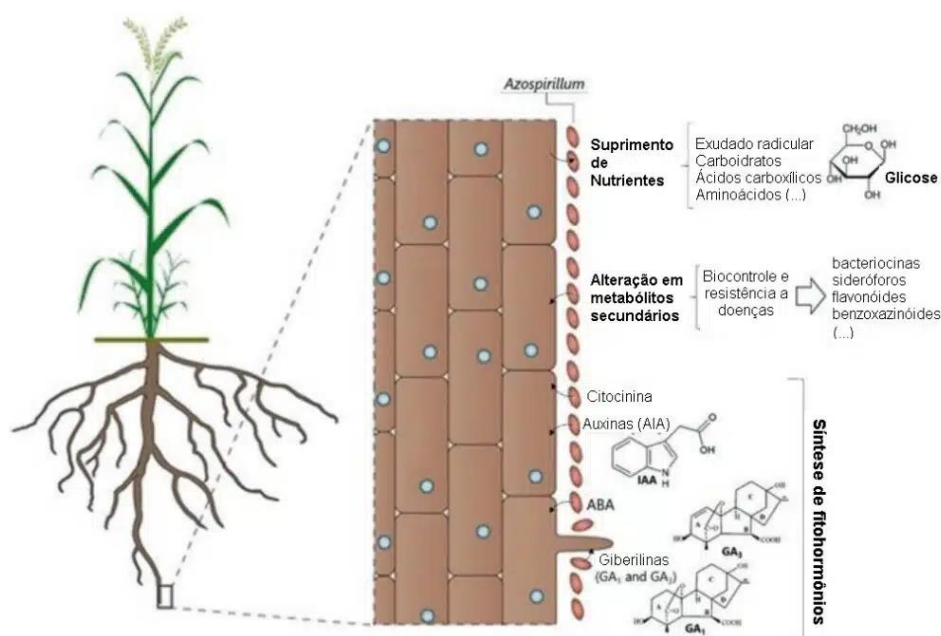


Figura 1. Efeito benéfico do *Azospirillum* nas raízes das plantas. IAA: ácido 3-indol-acético. ABA: ácido abscísico. Fonte: Modificado de Rodrigues et al. (2015).

A inoculação de *A. brasilense* no milho, combinada com 50 kg ha⁻¹ de N, aumentou o nível relativo de clorofila e o rendimento de matéria seca da parte aérea dos híbridos, resultando em um rendimento de grãos equivalente ao uso de 130 kg ha⁻¹ de N sem inoculação. Isso sugere uma economia significativa de fertilizantes nitrogenados, o que pode ser muito útil para reduzir os custos de produção (QUADROS et al., 2014).

Silva et al. (2022) demonstraram em sua pesquisa que o uso de *A. brasilense* e *Rhizophagus intraradices*, sob diferentes regimes hídricos, contribuiu para um

aumento significativo no potencial produtivo da parte aérea do capim-buffel. Essa inoculação não apenas fortaleceu as características de adaptação da planta a ambientes semiáridos, mas também aprimorou sua resiliência diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pelo aquecimento global.

Segundo Martins, Nogueira e Gama (2018), a inoculação de sementes de capim Piatã com *A. brasilense* mostrou efeitos positivos no desenvolvimento, nutrição e produção da forrageira, resultando em maior altura das plantas e, conseqüentemente, em aumento da produção de matéria seca da parte aérea, especialmente quando combinada com uma dose de 150 kg ha⁻¹ de N. Esses resultados sugerem que os benefícios da inoculação com *Azospirillum* são evidentes, inclusive em doses inferiores às recomendadas comercialmente, o que pode implicar em um custo de utilização mais baixo. No entanto, mais estudos são necessários para confirmar a eficácia dessas doses menores, seja em campo ou em outras partes das plantas.

Outra bactéria amplamente estudada e explorada como agente de biocontrole é a espécie *Pseudomonas* (LASLO et al., 2012). As *Pseudomonas* spp. são bactérias gram-negativas da classe Gammaproteobacteria e pertencem à família Pseudomonadaceae. Ela apresenta um metabolismo aeróbico e são altamente móveis, destacando-se principalmente pela sua baixa exigência nutricional, o que lhes permite habitar uma ampla variedade de ambientes (RAMOS-AIRES, 2004).

Conforme Coelho et al. (2007), as *Pseudomonas* spp. apresentam um formato bacilar (Figura 2) e são aeróbicas, necessitando de oxigênio para sua sobrevivência. Elas possuem diversos flagelos em suas extremidades, o que lhes confere alta mobilidade no solo. Essas bactérias desempenham funções benéficas nas plantas, atuando como inibidores de patógenos, promovendo a solubilização de fosfatos e auxiliando na produção de hormônios de crescimento.

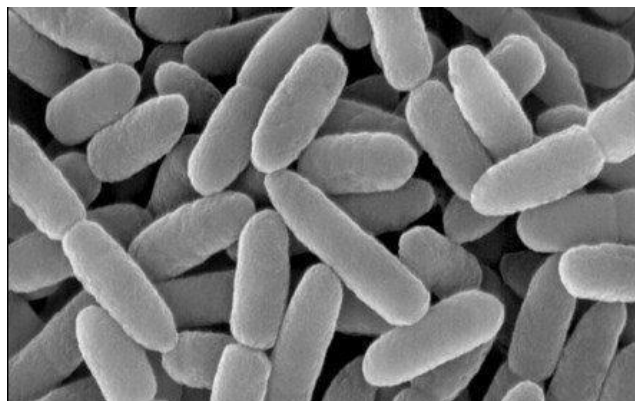


Figura 2. Bactéria *Pseudomonas fluorescens*. Foto: VOJTKOVÁ et al. (2012).

Pesquisas indicam que bactérias como a *P. fluorescens*, reconhecida por sua capacidade de colonizar a rizosfera, oferecem benefícios significativos para as gramíneas. Além de estimular o crescimento das plantas, essa prática pode reduzir custos e minimizar os impactos ambientais associados ao uso de fertilizantes químicos (ZUCARELLI et al., 2011).

A ação das bactérias *P. fluorescens* nas pastagens é marcada pela estimulação de hormônios vegetais como o ácido indolacético (AIA) e a citocinina, ambos cruciais para o desenvolvimento vegetal. O AIA é particularmente conhecido por favorecer o crescimento das plantas, enquanto a citocinina é essencial para a divisão celular. A presença dessas bactérias está associada a um aumento considerável em diversos parâmetros de desenvolvimento das pastagens, como área foliar, altura das plantas, diâmetro do caule, e quantidade de folhas, além de contribuir para uma maior produção de matéria seca. Esses microrganismos também desempenham um papel vital na aclimação e sobrevivência das culturas, controle de doenças e, conseqüentemente, no aumento da produtividade agrícola (MARIANO et al., 2004)

Brennecke et al. (2016) observaram que a bactéria *P. fluorescens* é eficaz em promover o desenvolvimento de características benéficas em plantas, como o aumento das taxas de alongamento do colmo e o número de folhas por perfilho. Este resultado é particularmente vantajoso do ponto de vista nutricional, uma vez que também foi notado um incremento na relação folha/colmo das plantas, um fator crucial para a qualidade da forragem.

Zhang et al. (2018) destacam que a co-inoculação de *A. brasilense* e *P. fluorescens* na rizosfera do arroz promoveu uma melhora na transformação e disponibilidade de N no solo, além de aumentar a biomassa do arroz. Os resultados

mais positivos foram observados quando ambas as bactérias foram aplicadas conjuntamente.

Saleem et al. (2018) relataram que a inoculação de *P. fluorescens* em girassol (*Helianthus annuus*) em estufa melhorou o crescimento, rendimento, fisiologia das plantas e suas atividades antioxidantes, além de aumentar o acúmulo de prolina.

González et al. (2015) documentaram que a inoculação de *P. fluorescens* em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) cultivada em estufa resultou em aumentos significativos nas características de crescimento das plantas. Os resultados incluíram um aumento de 27,75% na altura da planta, 30,75% no diâmetro do talo, 38,5% no número de perfilhos, 49% na área foliar, além de melhorias no peso da matéria seca aérea e das raízes.

Sharma et al. (2011) constataram que a aplicação de *Pseudomonas* sp. em cultivos de soja e trigo em campo aumentou as atividades enzimáticas do solo, a produtividade total e a absorção de nutrientes pelas plantas.

