



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**ASSOCIAÇÃO ENTRE *Azospirillum brasilense* E  
ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO FORMA  
DE ELEVAR A PRODUÇÃO E O VALOR  
NUTRITIVO DE CAPIM-BUFFEL NO  
SEMIÁRIDO MINEIRO**

**Sergio Assunção da Conceição**

**Sergio Assunção da Conceição**

**ASSOCIAÇÃO ENTRE *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO FORMA DE ELEVAR A PRODUÇÃO E O VALOR NUTRITIVO DE CAPIM-BUFFEL NO SEMIÁRIDO MINEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre.

**Orientador**

**Prof. Dr. Edson Marcos Viana Porto**

Janaúba  
2026

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Conceição, Sérgio Assunção da

C744a

Associação entre *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada como forma de elevar a produção e o valor nutritivo de capim-buffel no semiárido mineiro [manuscrito] / Sérgio Assunção da Conceição – 2026.

59 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2026.

Orientador: Prof. D. Sc. Edson Marcos Viana Porto.

1. Adubação nitrogenada. 2. *Azospirillum brasilense*. 3. Capim buffel. 4. Forragem. I. Porto, Edson Marcos Viana. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.2

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

27 dias do mês de fevereiro de 2026

Declaramos para os devidos fins que no dia **27 de fevereiro de 2026**, a Senhor **Sergio Assunção Da Conceição**, CPF **612.704.203-80** defendeu sua Dissertação de Mestrado, Intitulada “**Associação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada para aumentar a produção e o valor nutritivo do capim-buffel no semiárido mineiro**” no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unimontes – Universidade Estadual de Montes Claros, aprovada pela banca examinadora:

**Dr. Edson Marcos Viana Porto/ Presidente/ UNIMONTES**

**Dr. Flávio Pinto Monção/ Membro Interno/ UNIMONTES**

**Dr. Hugo Tiago Ribeiro Amaro/ Membro Interno/UNIMONTES**

**Dr. Camila Maida Albuquerque Maranhão/Membro Interno/UNIMONTES**

**Dr. Thiago Gomes dos Santos Braz/ Membro Externo/ICA – UFMG**

Considerando o disposto no Artigo 49 da Resolução Nº. 372 – CEPEX/2020 das Normas do Programa, a Mestranda somente poderá usufruir de todos os direitos e prerrogativas que o título de Mestre em Zootecnia lhe confere após a apresentação da Dissertação, devidamente aprovado em sua redação definitiva, à Secretaria do Programa, **no prazo final de 90 dias**, findo o qual esta declaração perde a validade.

O Mestrando foi orientado pelo Prof. **Edson Marcos Viana Porto**.

O curso é reconhecido e Homologado pelo CNE (Portaria MEC N° 1.077- DOU de 13/09/2012 - Parecer CES/CNE 277/2007, 17/01/2008) Renovação do Reconhecimento: (RESOLUÇÃO SEDECTS N° 15, de 14 DE MARÇO 2019, D.O.MG de 26/03/2019).



Documento assinado eletronicamente por **THIAGO GOMES DOS SANTOS BRAZ, Usuário Externo**, em 27/02/2026, às 18:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edson Marcos Viana Porto, Professor(a)**, em 27/02/2026, às 21:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hugo Tiago Ribeiro Amaro, Professor(a)**, em 27/02/2026, às 23:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Professor(a)**, em 28/02/2026, às 03:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Maida de Albuquerque Maranhao, Professor(a)**, em 28/02/2026, às 20:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.mg.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **134203992** e o código CRC **3C8EE9C9**.

## AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a Deus por ter me dado capacidade em meio a dificuldades de concluir mais uma etapa tão importante na minha vida. Esta dissertação é fruto da minha dedicação e da dedicação das pessoas que me acompanharam e me apoiaram nesta longa jornada, como minha família, principalmente meus pais, Maria Antônia e Joaquim. Obrigado por serem meu porto seguro, por acreditarem em mim e por investirem na minha educação. Agradeço também a meus irmãos, Regiane, Vanda, Ivone, Nelson, Geovan, Valdemir, Jose Arimatéia e Leandro, que sempre tiveram paciência e confiança em mim, por mais difícil que fossem as circunstâncias.

Agradeço de forma especial ao professor orientador Edson Marcos Viana Porto e aos meus coorientadores Flavio Pinto Monção e Camila Maida pelo conteúdo acadêmico repassado em aulas, campo e conversas, sugestões, correções, dicas, conhecimentos passados e principalmente pela amizade.

Às amigadas que conquistei durante este período acadêmico e que me acompanharão durante minha vida, agradeço em especial: Sophia, João Victor, Lucas, Hugo, Maira, Estefany, Isaac, Laiane, Silvana, Pedro, Jordânia, Keitty e Thaís.

A todos os mencionados e a tantos outros que ficaram por mencionar, o meu muito obrigado.

Agradeço à Universidade Estadual de Montes Claros pela oportunidade de realização desta pós-graduação, aos professores do programa, sempre dedicados e fundamentais para meu crescimento profissional, e à CAPES por proporcionar os recursos necessários para execução deste trabalho.

Agradeço a todos os colegas do Laboratório de Bromatologia, especialmente Jordânea Hugo e André, pela sincera amizade, ensinamento, compreensão, ajuda e apoio. A todos que contribuíram de alguma forma durante minha formação como mestre, muito obrigado.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 O semiárido brasileiro .....	13
2.2 Capim-buffel.....	14
2.3 Adubação nitrogenada .....	17
2.4 <i>Azospirillum brasilense</i> e suas características do gênero .....	19
3. REFERÊNCIAS .....	25
CAPÍTULO 1:.....	34
ASSOCIAÇÃO ENTRE <i>Azospirillum brasilense</i> E ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO FORMA DE ELEVAR A PRODUÇÃO E O VALOR NUTRITIVO DE CAPIM-BUFFEL NO SEMIÁRIDO MINEIRO .....	34
Resumo.....	35
Abstract .....	36
Material e Métodos.....	38
Local do experimento.....	38
Tratamentos e delineamento experimental .....	40
Parâmetros avaliados.....	41
Composição químico-bromatológica e digestibilidade.....	41
Análises estatísticas.....	42
Resultados .....	43
Discussão .....	51
Conclusão .....	55
Conflito de interesses.....	55
Referências.....	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59

## **NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA**

Esta dissertação segue as premissas básicas das Normas da Revista Brasileira de Zootecnia, exceto o idioma. Link: <https://rbz.org.br/pt-br/>.

## RESUMO GERAL

CONCEIÇÃO, Sergio Assunção da. **Estratégias de adubação nitrogenada para o capim-buffel: impactos na produtividade, composição química e digestibilidade**. 2026. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.

Na pecuária brasileira, as pastagens representam a base alimentar do rebanho bovino. Contudo, grande parte dessas áreas apresenta algum nível de degradação, sendo a deficiência de adubação nitrogenada um dos principais fatores responsáveis por esse cenário. O nitrogênio destaca-se como nutriente essencial, pois integra a estrutura das proteínas e está diretamente relacionado ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo avaliar diferentes estratégias de adubação nitrogenada em pastagens de capim-buffel manejadas na região semiárida, analisando seus efeitos sobre as características estruturais, produtivas e nutricionais da forragem. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais com quatro ciclos de corte. Os tratamentos consistiram em: 1) controle, sem adubação; 2) aplicação de 40 kg de nitrogênio sem *Azospirillum*; 3) 40 kg de nitrogênio com *Azospirillum*; 4) 80 kg de nitrogênio sem *Azospirillum*; e 5) 80 kg de nitrogênio com *Azospirillum*. A ureia (46% de N) foi utilizada como fonte de nitrogênio. Cada parcela experimental possuía aproximadamente 10 m<sup>2</sup> (3,70 m × 2,90 m). No primeiro corte, a aplicação de 80 kg de N associada ao *Azospirillum* promoveu incremento de 23,76% na produção de matéria seca em comparação ao tratamento controle, cuja média foi de 2,333 kg ha<sup>-1</sup>. Não foram observadas diferenças significativas entre as estratégias quanto à altura das plantas, com média de 98 cm, nem quanto ao número de perfilhos. No terceiro corte, as estratégias de adubação nitrogenada proporcionaram aumento de 29,20% no teor de proteína bruta em relação ao controle, cuja média foi de 7,95%. Para as demais variáveis analisadas, não foram constatados efeitos significativos da adubação. De modo geral, todas as estratégias de adubação nitrogenada contribuíram para melhorar a produtividade e a composição químico-bromatológica do capim-buffel,

sendo a aplicação de 40 kg de N a estratégia que apresentou melhor desempenho global, considerando-se o conjunto das variáveis avaliadas.

**Palavras-chave:** *Azospirillum brasilense*, *Cenchrus ciliaris*, produção de forragem; proteína bruta, semiárido.

## GENERAL ABSTRACT

CONCEIÇÃO, Sergio Assunção. **Nitrogen fertilization strategies for buffelgrass: impacts on productivity, chemical composition, and digestibility.** 2026. 55p. Dissertation (Master`s degree in Animal Science) – State University of Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.