De acordo com Weyens et al. (2009) a ação da *P. fluorescens* envolve a solubilização de fosfatos inorgânicos insolúveis, convertendo-os em formas biodisponíveis. Essa mobilização de nutrientes pode aumentar a produtividade das culturas, já que o P é um macronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, o P desempenha um papel crucial na fotossíntese, transferência de energia, transdução de sinais, biossíntese de macromoléculas e respiração.

Embora haja muitos relatos positivos sobre os efeitos benéficos das rizobactérias no aumento da produção agrícola, no crescimento das plantas e na supressão de doenças, a aplicação desses microrganismos nem sempre resulta em sucesso. Um dos principais desafios para sua utilização comercial é a dificuldade que os isolados introduzidos enfrentam para se estabelecer e sobreviver em condições de campo. Por isso, é essencial realizar estudos aprofundados sobre a ecologia desses microrganismos na rizosfera, explorando aspectos como os mecanismos de colonização das raízes, a especificidade dos hospedeiros, a influência de fatores ambientais e as interações com outros microrganismos (COELHO et al., 2007).

3. CONSIDERAÇÕES

A adubação nitrogenada é essencial para o crescimento e desenvolvimento das forrageiras, sendo fundamental para a produtividade das pastagens. No entanto, o uso excessivo de fertilizantes nitrogenados tradicionais pode levar à poluição do solo e a perdas econômicas. Nesse contexto, os microrganismos promotores de crescimento de plantas (PCP) emergem como alternativas sustentáveis, aprimorando a eficiência do uso de nitrogênio e promovendo a saúde do solo.

A inoculação de bactérias como *Azospirillum* e *Pseudomonas* tem mostrado resultados positivos ao aumentar a disponibilidade de nutrientes e impulsionar o crescimento das forrageiras. Essas interações não só beneficiam o desenvolvimento das plantas em condições adversas, mas também ajudam a reduzir a dependência de insumos químicos, contribuindo para uma agricultura mais sustentável. Pesquisas indicam que combinar inoculantes microbianos com práticas de manejo apropriadas pode resultar em melhorias significativas na produtividade das pastagens, destacando a importância dos microrganismos na otimização do desempenho forrageiro.

Portanto, integrar essas abordagens biológicas no manejo de pastagens representa uma chance de otimizar o uso de recursos, promover a sustentabilidade e assegurar a viabilidade econômica em sistemas agrícolas. O investimento contínuo em pesquisas sobre microrganismos promotores de crescimento é crucial para explorar seu potencial em diversas condições e espécies forrageiras, contribuindo para um futuro agrícola mais eficiente e responsável.

4. REFERÊNCIAS

ANICETO, R. M. **Modulação da comunidade bacteriana associada ao milho (*Zea mays* L.) através da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2016.

ARDAKANI, M. R.; MAZAHARI, D.; MAFAKHERI, S.; MOGHADDAM, A. Absorption efficiency of N, P, K through triple inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) by *Azospirillum brasilense*, *Streptomyces* sp., *Glomus intraradices* and manure application. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v.17, p.181-192, 2011.

BARBOSA JUNIOR, J. B.; SANTANA, A. P. L. DE; ABREU, J. G. DE; RODRIGUES, J. A.; VIEIRA, M. C. Capim-Mavuno em diferentes períodos de diferimento. **Revista Eletrônica Nutri-Time**, v. 17, n. 3, p.8722-8729, 2020.

BATISTA, O.; MONTEIRO, D. O. Nitrogênio e Enxofre nas Características Morfológicas do Capim-Marandu em Substituição ao Capim-

Braquiária em Degradação em Solo com Baixo Teor de Matéria Orgânica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1151- 1160, 2008.

BERNARDI, A. C. de C.; BUENO, J. O. de A.; LAURENTI, N.; SANTOS, K. E. L.; ALVES, T. C. Efeito da calagem e fertilizantes aplicados à taxa variável nos atributos químicos do solo e custos de produção de pastagem de capim-tanzânia manejadas intensivamente. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 12, n. 4, p. 368-382, 2018.

BONO, J. A. M.; GONÇALVES, R. C.; GONCALVES, R. C. Fertilizantes nitrogenados em cobertura para pastagem Marandu (*Brachiaria brizantha*) no Mato Grosso do Sul. **Uniciências**, v. 23, n. 2, p. 127-132, 2019.

BRENNECKE, K.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; ANTONIAZZI, A.; SOUZA, E. F. Inoculation of *Pseudomonas fluorescens* in growth indices of *Brachiaria decumbens* spp. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 14, p. 217-224, 2016.

CECCON, G. **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 175 p.

CHAUHAN, P.; SHARMA, N.; TAPWAL, A.; KUMAR, A.; VERMA, G. S.; MEENA, M.; SETH, C. S.; SWAPNIL, P. Soil Microbiome: Diversity, Benefits and Interactions with Plants. **Sustainability**, v. 15, n. 19, p. 14643, 2023.

CHUBATSU, L. S.; MONTEIRO, R. A.; DE SOUZA, E. M.; DE OLIVEIRA, M. A. S.; YATES, M. G.; WASSEM, R.; BONATTO, A. C.; HUERGO, L. F.; STEFFENS, M. B. R.; RIGO, L. U.; PEDROSA, F. O. Nitrogen fixation control in *Herbaspirillum seropedicae*. **Plant and Soil**, v. 356, p.197-207, 2012.

COELHO, L. F.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; AMBROSANO, G. M. B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1413–1420, 2007.

CORRÊA, L. A. **Características agronômicas das principais plantas forrageiras tropicais**. São Carlos, SP: Embrapa, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002. (Comunicado Técnico, ISSN 1517-1116).

COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, S. M. B.; NASCIMENTO, W. G.; MEDEIROS, F. M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 993–1004, 2012.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil** / Moacyr Bernardino Dias-Filho. – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0513; 402).

FERREIRA, D. J.; ZANINE, A M. Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. REDVET. **Revista electrónica de Veterinaria**, v. 8, n. 3, p. 1-18, 2007.

FONSECA, D. M.; SANTOS, M.E.R.; MARTUSCELLO, J. A. Adubação de pastagens no Brasil: uma análise crítica. In: O. G. Pereira; J. A. Obeid; D. M. da Fonseca; D. do Nascimento Júnior. (Org.). **IV Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem**. 1 ed. Ubá: Suprema Editora, 2008, v. 1, p. 295-334.

FRASCA, L. L. de M.; REZENDE, C. C.; SILVA, M. A.; LANNA, A. C.; DUARTE, J. R. de M.; NASCENTE, A. S. Plantas de cobertura inoculadas com microrganismos multifuncionais na entressafra em sistemas de produção da região do Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 44, n. 4, p. 1489-1506, 2023.

GOMES, L. D.; LIMA DE LIMA, K. L.; SILVA, G. B. A.; BORGES, L. C. O.; RIGHI, R. S. M.; DUARTE, C. F. D.; CABRAL, C. H. A.; CABRAL, C. E. A. Tolerância de híbridos de braquiária ao estresse hídrico. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 10, 2023.

GOMIDE, C. A.M.; PACIULLO, D. S. C.; MORENZ, M. J. F.; COSTA, I. A.; LANZONI, C. L. Respostas produtivas e morfofisiológicas de *Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Zuri ao momento e às doses de aplicação de nitrogênio e à intensidade da desfolha. **Grassland Science**, v. 65, n. 2, p. 93-100, 2019.

GONZÁLEZ, A. M.; VICTORIA, D. E.; MERINO, F. C. G. Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in sugarcane. **Terra Latinoamericana**, v. 33, p. 321-330, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro Agropecuário de 2017. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil: 2018/2020** / IBGE, Coordenação de Meio Ambiente. - Rio de Janeiro: IBGE, 2022. 39 p.: il.

KARIA, C. T.; DUARTE, J. B.; ARAÚJO, A. C. G. de. Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (Trin.) Griseb no Brasil. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 57 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 163). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/570263>. Acesso em: 20 de setembro de 2024.

LACERDA, S.; ANDRADE, K. S. P.; ROCHA, T. C. Análise econômica na implantação de pastagem de *Megathyrus maximus* sobre diferentes doses de nitrogênio. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 10, n. 32, 2024.