In Brazilian livestock farming, pastures represent the basis of cattle herd nutrition. However, a large part of these areas presents some level of degradation, with nitrogen fertilization deficiency being one of the main factors responsible for this scenario. Nitrogen stands out as an essential nutrient, as it integrates the structure of proteins and is directly related to plant growth and development. Therefore, this research aimed to evaluate different nitrogen fertilization strategies in buffelgrass pastures managed in the semi-arid region, analyzing their effects on the structural, productive, and nutritional characteristics of the forage. The experiment was conducted in a randomized block design, with five treatments and four repetitions, totaling four cutting cycles. The treatments consisted of: 1) control, without fertilization; 2) application of 40 kg of nitrogen without *Azospirillum*; 3) 40 kg of nitrogen with *Azospirillum*; 4) 80 kg of nitrogen without *Azospirillum*; and 5) 80 kg of nitrogen with *Azospirillum*. Urea (46% N) was used as a nitrogen source. Each experimental plot was approximately 10 m<sup>2</sup> (3.70 m × 2.90 m). In the first cut, the application of 80 kg of N associated with *Azospirillum* promoted a 23.76% increase in dry matter production compared to the control treatment, which averaged 2.333 kg ha<sup>-1</sup>. No significant differences were observed between the strategies regarding plant height, with an average of 98 cm, nor regarding the number of tillers. In the third cut, the nitrogen fertilization strategies provided a 29.20% increase in crude protein content compared to the control, which averaged 7.95%. For the other variables analyzed, no significant effects of fertilization were found. In general, all nitrogen fertilization strategies contributed to improving the productivity and chemical-bromatological composition of buffelgrass, with the application of 40 kg of N being the strategy that presented the best overall performance considering all the variables evaluated.

**Keywords:** *Azospirillum*, semi-arid, dry matter production; crude pasture, protein.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui aproximadamente 177 milhões de hectares de áreas de pastagem, das quais cerca de 41% apresentam vigor vegetativo intermediário, com indícios de degradação, enquanto 21% exibem baixo vigor vegetativo, caracterizando um cenário de degradação severa (Bolfé et al., 2025). No semiárido brasileiro, a limitação climática resultante da baixa quantidade e distribuição irregular da precipitação agrava a deficiência de alimentos para o rebanho de ruminantes.

A deficiência de nutrientes como o nitrogênio é um dos fatores envolvidos na degradação. Esse nutriente também pode ser visto como a principal estratégia para aumentar e intensificar a produção de forragem, sobretudo no período chuvoso. O fornecimento de N pode ser visto como uma estratégia para aumentar a oferta de alimentos no período de chuva e até conservar ou diferir para o período seco. Consequentemente, é importante adotar tecnologia com a adubação nitrogenada, visto que o nitrogênio é o principal fator limitante do crescimento das plantas forrageiras, sobretudo em regiões semiáridas (Hungria et al., 2007).

Em regiões semiáridas, caracterizadas por prolongados períodos de escassez hídrica, o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) destaca-se como uma forrageira estratégica, em razão de sua elevada tolerância à seca, capacidade de manutenção de biomassa no solo e rápida retomada do crescimento após eventos de estresse hídrico (Mnif e Chaieb, 2010). Mesmo assim, as pastagens de capim-buffel no semiárido estão associadas à baixa produção de forragem decorrente de deficiência mineral.

O N é a principal estratégia para modificar a resposta e a produção de outras gramíneas de clima tropical (Pereira et al., 2022). Isso se deve ao elevado potencial de resposta e eficiência do uso do N por plantas  $C_4$ , bem como à sua elevada taxa fotossintética diante de condições ideais do ambiente. Como resultado, adubar pastagens de capim-buffel com N pode elevar a oferta de forragem e melhorar sua qualidade e a produção animal por unidade de área (Freitas et al., 2019).

As doses indicadas para a adubação de plantas como o capim-buffel ainda não são completamente consolidadas. Diante disso, situações de ineficiência podem ser criadas ao aplicar doses inferiores ou superiores às exigidas. As perdas decorrentes

dessa situação, associadas a fatores como elevado custo dos fertilizantes e preocupações crescentes com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, têm intensificado o interesse por alternativas tecnológicas baseadas em insumos biológicos, especialmente inoculantes constituídos por bactérias promotoras do crescimento vegetal (BPCV) (Costa et al., 2015).

As bactérias de *Azospirillum brasilense* são o principal grupo de BPVC utilizado em pastagens. Elas são organismos de vida livre capazes de realizar fixação biológica de N e reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados (Aguirre et al., 2018). Essa bactéria se mostrou eficiente no aumento da produção e da fotossíntese de *Urochloa brizantha* 'Marandu' (Terra et al., 2024), entre outras espécies tropicais (Duarte et al., 2020).

A utilização de produtos biológicos tem se expandido de forma consistente em diferentes culturas nos últimos anos. Dentre esses produtos, *Azospirillum brasilense* tem se destacado por promover o crescimento vegetal (Teixeira et al., 2025; Seeber et al., 2025).

Aplicar N simultaneamente à inoculação com *A. brasilense* pode trazer benefícios para a forrageira, já que, além de fixar N, as bactérias também atuam na rizosfera e no espaço intercelular de outras maneiras, dentre as quais podemos destacar a produção de moléculas análogas a fitormônios de crescimento (auxinas, citocininas e giberelinas), o auxílio na assimilação e redução do nitrato, bem como o aumento na expansão do sistema radicular e da tolerância ao estresse (Duarte et al., 2020). Dessa forma, há possibilidade de uma resposta sinérgica que precisa ser avaliada para seu estabelecimento como estratégia de manejo.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da adubação com N e inoculação com *A. brasilense*, isoladamente ou em conjunto, sobre a resposta produtiva, estrutural e bromatológica do capim-buffel em região semiárida.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O semiárido brasileiro

O clima refere-se ao conjunto das condições atmosféricas de um determinado local ao longo de um período específico. Os principais fatores meteorológicos que definem o clima de uma região incluem: temperatura, pressão do ar, umidade, precipitação, radiação solar, ventos e evapotranspiração (Moura e Silva, 2019).

O semiárido do Brasil é uma região que se localiza principalmente no Nordeste do país, estendendo-se também para o Norte de Minas Gerais. Essa área, cuja definição geográfica se baseia em critérios de aridez e escassez de água, ocupa aproximadamente 12% do território nacional, o que equivale a 1,03 milhão de km<sup>2</sup>, e abrange 1.262 municípios no Brasil (Almeida et al., 2024).

Além de ser caracterizado por longos períodos de escassez hídrica, o semiárido apresenta ocorrência igual ou inferior a 800 mm, normalmente em forma de chuvas torrenciais, que ocorrem intensamente em um curto espaço de tempo, seguidas de extensos períodos de seca, intensificados pelo elevado potencial de evaporação (Ferreira, 2024).

O semiárido brasileiro possui temperaturas médias anuais variando entre 23°C e 27°C, com uma média de insolação de 2.800 h.ano<sup>-1</sup> por ano. As altas taxas de evapotranspiração se justificam pela temperatura elevada da região. No que diz respeito à precipitação na região semiárida, observam-se baixos índices pluviométricos e uma distribuição das chuvas que é claramente sazonal. O período chuvoso dura aproximadamente de 3 a 5 meses, enquanto a estação seca pode se prolongar de 7 a 9 meses (Zanella, 2014). A evaporação média é de 2.000 mm, sendo caracterizada pela escassez, irregularidade e concentração das chuvas em curtos períodos, geralmente de três a quatro meses, o que resulta em volumes de água insuficientes nos mananciais para atender às necessidades da população e das plantas (Carvalho et al., 2024).

Vale enfatizar que, em comparação com outras regiões semiáridas do mundo, o semiárido brasileiro é o mais chuvoso, com precipitações variando entre 300 e 800 mm

anuais. No entanto, essa chuva ocorre de maneiras específicas em poucos meses ao longo do ano e é distribuída de forma desigual em toda a região (Almeida et al., 2024).

O semiárido encontra-se na zona intertropical e é marcado por alternância entre anos de seca e anos chuvosos, além de apresentar uma taxa de transpiração extremamente alta (Sá et al., 2018).

As regiões áridas e semiáridas representam aproximadamente um terço da superfície terrestre global, com cerca de 400 milhões de indivíduos.

No semiárido nordestino, além dos anos de seca que podem ocorrer e da breve duração da estação chuvosa, a região enfrenta outra dificuldade climática relacionada à agricultura: a presença de períodos com pouca ou nenhuma precipitação durante a época das chuvas, popularmente chamados de veranico (Maniçoba et al., 2021).

No semiárido, o clima é uma das características mais significativas e cuja influência determina diretamente o êxito ou fracasso das atividades pecuárias e agrícolas.

No semiárido, com um índice de aridez de 0,5 e uma probabilidade de seca 8 superiores a 60%. Ademais, essa região apresenta temperaturas médias que variam entre 25 e 29°C (Pereira, 2018).

## **2.2 Capim-buffel**

O capim-buffel pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, gênero *Cenchrus*, espécie *Cenchrus ciliaris* L. É uma gramínea de elevada aceitação pelos animais, além de apresentar resistência a condições adversas, como períodos de estiagem, ação de herbívoros e ocorrência de queimadas e pastejo. Essa combinação de características torna a espécie uma alternativa viável e eficiente para sistemas de produção em regiões com clima semiárido ou sujeito a eventos extremos (Rhodes et al., 2023).

O capim-buffel, natural da África, Índia e Indonésia, foi levado à Austrália entre 1870 e 1880, onde passou a ser cultivado e pesquisado, resultando na seleção de muitas variedades. Seu ciclo é perene e sua altura varia entre 0,6 e 1,5 metro, conforme o tipo morfológico ou cultivar considerada (Monção et al., 2011). Possui colmos geniculados e,

conforme a variedade, pode atingir até 150 cm de altura. Os colmos são finos com as bases inchadas, onde armazenam mais carboidratos do que outras espécies. Suas folhas atingem 30 cm de comprimento (Sousa et al., 2007).

As características botânicas e morfológicas do capim-buffel são: crescimento cespitoso, rizomatosa, com ciclo perene e sistema radicular profundo e robusto, alcançando até 2 m, com rizomas lenhosos. Possui colmos com espessura de 1 a 4 mm, com nós pilosos ou glabros, bainha foliar aberta, levemente quilhada, glabra, com bordos hialinos. Possui lígula ciliada (0,2–2 mm), lâmina foliar setácea, de 2–13 mm de largura e 3–37 cm de comprimento, setácea a esparsamente pilosa. A inflorescência em panícula es lema estéril aderida; em alguns casos, a cariopse pode estar ausente (Cunha et al., 2023).

As inflorescências são do tipo panícula espiciforme, medem cerca de dez centímetros de comprimento, com formato cilíndrico e estrutura densa. São macias ao tato e exibem coloração variável, entre marrom, roxa e palha. As sementes ficam fechadas por cerdas finas e macias, sendo que cada conjunto dessas cerdas (fascículo) pode abrigar mais de uma semente, embora sementes únicas sejam mais comuns (Magalhães et al., 2022).

A introdução do capim-buffel no Brasil ocorreu em 1952, no estado de São Paulo, e posteriormente a espécie foi transferida para a região Nordeste. Após avaliações iniciais, observou-se que a planta apresentava características agronomicamente promissoras para essa região (Edvan et al., 2011). Entre os atributos mais relevantes, destacam-se a capacidade de adaptação a regimes pluviométricos baixos, inclusive abaixo de 500 mm anuais, e a exigência moderada em relação à fertilidade do solo. Esses fatores a tornam uma alternativa viável para sistemas de produção em áreas semiáridas (Edvan et al., 2011).

Essa capacidade está associada ao seu sistema radicular profundo, o que lhe confere maior resistência ao déficit hídrico (Coutinho et al., 2015). Essa espécie de gramínea adapta-se bem a ambientes perturbados, destacando-se pelo crescimento acelerado e maturação, floração duradoura e alta capacidade de produção de sementes. Em razão dessas características, configura-se como uma das espécies forrageiras mais

apropriadas para as condições edafoclimáticas do semiárido nordestino brasileiro (Bruno et al., 2017).

Adicionalmente, o capim-buffel destaca-se por seu elevado valor nutritivo, aliado à alta digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta. Apresenta também boa palatabilidade, característica essencial para a aceitação pelos animais. Soma-se a isso sua precocidade na produção de sementes, fator relevante para a perpetuação e renovação natural da pastagem (Coutinho et al., 2015).

A produção dos cultivares de capim-buffel depende das características de cada região, variando conforme o grau de adaptação às condições ambientais. A produtividade anual pode chegar entre 4 e 12 toneladas por hectare de matéria seca (Porto et al., 2017).

O capim-buffel, mesmo em sistemas de cultivo sem o uso de insumos, é capaz de alcançar grande produtividade de matéria seca por hectare ao ano e até 24 toneladas por hectare com utilização de fertilizantes (Alhammad et al., 2023).

O capim-buffel apresenta ampla utilização em pastejo, tanto durante o período chuvoso quanto na estação seca, sendo utilizado diferido. Ele também é comumente conservado como feno na época das chuvas (Souza et al., 2013).

Em razão de sua resistência ao calor e à escassez de água, é de fácil estabilidade, além de apresentar elevada produção e qualidade satisfatória (Tommasino et al., 2018). Além disso, apresenta elevado valor nutricional para ovinos e bovinos, destacando-se pela tolerância ao pastejo intensivo, com sistema radicular profundo que ajuda na estabilidade do solo e que se desenvolve rapidamente após as chuvas (Marshall et al., 2012).

A produção dos cultivares de capim-buffel depende das características de cada região, variando conforme o grau de adaptação às condições ambientais. Há trabalhos na literatura que citam potencial de produção superior a esse, também em condições semiáridas (Alhammad et al., 2023; Borges et al., 2025).

Além de apresentar elevada produção, o capim-buffel também se destaca por boa qualidade (Tommasino et al., 2018). Sua composição química depende da idade de rebrota e das condições ambientais, sendo que o teor de matéria seca pode variar entre

19,4% e 31,0%, com fibra em detergente neutro em torno de 65% (Borges et al., 2025), fibra em detergente ácido entre 32 e 40%, proteína bruta entre 8 e 10%, cinzas entre 10 e 11% (Gonçalves, 2025).

Essa planta também possui elevada tolerância ao pastejo intenso, dada a presença de rizomas que auxiliam na rebrota. Assim, é amplamente utilizada em sistemas de pastejo durante o período chuvoso e na forma de pasto diferido no período seco. A silagem e o feno também são usos que podem ser dados à forragem de capim-buffel produzida no período chuvoso (Souza et al., 2013).

### **2.3 Adubação nitrogenada**

O (N) é um macronutriente fundamental para as plantas, encontrado em substâncias orgânicas, aminoácidos, proteínas, hormônios e na estrutura da clorofila. Ele está intimamente ligado ao processo de fotossíntese e ao aumento do valor nutricional das proteínas. Uma das principais maneiras de introduzir e disponibilizar nitrogênio para as gramíneas é por meio da aplicação de fertilizantes nitrogenados (Teodoro et al., 2024).

O nitrogênio é o nutriente mineral mais demandado pelas plantas forrageiras e apresenta relação direta com o acúmulo de biomassa, refletindo-se na eficiência produtiva dos sistemas. Sua importância decorre de sua função estrutural como componente do protoplasma e de enzimas essenciais ao metabolismo vegetal, além de promover maior rendimento, favorecer uma distribuição mais equilibrada da forragem e prolongar o ciclo produtivo das pastagens (Mapeli et al., 2005; Heringer e Moojen, 2002).

A adubação com N constitui uma das práticas de manejo com maior impacto na produção forrageira, promovendo melhorias nos atributos estruturais, morfo genéticos, produtivos e químicos das plantas, em razão da ampla funcionalidade fisiológica desse nutriente (Castro et al., 2025).

O N está envolvido em processos fisiológicos que favorecem o aumento da produção de matéria seca, pois contribui para o crescimento do número e tamanho dos perfilhos vivos nas pastagens. O N é um dos principais fatores limitantes para a produção

de forragem, e devido à sua alta mobilidade e taxas de utilização, deve ser repostado no solo após cada pastejo ou a cada 30 dias (Pereira et al., 2018).

O N pode ser incorporado nos ecossistemas de pastagens de maneira natural e não natural. No primeiro momento, ele é acrescentado ao sistema por meio de processos como fixação biológica, ocorrência pluvial e distribuição atmosférica. Alternativamente, sua entrada pode ocorrer por fertilização e suplementação animal (Sá et al., 2018).

Trata-se de um dos nutrientes essenciais para garantir a produtividade e a longevidade das pastagens de gramíneas, já que é o principal componente das proteínas que integram a síntese dos compostos orgânicos que constituem a estrutura vegetal (Costa et al., 2024). Em solos com deficiência de N, o crescimento das plantas e a formação de novos tecidos são comprometidos, resultando em um desenvolvimento lento, reduzindo a produção de perfilho, prejudicando o teor de proteína das plantas e, conseqüentemente, não atendendo às necessidades nutricionais e químicas do animal (Costa et al., 2024).

Esse macronutriente tem papel fundamental na produção da fotossíntese, atuando diretamente tanto na fase fotoquímica quanto na fase bioquímica. Durante a fase fotoquímica, ele está presente em componentes essenciais, como a clorofila, que captura a luz solar, e a quantidade adequada de nitrogênio favorece a biossíntese de proteínas e enzimas relacionadas à fotossíntese (Rosado e Gontijo, 2017).

A carência de N resulta em uma diminuição da produção, pois prejudica a síntese de proteínas e pigmentos nos tecidos vegetais envolvidos na fotossíntese. Esse problema ocorre principalmente em áreas tropicais e subtropicais, onde a concentração desse nutriente no solo é reduzida (Freitas et al., 2019).

A adubação aumenta as atividades fotossintéticas, a mobilização de nutrientes, a expansão da área foliar e o número e o peso dos perfilhos vivos. Portanto, a aplicação de fertilizantes, sejam orgânicos, inorgânicos ou em consórcio com leguminosas, é essencial para garantir eficiência e sustentabilidade, além de promover uma boa cobertura do solo e conservar o caráter perene da pastagem (Teodoro et al., 2024).

A adubação traz resultado direto e oferece a oportunidade de melhorar o desempenho dos animais por meio do manejo do pasto, favorecendo um aumento no consumo de folhas e perfilhos com alto valor nutricional (Martins et al., 2022).

Dessa forma, a aplicação de fertilizantes nitrogenados é crucial para a conservação e o crescimento das plantas, especialmente durante fases de escassez de água. Esse processo favorece o aumento da absorção de carbono e a elevação da produtividade, além de contribuir para o incremento do teor de proteínas nas forrageiras (Mendes Junior, 2020).