LASLO, É.; GYÖRGY, É.; MARA, G.; TAMÁS, É.; ÁBRAHÁM, B.; LÁNYI, S. Triagem de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas como potenciais inoculantes microbianos. **Proteção de Culturas**, v. 40, p. 43-48, 2012.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. **Solos Sob Cerrado Manejo da Fertilidade para a Produção Agropecuária**. Boletim Técnico No 5. ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. São Paulo –SP, Outubro. 1994.

LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas. **Revisão Anual de Microbiologia**, v. 63, p. 541-556, 2009.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, V. M. T. S. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 1, p. 89-111, 2004.

MARTINS, G.; NOGUEIRA, W. A.; GAMA, T. D. C. M. Influência da inoculação de *Azospirillum brasiliense* e adubação química nitrogenada no desempenho produtivo de capim braquiária Piatã. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, p. 84508-84517, 2018.

MAPBIOMAS. Pastagens brasileiras ocupam área equivalente a todo estado do Amazonas. 2020. Disponível em: Acesso em: <https://brasil.mapbiomas.org/2021/10/13/pastagens-brasileiras-ocupam-area-equivalente-a-todo-o-estado-do-amazonas/#:~:text=Dados%20espec%C3%ADficos%20sobre%20o%20ava>. 16 de outubro de 2024.

MCCARTHY, B.; DELABY, L.; PIERCE, K. M.; FLEMING, C.; BRENNAN, A.; HORAN, B. The multi-year cumulative effects of alternative stocking rate and grazing management practices on pasture productivity and utilization efficiency. **Journal of Dairy Science, Champaign: American Dairy Science Association - ADSA**, v. 99, n. 5, p. 3784-3797, 2016.

MEHNAZ, S. *Azospirillum*: a biofertilizer for every crop. In: ARORA, N. K. (Ed.). **Plant microbes symbiosis: applied facets**. New Delhi: Springer India, 2015. p. 297–314.

MOREIRA, F. M. D. S.; SILVA, K. DA; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. DE. Bactérias diazotróficas associativas: Diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74–99, 2010.

MOTA, L. G.; RIGHI, R. S. M.; DUARTE, C. F. D.; CABRAL, C. H. A.; CABRAL, C. E. A. Época de fertilização nitrogenada afeta as reservas radiculares de gramíneas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 53, p. e75444, 2023.

MÜLLER, T. M.; SANDINI, I. E.; RODRIGUES, J. D.; NOVAKOWSKI, J. H.; BASI, S.; KAMINSKI, T. H. Combinação de métodos de inoculação de *Azospirillum brasiliense* com adubação nitrogenada a lanço aumenta a produtividade do milho. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 210–215, 2016.

MYOUNGSU, P. et al. Isolation and characterization of diazotrophic growth promoting bacteria from rhizosphere of agricultural crops of Korea. **Research in Microbiology**, v. 160, p. 127-133, 2005.

NASCIMENTO, H. L. B. **Cultivares de *Panicum maximum* adubadas e manejadas com frequência de desfolhação correspondente a 95% de interceptação luminosa**. 67 f. Dissertação (Mestrado Científico)-Faculdade De Zootecnia, Universidade Federal De Viçosa -UFV, VIÇOSA -MG, 2014.

PANKIEVICZ, V. C. S. et al. Robust biological nitrogen fixation in a model grass-bacterial association. **The Plant Journal**, v. 81, n. 6, p. 907–919, 2015.

PEDRAZA, R. O. Recent advances in nitrogen-fixing acetic acid bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 125, n. 1, p. 25-35, 2008.

PEDREIRA, B. C.; BARBOSA, P. L.; PEREIRA, L. E. T.; MOMBACH, M. A.; DOMICIANO, L. F.; PEREIRA, D. H.; FERREIRA, A.. Tiller density and tillering on *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n.4, p.1039-1046, 2017.

PEREIRA, L. E. T.; SOUSA, L. J.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; HERLING, V. R.; TECH, A. R. B. Critical concentration and management of nitrogen fertilization in the establishment of *Brachiaria* hybrid Mavuno. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 4, e20207625, 2021.

PERON, A.J.; EVANGELISTA, A.R. Degradação de Pastagens em Regiões de Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p.655-661, 2004.

PINC, M.; JUNIOR, D.; NETO, M.; POLLI, E.; DALMAGRO, M.; DONADEL, G.; OTÊNIO, J.; ALBERTON, O. Crescimento e nutrição da *Urochloa brizantha* cv. Marandu inoculada com bactéria promotora de crescimento vegetal e sob diferentes doses de nitrogênio. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e7309108925, 2020.

PINGUELLO, A. J. C.; TAMEIRÃO, E. R.; GONZAGA, L. W. F.; MONGELLI, M. S.; FARIA, P. H. A.; FERRANTE, M.; ; FERNÁNDEZ, F. E. Uso de índice de vegetação da diferença normalizada na estimativa de produção de forragem. **Pubvet**, v. 14, p. 139, 2020.

QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; SILVA, P. R. F. DA.; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D.; CAMARGO, F. A. O. Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 209–218, 2014.

RAMAKRISHNA, W.; YADAV, R.; LI, K. Bactérias promotoras do crescimento de plantas na agricultura: dois lados de uma moeda. **Ecologia Aplicada do Solo**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2019.02.019>. Acesso em: 16 jul. 2024.

RAMOS-AIRES, J.; PLÉSIAT, P.; KOCJANCIC-CURTY, L.; KÖHLER, T. Selection of an antibiotic-hypersusceptible mutant of *Pseudomonas aeruginosa*: identification of the GlmR transcriptional regulator. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 48, n. 3, p. 843-851, 2004.

REZENDE, P. R., RODRIGUES, L. M., BACKES, C., TEODORO, A. G., SANTOS, A. J. M., FERNANDES, P. B., GIONGO, P. R., RIBON, A. A., & BESSA, S. V. Productivity and nutrient extraction by Paiaguás palisadegrass, single and intercropping with pigeon pea, submitted to doses of nitrogen. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 74, n. 6, p. 1151–1160, 2022.

RODRIGUES, A. C.; BONIFÁCIO, A.; ARAÚJO, F. F.; LIRA JUNIOR, M. A.; FIGUEIREDO, M. V. B. *Azospirillum* sp. as a Challenge for Agriculture. In: Maheshwari, D.K (ed). **Bacterial Metabolites in Sustainable Agroecosystem**, Springer. 2015. DOI 10.1007/978-3-319-24654-3.

SALEEM, M.; ASGHAR, H. N.; ZAHIR, Z. A.; SHAHID, M. Impact of lead tolerant plant growth promoting rhizobacteria on growth, physiology, antioxidant activities, yield and lead content in sunflower in lead contaminated soil. **Chemosphere**, v. 195, p. 606-614, 2018.

SHARMA, S. K.; JOHRI, B. N.; RAMESH, A.; JOSHI, O. P.; PRASAD, S. V. S. Selection of plant growth-promoting *Pseudomonas* spp. that enhanced productivity of soybean-wheat cropping system in central India. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 21, p. 1127-1142, 2011.

SILVA, J. M.; DE OLIVEIRA, T. N.; ARAÚJO, C. A. S.; BARBOSA, M. X. S.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade e características morfológicas do híbrido mavuno (*B. brizantha* x *B. ruziziensis*) sob diferentes frequências e intensidades de corte. **Revista Semiárido De Visu**, V. 12, n. 1, p. 272-283, 2024.

SILVA, A. R., OLIVO, C. J., GRANADA, D. M., CASAGRANDE, L. G., QUATRIN, M. P.; SAUTER, C. P. Productivity and nutritive value of Tifton 85 bermudagrass inoculated with *Azospirillum brasilense* in association with nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, v. 70, n. 4, p. 42–50, 2023.

SILVA, H. S.; PORTO, E. M. V.; SANTOS, J. P.; VIEIRA, T. M.; JARDINS, R. R.; TEIXEIRA, F. A. Produção de biomassa do capim buffel co-inoculado com microrganismos promotores de crescimento em diferentes disponibilidades hídricas. In: Simpósio Baiano de Zootecnia - SIMBAZOO, 2022.

SILVA, A. R.; ALVARENGA, C. A. F.; MARTINS, L. R.; Componentes morfológicos do capim-Mavuno sob manejo em lotação contínua. **Anais do II Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica**, Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do triângulo mineiro. Uberaba, MG, v.2, n.1, set., 2018.

SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; GARCIA, R. N.; DIAS, J. L. A.; SILVA, Á. M.; PEREIRA, P. A. R. Variabilidade espacial da biomassa da forragem e taxa de lotação animal em pastagem de capim Marandu. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 2, p. 119-130, 2016.

SOUZA SOBRINHO, F.; AUAD, A. M.; BRIGHENTI, A. M.; GOMIDE, C. A. M.; MARTINS, C. E.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; BENITES, F. R. G.; ROCHA, W. S. D. **BRS Integra: nova cultivar de *Urochloa ruziziensis* para a ILPF**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2022. 11 p.

VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. **Gênero *Brachiaria*. Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. p.30-77.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 17. 2000. Piracicaba. **Anais...** Pág. 65-108.

VIEIRA, C.; MIGUEL, G.; FIGUEIREDO, E.; SILVA, G.; ROCHA, R.; ; OLIVEIRA, A. Desvendando o potencial: avaliação do efeito de *Azospirillum brasilense* inoculado via

sementes no crescimento e produção do capim-mombaça. **Arquivos eletrônicos científicos**, v.17, n.1, p.1-5, 2024.

VIEIRA, M. C.; RODRIGUES, J. A.; ABREU, J. G.; SANTANA, A. P. L.; BARBOSA JUNIOR, J. B. Capim-mavuno em diferentes períodos de diferimento. **Nutritime: Revista Eletrônica**, v. 17, n. 3, p. 8722-8729, 2020.

VOJTKOVÁ, H.; JANULKOVÁ, R.; ŠVANOVÁ, R. Phenotypic characterization of pseudomonas bacteria isolated from polluted sites of ostrava, czech republic. **GeoScience Engineering**, v.8, n.3, 2012.

ZHANG, J.; HUSSAIN, S.; ZHAO, F.; ZHU, L.; CAO, X.g; YU, S.; JIN, Q. Effects of Azospirillum brasilense and Pseudomonas fluorescens on nitrogen transformation and enzyme activity in the rice rhizosphere. **Journal of Soils and Sediments**, v. 18, p. 1453-1465, 2018.

ZUCARELLI, C.; CIL, I. R.; PRETE, C. E. C.; PRANDO, A. M. Eficiência agronômica da inoculação à base de **Pseudomonas fluorescens** na cultura do milho. **Revista Agrarian**, v. 4, p. 152-157, 2011.

WANG, X.; WANG, M.; CHEN, L.; SHUTES, B.; YAN, B.; ZHANG, F.; LYU, J.; ZHU, H. Migração e transformação de nitrogênio em um ecossistema de arroz salino-alcalino com aplicação de diferentes fertilizantes de nitrogênio. **Environmental Science and Pollution Research** , v. 30, n. 18, p. 51665-51678, 2023.

WEYENS, Nele; VAN DER LELIE, Daniel; TAGHAVI, Safiyh; NEWMAN, Lee; VANGRONSVELD, Jaco. Exploiting plant–microbe partnerships to improve biomass production and remediation. **Trends in Biotechnology**, v. 27, n. 10, p. 591-598, 2009.

CAPÍTULO 2 - ARTIGO

Produção de forragem e macronutrientes acumulados no capim híbrido Mavuno inoculado com bactérias promotoras de crescimento

Gabriel, Clarice Backes, Alessandro José Marques Santos, Patrick Bezerra
Fernandes

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento na produção de massa e acúmulo de macronutrientes do capim-mavuno. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Goiás – Campus de São Luís de Montes Belos, Goiás. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições por tratamento. Foram utilizados oito tratamentos com estratégias de inoculação de microrganismos e adubação nitrogenada: Controle (sem inoculação e sem N); 100 kg ha⁻¹ de N; *Azospirillum brasilense*, sem N; *Pseudomonas fluorescens*, sem N; *A. brasilense* e *P. fluorescens*, sem N; *A. brasilense*, mais 50 kg ha⁻¹ de N; *P. fluorescens*, mais 50 kg ha⁻¹ de N; e *A. brasilense* + *P. fluorescens*, mais 50 kg ha⁻¹ de N. As avaliações do capim Mavuno foram realizadas em 11/03/2023; 13/04/2023 e 24/05/2023 no primeiro ciclo e 15/12/2023; 10/01/2024; 15/02/2024; 22/03/2024 e 02/05/2024 no segundo ciclo de crescimento. Foram avaliados a taxa de cobertura verde pelo capim, índice relativo de clorofila, concentração de nutrientes na parte aérea da forrageira, acúmulo de massa seca do capim e quantidade de nutrientes extraídos pelo capim. A TCV e IRC não foram expressivos para apontar as diferenças entre os tratamentos. A inoculação do capim Mavuno, acrescido de N, promoveu produção de MS igual e até mesmo superior do capim que foi adubado com a maior dose de N. Os valores médios acumulados (kg ha⁻¹) em ordem decrescente no primeiro ciclo foram de 182,7 N > 171,0 K > 36,5 Mg > 31,0 Ca > 11,2 S > 10,4 P e no segundo ciclo: 174,0 N > 154,8 K > 39,5 Mg > 37,0 Ca > 12,5 P > 11,2 S.

Palavras chave: *Azospirillum brasilense*. *Pseudomonas fluorescens*. Adubação nitrogenada. Pastagem.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of inoculation of growth-promoting bacteria on the mass production and accumulation of macronutrients of mavuno grass. The experiment was conducted in the experimental area of the State University of Goiás - Campus of São Luís de Montes Belos, Goiás. The experimental design used was that of random blocks, with four repetitions per treatment. Eight treatments with microorganism inoculation strategies and nitrogen fertilization were used: Control (without inoculation and without N); 100 kg ha⁻¹ of N; *Azospirillum brasilense*, without N; *Pseudomonas fluorescens*, without N; *A. brasilense* and *P. fluorescens*, without N; *A. brasilense*, plus 50 kg ha⁻¹ of N; *P. fluorescens*, plus 50 kg ha⁻¹ of N; and *A. brasilense* + *P. fluorescens*, plus 50 kg ha⁻¹ of N. Mavuno grass evaluations were carried out on 03/11/2023; 04/13/2023 and 05/24/2023 in the first cycle and 12/15/2023; 01/10/2024; 02/15/2024; 03/22/2024 and 05/02/2024 in the second growth cycle. The rate of green cover by grass, relative chlorophyll index, concentration of nutrients in the aerial part of the forage, accumulation of dry grass mass and amount of nutrients extracted by grass were evaluated. The CVT and CKD were not so expressive to point out the differences between the treatments. The inoculation of Mavuno grass, plus N, promoted the production of MS equal and even higher than the grass that was fertilized with the highest dose of N. The accumulated mean values (kg ha⁻¹) in descending order in the first cycle were 182.7 N > 171.0 K > 36.5 Mg > 31.0 Ca > 11.2 S > 10.4 P and in the second cycle: 174.0 N > 154.8 K > 39.5 Mg > 37.0 Ca > 12.5 P > 11.2 S.

Keywords: *Azospirillum brasilense*. *Pseudomonas fluorescens*. Nitrogen fertilization. Pasture.

1. INTRODUÇÃO

As pastagens são componentes vitais dos sistemas pecuário, servindo como principal fonte de alimentação para o gado, na qual destaca-se por sua vasta extensão de terras cultivadas com gramíneas forrageiras (Melo et al., 2020).

Contudo, a produtividade e sustentabilidade dessas pastagens são frequentemente limitadas por solos de baixa fertilidade e práticas de manejo que podem levar à degradação do solo ao longo do tempo (Sarmiento et al., 2010; Oliveira et al 2020).

Esse fato justifica-se, em parte, pelo fato de a adubação representar as maiores despesas na gestão e manejo das pastagens, com fertilizantes representando um custo significativo para os produtores. Embora essenciais para o crescimento das plantas, os fertilizantes são onerosos e, quando aplicados de maneira inadequada, podem causar problemas ambientais (Braz et al., 2011).

Portanto, estratégias que reduzam a dependência de insumos químicos são altamente desejáveis para promover um manejo mais produtivo, econômico e ecologicamente correto das pastagens (Alovisi et al., 2021).

Diante dos desafios associados aos custos e impactos ambientais da adubação tradicional, a busca por alternativas sustentáveis é imperativa. A utilização de práticas que melhorem a eficiência no uso de nutrientes e reduzam a necessidade de fertilizantes sintéticos é essencial para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis (Silva, et al., 2024).