A disponibilidade do nitrogênio logo após o corte favorece o perfilhamento e eleva o índice de área foliar, resultando em um melhor desenvolvimento das forrageiras e diminuindo a presença de plantas invasoras (Alencar et al., 2010). O êxito na utilização em pastagens também está ligado à compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e de sua interação com o ambiente e com o manejo, que são fundamentais para o crescimento das forrageiras e para a manutenção da capacidade de suporte das pastagens (Alencar et al., 2010).

Uma outra fonte de nitrogênio utilizada na pecuária é o sulfato de amônio (SA), um sal levemente ácido que contém 21% de nitrogênio. O sulfato de amônio apresenta menor perda de N por volatilização em comparação à ureia, devido às suas distintas formas de nitrogênio, que incluem a amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e a amídica ( $\text{NH}_2$ ). A aplicação de sulfato de amônio tende a reduzir o pH do solo, tornando-o mais ácido e, conseqüentemente, podendo causar às plantas prejuízos mais intensos em comparação com a ureia (Bono et al., 2019).

Outras principais fontes de fertilizantes sintéticos são: ureia (45% de N) e nitrato de amônio (32% de N). A ureia possui alto acúmulo de N, fácil manejo, baixa chance de acidificação do solo e alta volatilização. O nitrato de amônio é de fácil absorção pelas plantas, não acidifica o solo e não sofre perda por volatilização (Pereira et al., 2018).

#### **2.4 *Azospirillum brasilense* e suas características do gênero**

O solo contém uma diversidade de microrganismos benéficos que desempenham papéis essenciais na circulação de nutrientes. Um desses papéis é a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN), realizada por microrganismos

procarióticos chamados diazotróficos. Os microrganismos diazotróficos podem ser classificados como de vida livre, associativos ou simbióticos. As pesquisas sobre esses grupos de microrganismos têm se revelado importantes devido às suas contribuições para a disponibilidade de nitrogênio para as plantas (Moreira et al., 2010).

Além disso, bactérias do gênero *Azospirillum* contribuem para o aumento da biomassa das pastagens ao estimular o desenvolvimento do sistema radicular (Freitas et al., 2019; Sousa et al., 2025). Ademais, ampliam a capacidade das plantas em explorar o solo para a absorção de água e nutrientes, bem como otimizam o aproveitamento dos fertilizantes minerais aplicados (De Lima Battistelli et al., 2022).

Espécies do gênero *Azospirillum* estabelecem associações benéficas com gramíneas, promovendo o crescimento vegetal e a produtividade por meio de mecanismos como a síntese de fitormônios, a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de fósforo e o estímulo ao desenvolvimento do sistema radicular. Além disso, contribuem para a tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos, incluindo fitopatógenos, variações térmicas, salinidade e déficit hídrico (Pessoa et al., 2022).

As diferentes funções dos fitormônios produzidos por *Azospirillum* incluem: auxinas – desempenham papel fundamental no crescimento e desenvolvimento de diversos tecidos vegetais, atuando principalmente na divisão celular; citocininas – estão envolvidas no crescimento das folhas, maturação dos cloroplastos, indução da brotação e na morfogênese radicular; ácido giberélico – contribui para a divisão celular e está associado à superação da dormência (Giri et al., 2025). Em geral, trata-se de hormônios que promovem o crescimento e estimulam o metabolismo radicular (Freitas et al., 2019).

A FBN é um processo em que o nitrogênio presente na atmosfera é convertido em amônia (NH<sub>3</sub>) pela ação da enzima desidrogenase, que rompe a tripla ligação entre os átomos de N<sup>2</sup>, semelhante ao que ocorre no processo industrial (Silva et al., 2024). Estima-se que a FBN forneça entre 25 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N por hectare por ano, o que corresponde a, aproximadamente, 17% das demandas das plantas cultivadas (Souza et al., 2010).

O *Azospirillum brasilense* pode ser uma alternativa para melhorar o uso de nutrientes quando há inoculação de rizobactérias em gramíneas, pois já se mostrou

competente para o aumento na produção de milho (Barzotto et al., 2018). Além disso, é eficiente na fixação de nitrogênio, podendo, dessa forma, dispor de cerca de 40% a 50% desses nutrientes para plantas (Barzotto et al., 2018). O *Azospirillum brasilense*, além de ser fixador de nitrogênio, contribui para o aumento do sistema radicular e da parte aérea, por conta da produção de fitormônio (Sales et al., 2021).

No contexto brasileiro, os impactos da inoculação com *Azospirillum brasilense* em pastagens ainda são insuficientemente explorados. Em cultivares de braquiária, no entanto, já foram constatados aumentos significativos na produção de biomassa e nos teores de proteína (Leite et al., 2019).

Em 1970, Johanna Dobereiner, juntamente com pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, encontraram a bactéria *Azospirillum brasilense* em tecidos internos das plantas e associadas de forma natural às raízes. Essa bactéria tem sido objeto de amplas pesquisas no Brasil e no exterior como inoculante para diversas culturas. A inoculação com *Azospirillum brasilense* tem um impacto significativo no aumento dos níveis de nitrogênio total na massa seca (Bittencourt e Santos, 2010).

Essa bactéria é usada nas pastagens como uma fixadora de nitrogênio. Embora sua aplicação não seja amplamente reconhecida, seus efeitos positivos na disponibilização de nitrogênio e na eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados são evidentes. Contudo, os benefícios da inoculação podem diminuir à medida que a dose de nitrogênio aplicada aumenta, o que destaca a importância de pesquisas focadas nas características específicas de cada pastagem e ambiente (Teodoro et al., 2024).

As pesquisas iniciais sobre a aplicação agrônômica de *Azospirillum* focaram na sua habilidade de fixar nitrogênio em plantas como as gramíneas. Estudos mostram que na relação entre bactérias e plantas, o microrganismo se encontra na área da rizosfera, na superfície das raízes, podendo até preencher os espaços intercelulares do sistema radicular, especialmente nos protoxilemas (Andrade et al., 2022).

Entre os benefícios do uso de *Azospirillum brasilense*, destacam-se a FBN, o aumento na taxa de acúmulo de matéria seca, o crescimento da biomassa e da altura das plantas, a aceleração na taxa de germinação e melhorias no sistema radicular, resultando em consequente aumento na produtividade final. Além disso, essas bactérias têm a capacidade de inibir fitopatógenos, utilizando mecanismos que se assemelham

aos das pseudomonas do grupo fluorescente, que também são frequentes na rizosfera de várias plantas (Martins et al., 2022).

A sua aplicação favorece o desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a capacidade de absorção de água e nutrientes, o que resulta em plantas vigorosas (Martins et al., 2022). A utilização de *Azospirillum* em combinação com doses reduzidas de nitrogênio tem demonstrado ser mais eficaz em comparação aos isolados da bactéria sem a realização de nitrogênio (Vogel et al., 2013). A eficiência obtida com o uso dessa bactéria varia entre 60 e 70%. Já na produtividade, foi relatado que a inoculação contribuiu para um aumento de 12 a 14% em relação à ausência da bactéria (Vogel et al., 2013).

O *Azospirillum* pode ser uma opção sustentável para potencializar o crescimento e a qualidade dos pastos, pois favorece o crescimento das plantas (BPCP) (Souza et al., 2023).

O gênero *Azospirillum* é um organismo gram-negativo de vida livre, com metabolismo de carbono e nitrogênio. Muito versátil, mostra elevada competitividade nos estágios de colonização. Para seu metabolismo, essas bactérias utilizam diversas fontes de nitrogênio, incluindo amônia, nitrato, nitrito, gás nitrogênio e aminoácidos. Sua temperatura ideal para o crescimento está entre 28 e 41°C. São comumente encontradas em raízes de plantas, tanto em climas tropicais quanto temperados (Vogel et al., 2014).

A inoculação de *Azospirillum* traz benefício no crescimento vegetativo mais robusto, com acúmulo maior de matéria seca. Também na parte aérea e na raiz, contribui para reduzir os efeitos do estresse hídrico. A cooperação estimada das bactérias diazotróficas na fixação de nitrogênio em gramíneas como milho, trigo e arroz varia entre 25 e 50 kg de N/ha/ano, o que representa cerca de 17% da necessidade de nitrogênio (Pedreira et al., 2017).

O *Azospirillum* é eficiente para reduzir o uso de fertilizantes à base de nitrogênio, que, além de seu alto custo, podem causar graves impactos ambientais, como a poluição do solo e da água com nitratos, quando o nitrogênio é excessivo (Pedreira et al., 2017). Dessa forma, o emprego de bactérias promotoras do crescimento de plantas,

especialmente as diazotróficas, pode potencializar a eficiência na utilização de N em gramíneas, principalmente em solos com fertilidade baixa (Heinrichs et al., 2020).

Dentre as bactérias diazotróficas, as do gênero *Azospirillum* têm se destacado consideravelmente. Ao contrário das bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, que estabelecem simbiose com as plantas através da formação de nódulos, o *Azospirillum* não cria estruturas visíveis. Em vez disso, atua de maneira associativa, promovendo diversos efeitos benéficos no crescimento das plantas, sendo reconhecido como uma bactéria que estimula o desenvolvimento vegetal (Wasmuth et al., 2024).

Após a descoberta de que o *Azospirillum* possui capacidade de fixação de nitrogênio, diversos estudos foram realizados para analisar sua habilidade de substituir fertilizantes nitrogenados quando associado a gramíneas (Fukami et al., 2018). Entre as gramíneas mais estudadas estão a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), o milho (*Zea mays L.*), o trigo (*Triticum aestivum L.*), o arroz (*Oryza sativa L.*) e pastagens (Fukami et al., 2018).