Nesse sentido, a fixação biológica por microrganismos fixadores de nutrientes apresenta-se como uma alternativa promissora, capaz de suprir parte das necessidades nutricionais das gramíneas sem os custos associados aos fertilizantes (Rocha, et al., 2022).

O emprego desses organismos tem o potencial de aumentar a disponibilidade de nutrientes de forma sustentável, melhorando a saúde do solo e a produtividade das plantas. Além disso, a utilização desses microrganismos como biofertilizantes contribui para a redução da dependência de insumos (Teodoro et al., 2024).

Além de melhorar a fertilidade do solo, estudos têm demonstrado que a introdução de microrganismos nas pastagens pode ter impactos diretos sobre a produção de biomassa e a acumulação de nutrientes em gramíneas forrageiras tropicais, o que, por sua vez, pode melhorar a qualidade e quantidade da forragem disponível para os animais. Assim, a utilização de microrganismos emerge não apenas como uma solução para os desafios da fertilidade do solo, mas também como uma estratégia promissora para maximizar a produtividade das pastagens de maneira sustentável e rentável (Frasca et al., 2023).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento na produção de massa e acúmulo de macronutrientes do capim-mavuno.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Goiás – Campus de São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil (16° 32' 30" S, 50° 25' 21" W e 569 m). O experimento teve duração de dois anos, considerando apenas o período das águas: o primeiro ano teve início em novembro de 2022 e término em maio de 2023; o segundo ano iniciou em novembro de 2023 com término em maio de 2024.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo Aw, com temperatura média de 23,5 °C, variando de 20,7 °C (junho) a 25,0 °C (dezembro). A precipitação média anual é de 1.785 mm, dos quais 87% são concentrados entre os meses de outubro e março. A região tem um período médio de déficit de precipitação de quatro meses durante o ano (Alvares et al., 2014). São apresentados na Figura 1 os dados de precipitação e temperatura durante o período do experimento.

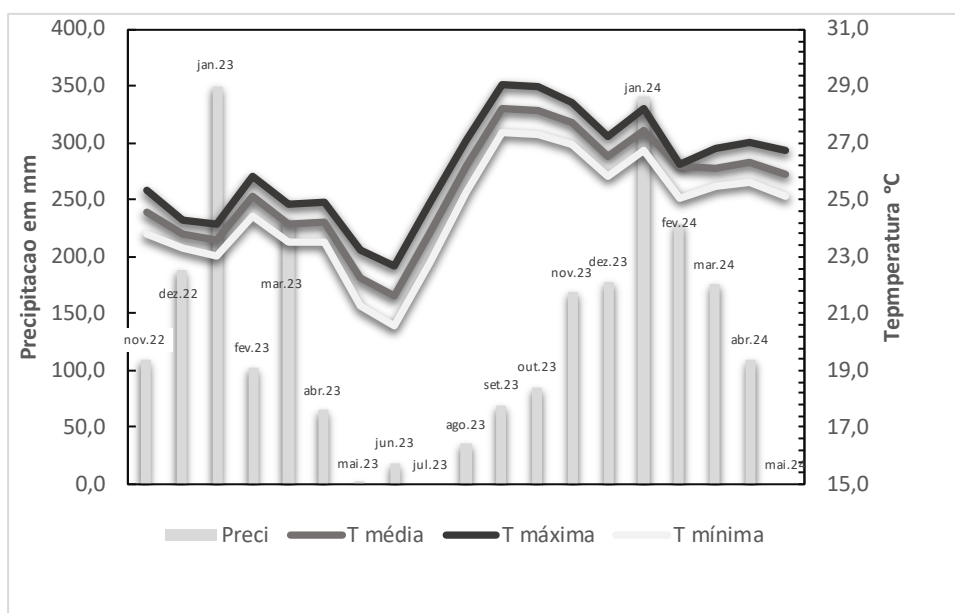


Figura 1. Dados climáticos coletados durante a condução do experimento.

2.2 Composição química do solo

Antes da implantação do experimento, foi realizada a caracterização química e física do solo, sendo coletadas 15 amostras na camada de 0,0 – 0,20 m.

Posteriormente, foi realizada uma amostra composta e encaminhada ao laboratório, para análise segundo o método descrito pela Embrapa (2017).

O solo foi classificado como tipo Latossolo Vermelho eutrófico (Santos et al., 2018), de textura argilosa (510, 130 e 360 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente), e foi verificado a seguinte composição química: 5,2 de potencial hidrogeniônico (pH em CaCl₂); 20 g dm⁻³ de matéria orgânica (M.O); 1,2 mg dm⁻³ de fósforo (P Melish); 3,4 cmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al); 0,256 cmol_c dm⁻³ de potássio (K); 2,7 cmol_c dm⁻³ de cálcio (Ca); 1,3 cmol_c dm⁻³ de magnésio (Mg); 7,7 cmol_c dm⁻³ de capacidade de troca de cátions (CTC), 55% de saturação de bases (V%).

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições por tratamento. Foram utilizados oito tratamentos com estratégias de inoculação de microrganismos e adubação nitrogenada: Controle (sem inoculação e sem N); 100 kg ha⁻¹ de N; *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 CNPSO 2083 e Ab-V6 CNPSO 2084), sem N; *Pseudomonas fluorescens* (CNPSO 2719), sem N; *A.brasilense* e *P. fluorescens*, sem N; *A. brasilense*, mais 50 kg ha⁻¹ de N; *P. fluorescens*, mais 50 kg ha⁻¹ de N; e *A.brasilense* + *P. fluorescens*, mais 50 kg ha⁻¹ de N. A concentração de microrganismos presentes no produto era de 1x10⁸ UFC mL⁻¹ de *A.brasilense* e 1x10⁸ UFC mL⁻¹ de *P. fluorescens*. Cada unidade experimental possuía 9 m², com 3 m de comprimento e 3 m de largura.

2.4 Implantação do experimento

No ensaio experimental utilizou o capim *Urochloa* híbrido cv. Mavuno, cruzamento de *U. brizantha* com *U. ruziziensis*. A área experimental foi preparada de forma convencional (uma aração e duas gradagens), não sendo realizada a calagem, pois a saturação por bases estava próxima do recomendado para pastos de *Urochloa* cultivados no Cerrado (Vilela et al., 2004). No dia 29 de novembro de 2022 as sementes foram inoculadas, de acordo com os respectivos tratamentos, utilizando-se a dose recomendada de 8 mL para cada kg de semente, e em seguida foi realizada a semeadura de 15 kg ha⁻¹ de sementes incrustadas, com 80% de valor cultural. No momento da semeadura foi realizada a adubação de base de acordo com a análise

do solo e com a necessidade da cultura, aplicando-se 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O.

Foi necessário o controle de plantas daninhas, que foi realizado com a aplicação de herbicida seletivo 2,4D para controle químico de plantas daninhas, sendo a aplicação realizada com a dose recomendada pelo fabricante de 2 L ha⁻¹, 60 dias após plantio da semente do capim, utilizou-se a bomba costal com capacidade de 20 litros para a pulverização.

No dia 04/02/2023 foi realizado o corte de uniformização e a aplicação de N, de acordo com os tratamentos na dose de 50 kg ha⁻¹ de N, utilizando como fonte a ureia. A segunda parcela da adubação nitrogenada do tratamento com 100 kg ha⁻¹ de N foi realizada após o corte de uniformização da primeira avaliação (11/03/2023). No dia 11/11/2023, com a estabilização das chuvas (início do segundo ciclo), foi realizado o corte de uniformização e no dia 28 de novembro de 2023, quando as plantas apresentavam taxa de cobertura de solo de 40%, os inoculantes foram reaplicados via foliar, de acordo com os respectivos tratamentos. A dose utilizada de cada inoculante (*A.brasilense*, *P. fluorescens*) foi de 300 mL ha⁻¹, já do protetor (Biopasto protetor) utilizou-se 150 mL ha⁻¹, aplicados no final do dia. Nos tratamentos com a inoculação de apenas uma das bactérias, foi realizada a mistura do protetor com o inoculante no pulverizador e os tratamentos com as duas bactérias a mistura dos três produtos. Foi realizada também no dia 28/11 a adubação nitrogenada na dose de 50 kg ha⁻¹ de N, assim como no primeiro ciclo e no dia 15/12/2023 a segunda parcela de N tratamento com a dose de 100 kg ha⁻¹ de N.

2.5 Avaliações

As avaliações do capim Mavuno foram realizadas em 11/03/2023; 13/04/2023 e 24/05/2023 no primeiro ciclo e 15/12/2023; 10/01/2024; 15/02/2024; 22/03/2024 e 02/05/2024 no segundo ciclo de crescimento.

A taxa de cobertura verde do solo (TCV) pela forrageira foi avaliada por meio da análise de imagem digital. As imagens foram obtidas sempre no mesmo horário, por uma câmera digital, paralelamente à superfície da pastagem em uma mesma altura (1,6 m), evitando a sombra do fotógrafo ou qualquer outra parte da câmera. Este procedimento proporcionou imagem digital correspondente à área, aproximadamente de 2 m².

Cada figura foi analisada no programa Corel Photo Paint v. 10.410 que permite contar o número de pontos (pixels) de determinada cor de acordo com metodologia adaptada de Godoy et al. (2012). Dessa forma determinou-se a taxa de cobertura verde do solo pelo método da seleção de pixels cor verde.

O Índice Relativo de Clorofila (IRC) foi obtido através do clorofilômetro antes de cada corte da forrageira, no terço médio das duas folhas completamente expandidas a partir do ápice da planta, em 20 plantas por parcela.

A coleta da forragem foi realizada, com auxílio de um quadrado de ferro de 1,0 x 1,0 m, cortado na altura de 20 cm da superfície do solo. Em seguida, o material foi pesado, sendo acondicionado em sacos de papel e secos em estufa de circulação e renovação de ar forçada por 72 horas na temperatura de 65 °C. Após esse período foi obtida a massa de seca de forragem. Com o somatório dos cortes, foi estimada a produção de massa seca no primeiro e segundo ano do experimento. Tanto no primeiro, como no segundo ciclo foi realizada a mistura dos cortes para a determinação da concentração de macronutrientes na parte aérea do capim (g kg^{-1} de massa seca). Com esses dados e o acúmulo de forragem, foi obtida a quantidade de nutrientes acumulados (kg ha^{-1}) através da multiplicação.

Os dados obtidos foram analisados utilizando testes de média Scott e Knott a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TCS foi influenciada pelos tratamentos somente no terceiro corte do segundo ciclo, onde verificou-se os menores valores no tratamento controle e no tratamento com a inoculação do *A. brasiliense* sem N (Tabela 1). As diferenças não foram tão expressivas, variando de aumentos de 7,9 a 8,9% quando comparados aos tratamentos com maiores TCV. Maiores taxas de forragem verde resultam em maior capacidade fotossintética e maior potencial de acúmulo de açúcar e nutrientes no tecido vegetal, além de possibilitar maior aporte de biomassa, aumentando tanto a disponibilidade quanto a qualidade da pastagem (Mazza et al., 2009).

As menores taxas foram observadas no terceiro corte no primeiro ano e no quinto corte no segundo ano, 71,6 e 72,8% respectivamente. Estas épocas correspondem ao mês de maio, período de transição para o período seco.

Tabela 1. Taxa de cobertura verde (TCV) do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.

Tratamentos	Taxa de Cobertura Verde (TCV) %		
	1º Ciclo		
	1º corte	2º corte	3º corte
Controle	83,2 a	99,4 a	70,7 a
100 kg ha ⁻¹ de N	85,1 a	99,6 a	72,3 a
<i>Azospirillum brasilense</i> , sem N	84,8 a	99,6 a	72,1 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , sem N	83,9 a	99,5 a	71,3 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. fluorescens</i> , sem N	84,5 a	98,6 a	71,8 a
<i>A. brasilense</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	83,1 a	99,5 a	70,7 a
<i>P. fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	85,0 a	99,5 a	72,2 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. Fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	83,8 a	99,6 a	71,3 a
CV	2,03	0,64	2,04

Tratamentos	2º ciclo				
	1º	2º	3º	4º	5º
	corte	corte	corte	corte	corte
Controle	73,3 a	83,9 a	88,4 b	81,7 a	75,6 a
100 kg ha ⁻¹ de N	73,4 a	83,8 a	91,4 a	84,7 a	69,6 a
<i>Azospirillum brasilense</i> , sem N	74,8 a	84,1 a	89,1 b	83,2 a	73,6 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , sem N	74,6 a	85,8 a	92,0 a	80,4 a	71,6 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. fluorescens</i> , sem N	72,6 a	86,6 a	91,9 a	80,0 a	73,3 a
<i>A. brasilense</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	72,6 a	82,8 a	91,1 a	83,0 a	74,2 a
<i>P. fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	73,0 a	83,2 a	92,1 a	81,1 a	70,2 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. Fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	72,9 a	85,7 a	91,3 b	82,1 a	74,4 a
CV	1,69	2,95	1,89	3,81	9,77

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Para o índice relativo de clorofila, característica avaliada com o uso do clorofilômetro, verifica-se efeito dos tratamentos também somente em uma das épocas. O tratamento controle e os capins que foram inoculados, porém que não receberam N, apresentaram os menores valores (Tabela 2).

O teor de clorofila de uma planta indica seu estado nutricional em N (Viana et al., 2014). Dessa forma, as leituras realizadas com o uso do clorofilômetro podem ser utilizadas para avaliar a fertilização nitrogenada. Domingues et al. (2021) obtiveram valores parecidos no capim-paiaguás e ainda observaram correlações significativas do índice relativo de clorofila como teor foliar de N nos dois ciclos estudados. Para validar o uso do clorofilômetro, Leite et al. (2021) utilizaram as medidas para calcular o índice de suficiência de N e verificaram que o uso do ISN 98% e 94% como

parâmetros possibilitou redução e uso racional do fertilizante nitrogenado para o capim Mombaça.

Tabela 2. Índice Relativo de Clorofila (IRC) das folhas do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.

Tratamentos	Índice Relativo de Clorofila (IRC)		
	1º Ciclo		
	1º corte	2º corte	3º corte
Controle	37,8 a	41,1 a	34,6 a
100 kg ha ⁻¹ de N	39,0 a	42,2 a	35,7 a
<i>Azospirillum brasilense</i> , sem N	36,9 a	38,8 a	34,9 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , sem N	38,3 a	38,9 a	37,7 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. fluorescens</i> , sem N	36,5 a	38,9 a	34,1 a
<i>A. brasilense</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	40,3 a	42,1 a	38,5 a
<i>P. fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	37,5 a	38,7 a	36,4 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. Fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	37,5 a	39,4 a	35,6 a
CV	7,35	10,10	9,11

Tratamentos	Índice Relativo de Clorofila (IRC)				
	2º ciclo				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
Controle	45,4 a	41,5 b	40,2 a	40,7 a	42,8 a
100 kg ha ⁻¹ de N	51,8 a	48,0 a	42,2 a	41,5 a	42,8 a
<i>Azospirillum brasilense</i> , sem N	45,5 a	42,0 b	40,9 a	41,5 a	40,2 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , sem N	46,2 a	42,5 b	38,9 a	41,5 a	42,9 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. fluorescens</i> , sem N	48,0 a	42,9 b	41,6 a	41,7 a	40,4 a
<i>A. brasilense</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	49,9 a	44,6 a	41,9 a	41,2 a	42,9 a
<i>P. fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	51,1 a	47,1 a	40,6 a	42,7 a	43,5 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. Fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	48,9 a	45,3 a	39,1 a	41,1 a	42,2 a
CV	6,52	4,33	9,98	4,34	7,52

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados das concentrações de macronutrientes na parte aérea do capim Mavuno em função dos tratamentos. As concentrações de Ca e Mg não foram influenciadas em nenhum dos ciclos avaliados. N e K foram influenciados no segundo ano avaliado, quando o capim estava mais desenvolvido. Já para P e S foi observada a diferença somente no primeiro ano. De acordo com Sampaio et al. (2021), o fornecimento adequado de nutrientes, principalmente o N, potencializou o acúmulo de nutrientes na parte aérea do capim-marandu. Além disso, melhorou o valor nutritivo da forragem produzida.

O tratamento com 100 kg ha^{-1} de N e os com a inoculação de *P. fluorescens* e *A. brasilense* + *P. fluorescens*, acrescidos de 50 kg ha^{-1} proporcionaram as maiores concentrações N na parte aérea das forrageiras, indicando que com a inoculação é possível reduzir a dose de N em 50%. Lopes et al. (2018) relataram que *P. fluorescens* e *Burkholderia pyrrocinia* coinoculados em plantas *U. brizantha*, aumentaram a quantidade de nitrato, proteína, concentração de N, área foliar, números de perfilhos, fotossíntese líquida e produção de biomassa total. Denotando, uma fonte potencialmente valiosa de contribuição da busca de alternativas ecologicamente corretas para melhoria da produtividade das pastagens.