Essas bactérias são quimiorganotróficas típicas, positivas para hidrogenase de captação, e produzem fitormônios como auxinas, giberelinas e citocininas. Elas fixam N<sup>2</sup> em condições tropicais (30–40 °C) e podem colonizar os tecidos de milho, trigo, arroz, sorgo e plantas não gramíneas como endófitas facultativas. Predominam como diazotróficos na rizosfera (Huergo, 2008).

As bactérias do gênero *Azospirillum* são encontradas naturalmente na maioria dos solos do Brasil e possuem uma grande diversidade genética. No entanto, para seu uso como inoculantes, é necessário selecionar estirpes que sejam eficazes para essa finalidade (Matos et al., 2024). Essas bactérias podem ser aeróbicas quando têm acesso ao N<sup>2</sup>, ou microaerofílicas quando necessitam da fixação biológica de nitrogênio e fixação biológica de nitrogênio atmosférico para seu desenvolvimento (Matos et al., 2024).

O *Azospirillum*, além de ser uma bactéria aeróbica fixadora de nitrogênio, conhecida como diazotrófica, pertence ao grupo das  $\alpha$ -proteobactérias gram-negativas. Têm formato espiral, são móveis e possuem um flagelo polar em meio líquido, além de

um flagelo polar e filtros tardios. Elas realizam todas as etapas do ciclo do nitrogênio, com exceção da nitrificação (Huergo et al., 2008).

A atuação direta dessas bactérias leva a um aumento na produção de hormônios que favorecem o crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas. Por outro lado, no mecanismo indireto, elas contribuem para a resistência sistemática a doenças e para a biossíntese de hormônios relacionados ao estresse, como ácido jasmônico, ácido abscísico, etileno, além de promoverem a produção de compostos antimicrobianos (Matos et al., 2024).

A inoculação de bactérias promotoras de crescimento é uma estratégia para fornecer nitrogênio para a produção de forrageira. Isso se deve à fixação biológica de nitrogênio (FBN) e à produção de fitormônios de crescimento, além da indução de tolerância ao estresse, que pode, inclusive, contribuir em combinação (Duarte et al., 2020). A estimativa de contribuição de nitrogênio fixada pelas bactérias diazotróficas varia entre 10% e 42% em gramíneas como milho, soja e feijão (Duarte et al., 2020).

Nesse sentido, evidências recentes indicam que essa bactéria produz óxido nítrico (No), o que, por sua vez, estimulou a formação dessas raízes (Huergo et al., 2008).

Por conseguinte, a inoculação com *Azospirillum* pode ser eficaz na otimização e combinação de diferentes fertilizações, especialmente quando a adubação é feita por gotejamento (fertirrigação). Esse sistema é utilizado principalmente na produção de espécies hortícolas de alto custo. A transparência do gotejamento e da fertilização pode melhorar a eficiência do uso da água e do nitrogênio nos brócolis, além de reduzir o risco de contaminação das águas subterrâneas com nitratos (Huergo et al., 2008).

Além de reduzir a necessidade de fertilizantes, isso pode diminuir os efeitos de produtos tóxicos gerados pelos mesmos cultivos. Nesse sentido, observamos que o acúmulo de ácido ferúlico em cultivos de alface em sistemas hidropônicos fechados poderia ser mitigado pela presença de bactérias isoladas (Huergo et al., 2008).

O uso dos *Azospirillum brasilense* contribui com aumento na taxa de acúmulo de matéria seca, incremento na biomassa e na altura, aumento da taxa de germinação e benefícios para o sistema radicular, auxiliando proporcionalmente com o aumento da produtividade (Reis e Vilela, 2021).

### 3. REFERÊNCIAS

Aguirre, P. F.; Olivo, C. J.; Rodrigues, P. F.; FALK, D. R.; Adams, C. B. e Schiafino, H. P. 2018. Forage yield of Coastcross-1 pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. Acta Scientiarum. Animal Sciences 40: e36392. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9977>

Alencar, C.A.B.D.; Cóser, A.C.; Martins, C.E.; Oliveira, R.A.D.; Cunha, F.F. D. e Figueiredo, J. L. A. 2010. Altura de capins e cobertura do solo sob adubação nitrogenada, irrigação e pastejo nas estações do ano. Acta Scientiarum. Agronomy 32: 21-27. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.319>.

Alhammad, B. A.; Mohamed, A.; Raza, M. A.; Ngie, M.; Maitra, S.; Seleiman, M. F. e Gitari, H. I. 2023. Optimizing productivity of Buffel and Sudan grasses using optimal nitrogen fertilizer application under arid conditions. Agronomy 13(8): 2146. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082146>.

Almeida, A.S. e Barbosa, A.C.F. 2024. O Imaginário do Sertão na proposta da convivência com o Semiárido. Revista Ouricuri 14(1): 03-22. <https://doi.org/10.59360/ouricuri.vol14.i1.a19642>.

Andrade, S. R. M.; Reis Junior, F. B. e Chagas, J. H. 2022. Uso de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo. Embrapa Cerrados, Planaltina. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1147512/1/Solange-Doc-394.pdf>. Acesso em: 15 maio 2026.

Barzotto, G. R.; Lima, S. F.; Santos, O. F.; Piatj, G. L. e Wassolowski, C. R. 2019. Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em cevada. Nativa 6(1): 01-08.

Bolfe, E.; Sano, E. E.; Silva, G. B. S.; Victoria, D. D. C.; Massruha, S.; Oliveira, A. F.; Silvia, M. F. e Massruha, P. R. 2025. *Análise multiescalar do potencial de expansão agrícola em áreas de pastagens degradadas a partir de dados geoespaciais*. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1175366/1/AP-Analise-multiescalar-SBSR2025.pdf>. Acesso em: 15 maio 2026.

Borges, E. N.; Almeida Araújo, C.; Monteiro, B. S.; Silva, A. S.; Albuquerque, L. D. F.; Araújo, G. G. L. e Araújo, A. O. 2025. Buffel grass pre-dried as a modulator of the fermentation, nutritional and aerobic stability profile of cactus pear silage. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 68(1): 100-115. <https://doi.org/10.1080/00288233.2023.2212173>.

Bittencourt, J. V. M. e Santos, M. H. R. 2010. Inoculantes agrícolas. p. 323-337. In: *Sistemas de Produção Agropecuária*. UTFPR, Curitiba.

Bono, J.A.M.; Rufino, R. S. e Gonçalves, R. C. 2019. Fertilizantes nitrogenados em cobertura para pastagem marandu (*Brachiaria brizantha*) no Mato Grosso do Sul. *Uniciências* 23(2): 127-132. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-5141.2019v23n2p127-132>.

Bruno, L.R.G.P.; Antonio, R.P.; Assis, J.G.D.A.; Moreira, J.N. e Lira, I.C.D.S.A. 2017. Caracterização morfoagronômica do capim-búfalo a partir do banco ativo de germoplasma de *Cenchrus*. *Revista Caatinga* 30: 487-495. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n224rc>

Costa, R. R. G. F.; Quirino, G. D. S. F.; Naves, D. C. D. F.; Santos, C. B. e Rocha, A. F. D. S. 2015. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second harvest maize. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 45: 304-311. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4534593>.

Costa, R. R. G. F.; Quirino, G. D. S. F.; Naves, D. C. D. F.; Santos, C. B. e Rocha, A. F. D. S. 2015. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 45: 304-311. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4534593>.

Costa, N. D. L.; Jank, L.; Magalhães, J. A.; Bendahan, A. B.; Rodrigues, B. H. N. e Santos, F. D. S. 2024. Resposta de pastagens de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Quênia à adubação nitrogenada. *Contribuciones a las Ciencias Sociales* 17(8): 1-16. [Doi.10.55905/revconv.17n.8-255](https://doi.org/10.55905/revconv.17n.8-255).

Coutinho, M. J. F.; Carneiro, M. D. S. D. S.; Edvan, R. L.; Santiago, S. e Albuquerque, D. R. 2015. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 45(2): 216-224. [https://doi.org/10.1590/1983-40632015v45i31361\\_](https://doi.org/10.1590/1983-40632015v45i31361_)

Cunha, M. V.; Coêlho, J. J.; Silva, P. H. F. e Souza, E. J. O. 2023. Capim-buffel, forrageira para áreas secas. p.151-176. In: *Culturas forrageiras no Brasil: uso e perspectivas*. Suprema Gráfica, Visconde do Rio Branco.

Duarte, C. F. D.; Cecato, U.; Hungria, M.; Fernandes, H. J.; Biserra, T. T. e Mamédio, D. 2020. Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa Ruziziensis*. *Research, Society and Development* 9(8): e630985978-e630985978. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5978>.

De Lima Battistelli, G.; Pelegrini, L. L. So De *Azospirillum brasilense*., Nodoseenvolvimento de Pastagens. *TCC Engenharia Agrônômica*, p. 11-11,2022.

De Moura, M. S. B.; Sobrinho, J. E.; Da Silva, T. G. F. Aspectos meteorológico do semiárido brasileiro. 2019.

Edvan, R. L.; Santos, E.; Silva, D.; Andrade, A. P.; Costa, R. G. e Vasconcelos, W. A. 2011. Características de produção do capim-buffel submetido a intensidades e frequências de corte. *Archivos de zootecnia* 60(232): 1281-1289. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000400043>.