Ao observar os valores médios obtidos na concentração de N na parte aérea, principalmente no primeiro ciclo, verifica-se que estão adequados, quando comparado ao encontrado por Moreira et al. (2013), com 21,44 e 22,44 g kg^{-1} de MS para o cv. Xaraés e Marandu respectivamente. Domingues et al. (2021) obtiveram valores de até $25,00 \text{ g kg}^{-1}$, porém esses valores foram obtidos com alta dose de N (388 kg ha^{-1}).

Para o P o tratamento *A. brasilense* + *P. fluorescens*, acrescidos de 50 kg ha^{-1} . Os demais tratamentos não diferiram entre si. A bactéria *P. fluorescens* é reconhecida por sua capacidade de colonizar a rizosfera, oferecendo benefícios significativos para as gramíneas (Zucareli et al., 2011), melhorando assim o aproveitamento dos nutrientes, principalmente o P.

Tabela 3. Concentração de nutrientes da parte aérea do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.

Tratamentos	Concentração de nutrientes (g kg ⁻¹)					
	Ciclo 1					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Controle	24,9 a	1,4 b	23,9 a	4,4 a	4,8 a	1,42 b
100 kg ha ⁻¹ de N	25,5 a	1,4 b	22,5 a	4,7 a	5,2 a	1,45 b
<i>Azospirillum brasilense</i> , sem N	23,8 a	1,5 b	24,4 a	4,1 a	5,4 a	1,55 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , sem N	26,5 a	1,4 b	23,3 a	4,2 a	5,5 a	1,47 b
<i>A. brasilense</i> e <i>P. fluorescens</i> , sem N	26,7 a	1,4 b	25,5 a	4,1 a	5,3 a	1,57 b
<i>A. brasilense</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	24,1 a	1,5 b	23,9 a	4,5 a	5,2 a	1,60 a
<i>P. fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	27,3 a	1,5 b	23,0 a	4,0 a	4,5 a	1,75 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. Fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	25,8 a	1,7 a	25,5 a	4,7 a	5,1 a	1,67 a
CV	11,43	7,24	8,91	16,59	10,17	6,51

Tratamentos	Concentração de nutrientes (g kg ⁻¹)					
	Ciclo 2					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Controle	20,7 b	1,5 a	16,2 b	4,6 a	4,5 a	1,4 a
100 kg ha ⁻¹ de N	22,2 a	1,4 a	14,6 b	5,1 a	5,6 a	1,4 a
<i>Azospirillum brasilense</i> , sem N	19,9 b	1,7 a	21,9 a	4,4 a	4,7 a	1,3 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , sem N	19,2 b	1,7 a	20,5 a	4,3 a	4,5 a	1,3 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. fluorescens</i> , sem N	20,4 b	1,5 a	19,7 a	4,6 a	4,8 a	1,4 a
<i>A. brasilense</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	21,3 b	1,7 a	18,8 a	5,0 a	5,6 a	1,4 a
<i>P. fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	23,2 a	1,5 a	20,1 a	4,3 a	4,7 a	1,5 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. Fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	24,0 a	1,4 a	20,7 a	4,4 a	4,7 a	1,4 a
	6,01	9,37	11,69	13,27	16,20	7,73

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott a 5% de probabilidade.

As menores concentrações de K foram observadas no tratamento controle, possivelmente pela menor MS produzida e não capim que recebeu 100 kg ha⁻¹ de N, efeito de diluição, visto que produziu 8.413 kg ha⁻¹ no acumulado do segundo ano (Tabela 4). Já para o S, os tratamentos com inoculação, acrescidos de N, proporcionaram maiores concentrações na parte aérea do capim Mavuno.

No primeiro ano os tratamentos com *P. fluorescens* e *A. brasilense* + *P. fluorescens*, acrescidos de 50 kg ha⁻¹ de N proporcionaram maiores quantidades de forragem acumulada, não diferindo, porém do tratamento que recebeu 100 kg ha⁻¹ de N (Tabela 4). Quando comparado ao controle, houve incrementos de 16, 14 e 11% respectivamente. Já no segundo ciclo a inoculação com *P. fluorescens* e *A. brasilense* + *P. fluorescens*, acrescidos de 50 kg ha⁻¹ de N proporcionaram as melhores

respostas, com incrementos de 25 e 23% respectivamente em relação ao tratamento que não foi inoculado e não recebeu adubação nitrogenada.

Sá et al. (2019) avaliando o “rendimento de biomassa, acúmulo de N e valor nutritivo de capim Mavuno inoculado com bactérias promotoras de crescimento”, verificaram que os tratamentos com PGPB (*Azospirillum*, *Pseudomonas* e *Rizobium*) combinados com fertilizantes nitrogenados foram capazes de proporcionar maiores ganhos em produtividade, quando relacionados aos tratamentos sem inoculação. Os autores mencionaram ainda, que os fitohormônios secretados pelas bactérias incrementaram de maneira bastante significativa o crescimento radicular e a absorção total de N pela parte aérea, assim como, a combinação da inoculação com fertilizantes nitrogenados resultou em maiores índices relativos de clorofila, massa seca de perfilhos e absorção total de N.

Tabela 4. Forragem acumulada do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.

Tratamentos	Forragem acumulada (kg ha ⁻¹)	
	Ciclo 1	Ciclo 2
Controle	6.497 b	6.904 e
100 kg ha ⁻¹ de N	7.418 a	8.639 c
<i>Azospirillum brasilense</i> , sem N	6.567 b	7.812 d
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , sem N	6.763 b	7.573 d
<i>A. brasilense</i> e <i>P. fluorescens</i> , sem N	7.070 b	7.826 d
<i>A. brasilense</i> , mais 50 kg ha ⁻¹ de N	7.156 b	7.970 d
<i>P. fluorescens</i> , mais 50 kg ha ⁻¹ de N	7.868 a	9.296 a
<i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> , mais 50 kg ha ⁻¹ de N	7.692 a	9.000 b
	7,23	6,84

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott a 5% de probabilidade.

O N e o K foram os nutrientes mais extraídos pelo capim Mavuno, chegando a valores de 215,9 e 195,8 kg ha⁻¹ respectivamente (Tabela 5). No primeiro ano o capim inoculado somente com *P. fluorescens*, mais 50 kg ha⁻¹ de N apresentou maior acúmulo de N. Já no segundo ciclo este tratamento não diferiu daquele que recebeu as duas bactérias, juntamente com a adubação nitrogenada. Para o K, assim como ocorreu na avaliação de concentração, os maiores valores acumulados também foram verificados no tratamento controle e no capim que recebeu 100 kg ha⁻¹ de N.

No primeiro ano de implantação da forrageira, os tratamentos com *P. fluorescens* e *A. brasilense* + *P. fluorescens*, acrescidos de 50 kg ha⁻¹ de N

proporcionaram os maiores acúmulos de P. Para implantação de pastagens é necessário à inclusão de P via adubação visto que na fase de estabelecimento as plantas têm uma exigência alta de P na solução do solo, para desenvolvimento das raízes e acúmulo do nutriente nos tecidos da forrageira. Como todos os tratamentos receberam a adubação fosfatada, a disponibilidade do P pode ter sido potencializada com a inoculação da forrageira, principalmente pela bactéria *P. fluorescens*, que pode ter aumentado o volume das raízes.

No segundo ano somente o tratamento controle apresentou menores valores. Na fase de produção, as exigências diminuem consideravelmente, mas com o decorrer do tempo com a saída do P via pastejo a forrageira começa a apresentar limitação na rebrotação (Soares et al., 2001).

Tabela 5. Nutrientes acumulados na parte aérea do capim Mavuno em função de estratégias de inoculação com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* e adubação nitrogenada, durante o período de dois anos.

Tratamentos	Nutrientes acumulados (kg ha ⁻¹)					
	Ciclo 1					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Controle	162,0 d	8,9 b	155,2 a	28,5 a	31,1 a	9,3 b
100 kg ha ⁻¹ de N	189,0 b	10,3 b	167,6 a	35,1 a	38,8 a	10,6 b
<i>Azospirillum brasilense</i> , sem N	156,4 d	9,7 b	160,2 a	26,6 a	35,4 a	10,0 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , sem N	179,7c	9,4 b	157,6 a	28,5 a	37,4 a	10,1 b
<i>A. brasilense</i> e <i>P. fluorescens</i> , sem N	188,4	10,1 b	180,3 a	28,8 a	37,2 a	11,2 b
<i>A. brasilense</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	172,8 c	10,4 b	170,8 a	32,6 a	37,4 a	11,3 b
<i>P. fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	214,8 a	11,5 a	181,1 a	31,3 a	35,1 a	13,7 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. Fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	198,5 b	12,6 a	195,8 a	36,4 a	39,3 a	13,0 a
CV	6,30	11,13	11,81	17,57	14,99	9,58
Tratamentos	Nutrientes acumulados (kg ha ⁻¹)					
	Ciclo 2					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Controle	142,8 d	10,2 b	111,7 c	31,7 b	31,3 b	9,3 c
100 kg ha ⁻¹ de N	191,9 b	12,5 a	125,7 c	44,0 a	48,4 a	12,0 b
<i>Azospirillum brasilense</i> , sem N	153,3 c	13,5 a	171,6 a	34,2 b	36,6 b	10,5 c
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , sem N	145,9 d	12,4 a	155,3 b	32,6 b	33,8 b	9,9 c
<i>A. brasilense</i> e <i>P. fluorescens</i> , sem N	159,5 c	11,9 a	154,4 b	35,8 b	37,5 b	10,0 c
<i>A. brasilense</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	165,0 b	12,8 a	145,5 b	38,3 a	43,2 a	11,3 c
<i>P. fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	215,9 a	14,2 a	186,9 a	39,8 a	43,3 a	13,9 a
<i>A. brasilense</i> e <i>P. Fluorescens</i> + 50 kg ha ⁻¹ de N	215,7 a	12,7 a	185,8 a	39,9 a	41,9 a	12,6 b
	6,99	8,78	12,28	12,97	15,59	8,57

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Para Ca e Mg houve o mesmo comportamento, não havendo diferença entre os tratamentos no primeiro ciclo e no segundo foi verificado que os maiores acúmulos foram obtidos no tratamento com 100 kg ha de N e nos que foram inoculados,

acrescidos de 50 kg ha de N. Já para o S os tratamentos com *P. fluorescens* e *A.brasilense* + *P. fluorescens*, acrescidos de 50 kg ha⁻¹ de N proporcionaram maiores valores no segundo ciclo o maior acúmulo foi obtido no capim inoculado com *P. fluorescens*, acrescido de N.

4. CONCLUSÕES

A TCV e IRC não foram tão expressivos para apontar as diferenças entre os tratamentos.

A inoculação do capim Mavuno, acrescido de N, promoveu produção de MS igual e até mesmo superior do capim que foi adubado com a maior dose de N.

Os valores médios acumulados (kg ha⁻¹) em ordem decrescente no primeiro ciclo foram de 182,7 N > 171,0 K > 36,5 Mg > 31,0 Ca > 11,2 S > 10,4 P e no segundo ciclo: 174,0 N > 154,8 K > 39,5 Mg > 37,0 Ca > 12,5 P > 11,2 S.

REFERÊNCIAS

- ALOVISI, A. M. T.; RODRIGUES, R. B.; ALOVISI, A. A.; TEBAR, M. M.; VILLALBA, L. A.; MUGLIA, G. R. P.; SOARES, M. S. P.; TOKURA, L. K.; CASSOL, C. J.; SILVA, R. S.; TOKURA, W. I.; GNING, A.; KAI, P. M. Use of basalt rock powder as an alternative fertilizer culture of soybean. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. e33710615599, 2021.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.
- BRAZ, T. G. S.; FONSECA, D. M.; FREITAS, F. P.; MARTUSCELLO, J. A.; SANTOS, M. E. R.; SANTOS, M. V.; PEREIRA, V. V. Morphogenesis of Tanzania guinea grass under nitrogen doses and plant densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1420–1427, 2011.
- DOMINGUES, A. A.; SANTOS, A. J. M.; BACKES, C. ; RODRIGUES, L. M. ; TEODORO, A. G.; BESSA, S. V. ; RIBON, A. A.; GIONGO, P. R.; GODOY, L. J. G.; RESENDE, C. C. F. . Nitrogen fertilization of paiguás grass: production and nutrition. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 8, p.e5918, 2021.

FRASCA, L. L. DE M.; REZENDE, C. C.; SILVA, M. A.; LANNA, A. C.; DUARTE, J. R. DE M.; NASCENTE, A. S. Plantas de cobertura inoculadas com microrganismos multifuncionais na entressafra em sistemas de produção da região do Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 44, n. 4, p. 1489–1506, 2023.

LEITE, L. L. F.; BACKES, C.; GODOY, L. J. G.; SANTOS, A. J. M.; TEODORO, A. G.; RODRIGUES, L. M.; RESENDE, C. C. F.; RIBON, A. A. Mombaça grass yield as a function of nitrogen fertilization based on the use of the chlorophyll meter. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, p. 4085-4102, 2021.

LOPES, M. J. S.; DIAS FILHO, M. B.; CASTRO, T. D. R.; DE FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B. Effect of *Pseudomonas fluorescens* and *Burkholderia pyrrocinia* on the growth improvement and physiological responses in *Brachiaria brizantha*. **American Journal of plant Sciences**, vol. 9, p. 250-265, 2018.

MAZZA, L. M.; PÔGGERE, G. C.; FERRARO, F. P.; RIBEIRO, C. B.; CHEROBIM, V. F.; MOTTA, A. C. V.; MORAES, A. Adubação nitrogenada na produtividade e composição química do capim mombaça no primeiro planalto paranaense. **Scientia Agrária**, v. 10, n. 4, pp.257-265, 2009.

MELO, G. G.; GOMES, M. B.; DEL CARRATORE, R. R.; SILVA, V. L.; ROSWALKA, L. C.; TARSITANO, R. A. Morfogênese do capim-marandu em área degradada submetido a estratégias de manejo e adubação nitrogenada. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 6, p. 1-72020.

MOREIRA, J.F.M.; COSTA, K.A.P.; SEVERIANO, E.C.; SIMON, G.A.; CRUVINEL, W.S.; BENTO, J.C. Nutrientes em cultivares de *Brachiaria brizantha* e estilosantes em cultivo solteiro e consorciado, **Archivos de Zootecnia**, v. 62 n.240, p. 513-523. 2013.

OLIVEIRA, P.; AZENHA, M.; RODRIGUES, P.; ALVES, T.; LEMES, A.; PEDROSO, ADF **Emissão de óxido nitroso em pastagens tropicais de sistemas de produção de bovinos de corte**. In: EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE. Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E). São Carlos, 2020.

SARMENTO, C. M. B.; VEIGA, J. B.; RISCHKOWSKY, B.; KATO, O. R.; SIEGMUND-SCHULTZE, M. Caracterização e avaliação da pastagem do rebanho de agricultores familiares do nordeste paraense. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 415–423, 2010.

SILVA, M. T.; CUNHA, J. L. X. L.; SOARES, M. A. S.; SOUZA, R. C.; MOURA, A. C. A.; SANTOS, R. L.; FARIAS, L. R. A.; RAMOS, M. G. C. Análise econômica do cultivo da palma forrageira, submetida à adubação química e orgânica. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 6, p. e7768, 2024.

SOARES, W. V.; LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L. **Adubação Fosfatada para manutenção de Pastagem de *Brachiaria decumbens* no Cerrado**. Comunicado Técnico 53. Brasília: Embrapa Cerrado, 2001.

TEODORO, A. G.; FRANÇA, A. F. S.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; FIRMINO, A. E.; FERREIRA, R. N.; CAIXETA, L. F. S.; FREITAS, P. V. D. X.. Inoculação do capim *Megathyrsus maximus* por bactérias do gênero *Azospirillum* associado a adubação nitrogenada. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 4, p. e4244, 2024.

VIANA, M.C.M.; SILVA, I.P.; FREIRE, F.M.; FERREIRA, M .M.; COSTA, E.L.; MASCARENHAS, M. H.T.; TEIXEIRA, M .F. F. Production and nutrition of irrigated Tanzania guinea grass in response to nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.5, p. 238, 2014.