Ferreira, J. G. 2024. Território das secas do semiárido brasileiro: clima, identidade e sociedade. *Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade* 6(1): 440-465. [https://doi.org/10.46551/rvg26752395220241440465\\_](https://doi.org/10.46551/rvg26752395220241440465_)

Freitas, P. V. D. X.; Tomazello, D. A.; Ismar, M. G.; Braw, T. T.; Furlan, A.; Ângelo R.; Maciel, A. L. C.; Firmino, A. E.; Neto, C. M. S. e França, A. F.S. 2019. Produção de gramíneas forrageiras inoculadas com *Azospirillum brasilense* associada a adubação nitrogenada. *Rev Cient Rural* 21: 31-46. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i2.2707>.

Fukami, J.; Cerezini, P. e Hungria, Mariangela. 2018. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *Amb Express* 8(1): 73.

Giri, B. R.; Chattaraj, S.; Rath, S.; Pattnaik, M. M.; Mitra, D.; e Thatoi, H. 2025. Unveiling the Molecular Mechanism of *Azospirillum* in Plant Growth Promotion. *Bacteria* 4(3): 36. <https://doi.org/10.3390/bacteria4030036>.

Heinrichs, R.; Meirelles, G. C.; Santos, L. F. D. M.; Lira, M. V. D. S.; Lapaz, A. D. M.; Nogueira, M. A. e Moreira, A. 2020. *Azospirillum* inoculation of 'Marandu'palisade grass seeds: effects on forage production and nutritional status. *Semina:Ciencias Agrarias* 41(2): 465-478. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n2p465>.

Heringer, I.; e Moojen, E. L. 2002. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31: 875-882. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000400010>.

Huergo, L. F. 2008. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. p. 17-28. In: *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Asociación Argentina de Microbiología, Buenos Aires.

Hungria, M.; Mendes, I.C. e Campo, R. J. 2007. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Embrapa Soja, Londrina.

Leite, R. D. C.; Santos, J. G.; Silva, E. L.; Alves, C. R.; Hungria, M.; Leite, R. D. C. e Santos, A. C. 2019. Productivity increase, reduction of nitrogen fertiliser use and drought-stress mitigation by inoculation of Marandu grass (*Urochloa brizantha*) with *Azospirillum brasilense*. *Crop Pasture Science* 70(1): 61-67. <https://doi.org/10.1071/CP18105>.

Magalhaes, F. A.; Côrtes, I. H. G.; Ananias, J. V. A.; Lopes, L. T.; Camargos, G. H. S.; Meneses, G. L. e Oliveira, A. F. 2022. *Gramíneas forrageiras tropicais*. FEPE, Belo Horizonte.

Maniçoba, R. M.; Sobrinho, J. E.; Zonta, J. H.; Junior, E. G. C.; Oliveira, A. K. S. e Freitas, I. A. S. 2021. Resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. Irriga 26(1): 123-133. <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p123-133>.

Mapeli, N. C.; Vieira, M. D. C.; Heredia Z, N. A.; e Siqueira, J. M. D. 2005. Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. Horticultura Brasileira 23: 32-37. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000100007>.

Marshall, V. M.; Lewis, M. M.; e Ostendorf, B. 2012. Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as an invader and threat to biodiversity in arid environments: a review. Journal of Arid Environments 78: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.11.005>.

Martins, M. V. R.; Pereira, C. E. e Kikuti, H. 2022. Adubação nitrogenada na implantação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Humaitá-AM. Scientia Plena 18(7). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.070208>.

Matos, C.; Medeiros, V. C.; Silva, L. A.; e Oliveira Filho, M. A. 2024. Influência de *Azospirillum brasilense* Nas Interações Entre Milho e Plantas Daninhas. Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG 6(1): 107-126. <https://doi.org/10.46636/recital.v6i1.426>.

Mendes Junior, M. 2020. *Azospirillum brasilense* em capim-marandu associada ou não ao nitrogênio. Dissertação (M.Sc.). Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros.

Mnif, L. e Chaieb, M. 2010. Net photosynthesis and leaf water potential of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) accessions, growing in the arid zone of Tunisia. Journal of Biological Research 14: 231.

Monção, F. P.; Oliveira, E. R.; Tonissi, R. H.; e Goes, B. 2011. O capim-buffel. *Agrarian* 4(13): 258-264.

Moreira, F. M. S.; Silva, K.; Nóbrega, R. S. A. e Carvalho, F. 2010. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. *Comunicata Scientiae* 2: 74-74. <https://doi.org/10.14295/cs.v1i2.45>.

Pedreira, B. C.; Barbosa, P. L.; Pereira, L. E. T.; Mombach, M. A.; Domiciano, L. F.; Pereira, D. H. e Ferreira, A. 2017. Tiller density and tillering on *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 69(4): 1039-1046. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9034>.

Pereira, L. E. T.; Nishida, N. T.; Carvalho, L. D. R. e Herling, V. R. 2018. *Recomendações para correção e adubação de pastagens tropicais*. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, Pirassununga. 10.11606/9788566404227.

Pereira, G. R., Silva Junior, M. M. 2018. Correlação entre as Secas e as Perdas na Agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordeste. In: I Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido (CONADIS).

Pereira, L. E. T.; Herling, V. R. e Tech, A. R. B. 2022. Cenário atual e perspectivas para estratégias de fertilização nitrogenada em pastagens de gramíneas perenes tropicais: uma revisão. *Agronomia* 12(9): 2079. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092079>.

Pessoa, R. M. S.; Pessoa, A. M. S.; Costa, D. C. D. C. C.; Azevêdo, P. C. S.; Gois, G. C.; Campos, F. S.; Vicente, S. L. A.; Ferreira, J. M. S.; Araújo, C. A. e Lima, D. O. 2022. Palma forrageira: Adubação orgânica e mineral. *Research, Society and Development* 11(13): e12111334257-e12111334257. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.34257>.

Porto, E. M. V.; Alves, D. D.; Vitor, C. M. T.; Silva, M. F.; Magalhães, C. G.; Souza David, A. M. S. e Brant, C. J. A. 2017. Produção de biomassa de cultivares do capim buffel submetidos à adubação nitrogenada. *Revista Unimontes Científica* 19(1): 122-129.

Reis, R. A. e Vilela, H. H. 2021. Uso de *Azospirillum brasilense* no estabelecimento da *Brachiaria brizantha*. *Perquirere* 2(18): 264-277.

Rhodes, A. C.; Plowes, R. M.; e Gilbert, L. E. 2023. Mitigating buffelgrass invasion through simulated targeted grazing: understanding restoration potential in a variable

precipitation regime. Restoration Ecology 31(6): e13923.  
<https://doi.org/10.1111/rec.13923>.

Rosado, T. L. e Gontijo, I. 2017. Adubação nitrogenada em pastagens: os resultados promissores obtidos na pesquisa e a realidade enfrentada pelos produtores. Revista Vértices 19(1): 163-174. [10.19180/1809-2667.v19n12017p163-174](https://doi.org/10.19180/1809-2667.v19n12017p163-174).

Sá, M.S.; Jardim, A. M. D. R. F.; Júnior, G. D. N. A.; Silva, J. R. I.; Leite, M. L. D. M. V.; Teixeira, V. I. e Silva, T. G. F. 2018. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. Pubvet 12: 172. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n5a91.1-9>.

Sales, L. Z. S.; Garcia, N. F. S.; Martins, J. T.; Buzo, F. S.; Garé, L. M.; Rodrigues, R. A. F. 2021. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e redução da adubação nitrogenada em arroz de terras altas. Research, Society and Development 10(7): e9110716345-e9110716345. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16345>.

Seeber, G. V.; Oliveira, C. A. G.; Baroncello, T. Y.; Basso, K. C. e Cruz, S. P. 2025. *Azospirillum brasilense* e *Bacillus* spp associados à redução de adubação nitrogenada na produção de forragem de azevém e Tifton 85. Research, Society and Development 14(9): e6614949540-e6614949540.

Silva, M. H.; Silva, M. A. A.; Duarte, E. R.; Bonetti, R. A. T.; Paludetto, A. e Miyashiro, C. F. 2024. A relação do nitrogênio com o desenvolvimento das plantas e suas formas de disponibilidade. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar 5(1): e514762-e514762. <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i1.4762>.

Sousa, F. B. e Araújo Filho, J. A. 2007. Capim búfel (*Cenchrus ciliaris* L.): uma opção para ovinos e caprinos. Embrapa Caprinos. Comunicado Técnico 75.

Sousa, V. A.; Pereira, G. L.; Rodrigues, N. M. L. Oliveira, R. L. L.; Sousa, A. L. D. C.; Nascimento, J. H. S. e Oliveira Neto, C. F. 2025. Crescimento e produção de milho híbrido Feroz VIP 3 submetidos a *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*. Revista Sociedade Científica 8(1). <https://doi.org/10.61411/rsc31879>.

Souza, R. A.; Voltolini, T. V.; Araújo, G. G. L.; Pereira, L. G. R.; Moraes, S. A.; Mistura, C. e Moreno, G. M. B. 2013. Intake, apparent digestibility of nutrients and nitrogen and water balances of sheep fed with buffel grass cultivars silages. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 65: 526-536. 10.1590/S0102-09352013000200032.

Souza, M. S.; Jardim, A. M. D. R. F.; Júnior, G. D. N. A.; Silva, J. R. I.; Leite, M. L. D. M. V.; Teixeira, V. I. e Silva, T. G. F. 2018. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. *Pubvet* 12: 172.

Teixeira, K. B. S.; Silva, T. M.; Gonçalves, L. F.; Silva, L. R.; Lima, L. A. M.; Monteiro, G. G. T. N. e Oliveira Neto, C. F. 2025. Efeitos da inoculação com *Azospirillum brasilense* em variedades de milho: crescimento e metabolismo do nitrogênio. *Revista Delos* 18(66): e4637-e4637. 10.55905/rdelosv18.n66-047.

Teodoro, A. G.; França, A. F. S.; Backes, C.; Santos, A. J. M.; Firmino, A. E.; Ferreira, R. N. e Freitas, P. V. D. X. 2024. Inoculação do capim *Megathyrsus maximus* por bactérias do gênero *Azospirillum* associado a adubação nitrogenada. *Observatório de la Economía Latinoamericana* 22(4): e4244-e4244. 10.55905/oelv22n4-141.

Terra, L. E. D. M.; Santos, M. M. D.; Lopes, M. C. S.; Pinheiro, D. A.; Lopes, É. M. G.; Soares, A. S. e Cota, J. 2024. Co-inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus* sp. aumenta a biomassa e a eficiência fotossintética em *Urochloa brizantha*. *Agricultura* 14(12): 2349.

Tommasino, E.; Colomba, E. L.; Carrizo, M.; Grunberg, K.; Quiroga, M.; Carloni, E. e Luna, C. 2018. Individual and combined effects of drought and heat on antioxidant parameters and growth performance in Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) genotypes. *South African Journal of Botany* 119: 104-111. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.08.026>.

Vogel, G. F.; Bichel, A.; Martinkoski, L. e Martins, P. J. 2013. Desempenho agronômico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 6(3).

Vogel, G. F.; Martinkoski, L. e Ruzicki, M. 2014. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas forrageiras: importâncias e resultados. *Agropecuária Científica no Semiárido* 10(1): 01-06.

Wasmuth, A. T.; Versari, L. R.; Pereira, K. G. S.; Moura, J. V. B.; Sabino, D. C. C. e Pereira, C. S. 2024. Diferentes formas de aplicação de *Azospirillum brasilense* na cultura do feijão comum. *Scientific Electronic Archives* 17(6).

Zanella, M. E. 2014. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. *Caderno Prudentino de Geografia* 1(36): 126-142.



15 **Estratégias de adubação nitrogenada para o capim-buffel: impactos na produtividade,**  
16 **composição química e digestibilidade**

17 **Resumo**

18 A deficiência de nitrogênio (N) pode limitar o desenvolvimento de forrageiras como o  
19 capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), tornando-as mais suscetíveis à degradação. Esse  
20 nutriente pode ser aplicado por adubação ou por meio de inoculação com bactérias  
21 fixadoras de N como o *Azospirillum brasilense*. Assim, o objetivo foi avaliar o efeito da  
22 adubação com N e a inoculação com *A. brasilense* sobre a resposta produtiva e  
23 bromatológica do capim-buffel manejado em região semiárida. O delineamento foi em  
24 blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas  
25 experimentais. Foram avaliadas cinco estratégias de adubação nitrogenada: 1) Controle  
26 (sem adubação); 2) 40 kg de N sem *Azospirillum*; 3) 40 kg de N com *Azospirillum*; 4) 80  
27 kg de N sem *Azospirillum*; 5) 80 kg de N com *Azospirillum*. Cada parcela tinha dimensões  
28 de aproximadamente 10 m<sup>2</sup> (3,70 m x 2,90 m). Foi utilizada a ureia como fonte de N  
29 (46%). No primeiro corte, a adubação do capim-buffel com 80N+Az proporcionou  
30 aumento de 23,76% na produção de matéria seca em relação ao tratamento controle  
31 (média de 2,333 kg. ha<sup>-1</sup>). Não foi observado efeito das estratégias de adubação sobre a  
32 altura das plantas (média de 98 cm) e o número de perfilhos. No terceiro corte, as  
33 estratégias de adubação nitrogenada aumentaram em 29,0% o teor de proteína bruta  
34 em comparação ao tratamento controle (média de 7,95%). Adubar o capim-buffel com  
35 40 ou 80 kg/ha de N, na presença ou ausência de inoculação com *A. brasilense*,  
36 proporcionou resposta semelhante quanto ao aumento da produção e melhoria da  
37 composição química da forragem. A estratégia de 40 kg/ha pode ser promissora, pois  
38 envolve menores custos em relação às demais.

39

40 Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*, *Cenchrus ciliaris*, insumos biológicos, produção  
41 de forragem, proteína bruta.

42

43 **Abstract**

44 In the context of Brazilian livestock farming, pasture stands out as the main source of  
45 feed for cattle herds, but much of it is in a state of degradation, with the absence of  
46 nitrogen fertilization being a contributing factor. Nitrogen is one of the essential  
47 nutrients whose importance lies in the composition of proteins and also in plant growth.  
48 This research aimed to evaluate different nitrogen fertilization strategies in buffelgrass  
49 pastures managed in the semi-arid region on the structural, productive, and nutritional  
50 characteristics of the forage produced. The experiment was conducted following a  
51 randomized block design, with five treatments and four replications. Five nitrogen  
52 fertilization strategies were evaluated, with the treatments being: 1) Control (no  
53 fertilization); 2) 40 kg of nitrogen without *Azospirillum*; 3) 40 kg of nitrogen with  
54 *Azospirillum*; 4) 80 kg of nitrogen without *Azospirillum*; 5) 80 kg of nitrogen with  
55 *Azospirillum*. Each treatment was replicated four times over four cutting cycles, with the  
56 plot being the experimental unit. Each plot was approximately 10 m<sup>2</sup> (3.70 m x 2.90 m).  
57 Urea was used as the nitrogen source (46%). In the first cut, fertilization of buffelgrass  
58 with 80N+Az resulted in a 23.76% increase in dry matter production compared to the  
59 control treatment (average of 2.333 kg ha<sup>-1</sup>). There was no difference between the  
60 fertilization strategies regarding plant height (average of 98 cm) and the number of  
61 tillers. In the third cut, the nitrogen fertilization strategies increased crude protein  
62 content by 29.20% compared to the control treatment (average of 7.95%). For the other  
63 characteristics evaluated, no effect of nitrogen fertilization was observed in buffelgrass.  
64 All fertilization strategies were effective in improving the productivity and chemical-  
65 bromatological composition of buffelgrass. The best strategy overall, considering all  
66 analyses, is 40N+Az.

67 **Keywords:** *Azospirillum brasilense*, forage, sustainability, biological inputs.

## 68 **Introdução**

69 A produção de ruminantes no Brasil baseia-se no uso de plantas forrageiras como  
70 fonte principal de nutrientes. Esse modelo de produção se destaca pelo baixo custo de  
71 produção quando comparado com sistemas intensivos, o que torna os produtos (i.e.,  
72 carne, leite) mais competitivos no mercado mundial. São cerca de 234 milhões de  
73 bovinos instalados em 162 milhões de hectares de pastagens (IBGE, 2024; ABIEC,  
74 2024), das quais até 80% são formadas por gramíneas do gênero *Urochloa*.

75 O semiárido brasileiro também está inserido nos sistemas pecuários, já que a  
76 produção animal em pastagens apresenta maior adaptação e resiliência ao clima do que  
77 sistemas agrícolas intensivos. Nesses locais, o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) é  
78 considerado um dos mais adaptados por apresentar sistema radicular robusto e  
79 profundo, elevada persistência sob seca prolongada e rebrota e produção de sementes  
80 em curto período após a retomada das chuvas. Essa planta também consegue reservar  
81 água, açúcares e aminoácidos (Wasim, 2022; Ghorbel et al., 2025), que contribuem para  
82 a manutenção dos tecidos vivos ao longo da seca e para a rebrota nas águas.

83 Apesar da elevada resiliência, o capim-buffel apresenta baixa produção de  
84 forragem, o que pode ser consequência da deficiência de nitrogênio (N), típica de  
85 pastagens tropicais extensivas (Porto et al., 2017; Alhammad et al., 2023). A falta de  
86 adubação com N é decorrente do baixo conhecimento a respeito do manejo da  
87 fertilização e da resposta da planta forrageira. Uma revisão recente sobre trabalhos  
88 científicos com adubação em gramíneas tropicais apontou que mesmo as plantas mais  
89 estudadas (*Urochloa spp* e *Megathyrsus maximus*) ainda apresentam grandes lacunas  
90 em termos de exigência em N, perdas no sistema de produção e interação com os  
91 diferentes tipos de solo (Pereira et al., 2022). Para o capim-buffel, o cenário é o mesmo  
92 ou ainda mais restrito, dado seu nicho voltado para o semiárido (Freitas et al., 2019).

93 Os fertilizantes químicos como a ureia e sulfatos de amônia são comumente  
94 utilizados como fonte de nitrogênio no pasto. Contudo, a ineficiência resultante da falta  
95 de conhecimentos sobre o seu manejo, sobretudo no semiárido, eleva ainda mais os  
96 custos com a adubação química do pasto. Essa situação tem motivado alternativas como  
97 os inoculantes com bactérias promotoras de crescimento das plantas (Costa et al.,  
98 2015).

99 A inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio de vida livre, como o  
100 *Azospirillum brasilense*, adiciona N ao solo de maneira natural por meio do processo de  
101 fixação biológica (Aguirre et al., 2018). Além disso, o *A. brasilense* sintetiza fitormônios  
102 como auxinas, citocininas e giberelinas, capazes de estimular o crescimento e elevar a  
103 tolerância ao estresse (Vera et al., 2024). Dado o estímulo ao crescimento resultante  
104 dessas moléculas, é possível que a planta tenha sua demanda por N aumentada, além  
105 da capacidade de fixação. Esse cenário levaria à possibilidade de uma resposta sinérgica  
106 da inoculação com a adubação a qual teria aplicações no aumento da produção de  
107 forragem no semiárido.

108 Estudos com estratégias de adubação nitrogenada com associação de ureia e *A.*  
109 *brasilense* em pasto de capim-buffel são novidades na literatura, e há lacunas no  
110 conhecimento sobre a produtividade e o valor nutritivo da forragem produzida. De uma  
111 maneira geral, doses entre 40 a 80 kg de nitrogênio por hectare são consolidadas na  
112 literatura para atender aos requerimentos das forrageiras tropicais (Hungria et al.,  
113 2021). Diante dessas informações, hipotetiza-se que doses de 40 a 80 kg de nitrogênio  
114 associado com *A. brasilense* possam contribuir com o aumento da produtividade de  
115 massa do capim-buffel e a melhora na composição química e digestibilidade dos  
116 nutrientes.

117 Com base no exposto, o objetivo foi avaliar o efeito da adubação com N e  
118 inoculação com *A. brasilense*, isoladamente ou em conjunto, sobre a resposta produtiva,  
119 estrutural e bromatológica do capim-buffel em região semiárida.

120

## 121 **Material e Métodos**

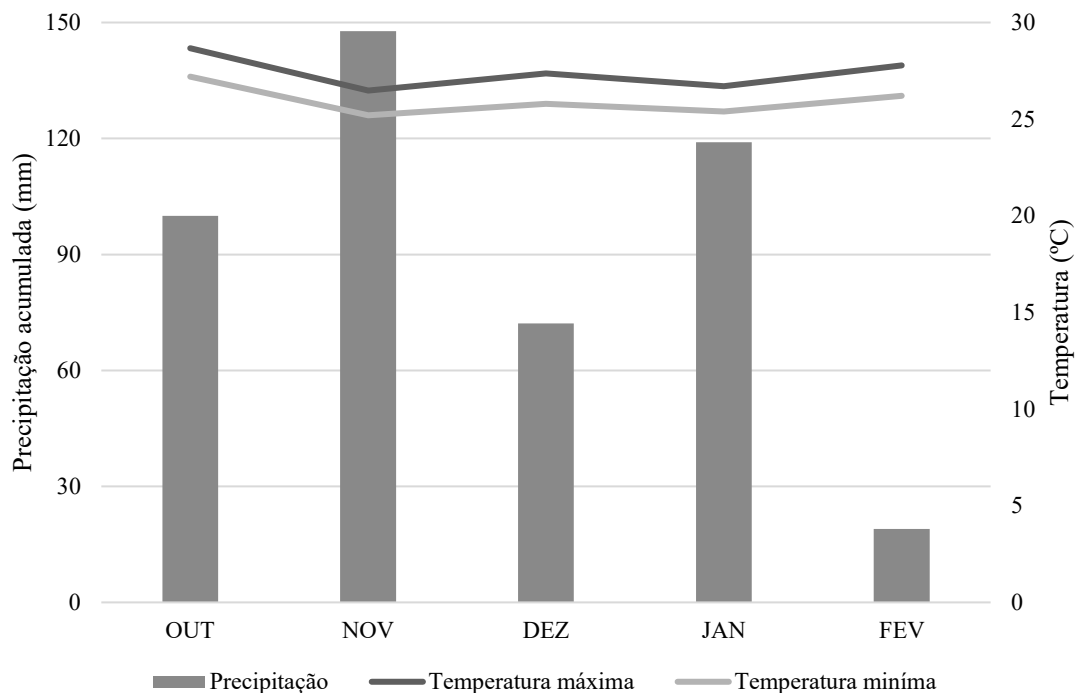
122

### 123 **Local do experimento**

124 O ensaio foi realizado em área experimental da Universidade Estadual de Montes  
125 Claros, UNIMONTES, campus Janaúba – MG, em parcelas de capim-buffel (*Cenchrus*  
126 *ciliaris* cv. Àridus), localizadas a 15°49'47" de latitude sul, 43°16'06" de longitude oeste  
127 e 543 m de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw,  
128 megatérmico, com chuvas de verão e períodos de seca bem definidos no inverno. A

129 precipitação média anual é inferior a 800 mm, com temperatura média anual de 27 °C.  
130 Os dados de temperatura e precipitação foram registrados durante o período de  
131 condução do experimento (Figura 1).

132



133

134 **Figura 1** - Precipitação mensal acumulada e temperaturas máxima e mínima durante a  
135 realização de experimento (INMET, 2025).

136 O experimento foi implantado em área de capim-buffel cv. Áridus formada no  
137 ano de 2016. Antes da instalação do ensaio, amostras de solo representativas foram  
138 coletadas na camada arável (0 a 20 cm) para obtenção de amostra composta e  
139 caracterização física e química do solo. A análise química do solo, realizada no  
140 laboratório de Análises de Solo da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
141 (Epamig Norte), apresentou os seguintes resultados: pH em água = 6,7; P = 36.6 mg/dm<sup>3</sup>,  
142 em extrator Mehlich; K = 96 mg/dm<sup>3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 2.1 cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0.7 cmolc/dm<sup>3</sup>; Al<sup>3+</sup>  
143 = 0.0 cmolc/dm<sup>3</sup>; H+Al<sup>3+</sup> = 1,3 cmolc/dm<sup>3</sup>; t = 3.2 cmolc/dm<sup>3</sup>; SB = 3.2 cmolc/dm<sup>3</sup>; T =  
144 4.5 cmolc/dm<sup>3</sup>; V = 71% e M.O = 0.9 g/dm<sup>3</sup>. Já a composição física do solo apresentou  
145 80% de areia, 10% de silte e 10% de argila.

146 De acordo com as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado  
147 de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999) para pastagens, não houve necessidade de  
148 calagem, de adubação potássica e fosfatada. A adubação nitrogenada na forma de ureia  
149 foi aplicada de forma parcelada de acordo com os tratamentos estudados.

## 150 **Tratamentos e delineamento experimental**

151

152 O experimento foi conduzido seguindo-se o delineamento em blocos  
153 casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades  
154 experimentais, que foram constituídas de parcelas de campo com 10 m<sup>2</sup> (3,70 m x 2,90  
155 m). Foram avaliadas cinco estratégias de adubação: 1) Controle (sem adubação e sem  
156 inoculação); 2) Com 40 kg de N e sem *A. brasilense*; 3) Com 40 kg de N e com *A.*  
157 *brasilense*; 4) Com 80 kg de N e sem *A. brasilense*; e 5) Com 80 kg de N e com *A.*  
158 *brasilense*.

159 As parcelas foram uniformizadas no dia 08/11/2024 por meio de corte mecânico  
160 nas plantas a 20 cm de altura do solo. Nesse momento, a primeira dose do adubo foi  
161 aplicada, correspondente a uma dose única de N para os tratamentos que receberam  
162 40 kg e para os tratamentos com 80 kg de N/ha de N, usando como fonte a ureia (46%  
163 de N). No dia 28/10/2024, as plantas dos tratamentos com *A. brasilense* foram  
164 inoculadas por meio de uma aplicação foliar. Em seguida, as parcelas foram irrigadas  
165 somente para incorporação do adubo nitrogenado, visando reduzir as possíveis perdas  
166 de nitrogênio por volatilização e assegurando umidade do solo para a eficiência da  
167 inoculação. A inoculação foi feita com bomba costal na dosagem de 300 ml ha<sup>-1</sup> do  
168 produto com *A. brasilense*, ao final da tarde, seguindo as recomendações do fabricante.

169 Utilizaram-se Ab-V5 e Ab-V6 de *A. brasilense* com concentração de 2 x 10 UFC  
170 mL<sup>-1</sup>, preparada via solução bacteriana obtida pelo processo de multiplicação massal  
171 em unidade controlada, denominada biorreator. Utilizou-se um meio de cultura  
172 específico e a bactéria adquirida comercialmente. Ao biorreator foi adicionado o meio  
173 de cultura junto com uma dose de *A. brasilense* com 0,1% da concentração do volume  
174 de bactéria do produto comercial, a condições de agitação e aeração ideal, conforme  
175 informações do fabricante. A segunda dose do nitrogênio foi efetuada no dia  
176 25/11/2024, ao final da tarde.

177 **Parâmetros avaliados**

178

179 As parcelas de capim-buffel foram avaliadas quanto à altura de plantas, ao  
180 rendimento forrageiro e à composição morfológica da forragem, de novembro de 2024  
181 a fevereiro de 2025, em um total de quatro cortes avaliativos. As avaliações ocorreram  
182 nos dias 23/11/2024, 21/12/2024, 18/01/2025 e 15/02/2025.

183 Em cada avaliação, foi verificada a altura média do dossel, por meio da média de  
184 10 medidas por parcela, utilizando-se uma régua com divisões de 1 cm, considerando-  
185 se como limite superior a altura da curvatura das folhas em torno da régua. Após a  
186 verificação da altura, alocou-se um quadro de amostragem de 0,25 m x 0,25 m  
187 (0,0625 m<sup>2</sup>), disposto em um ponto representativo da altura média da parcela, onde foi  
188 realizada a contagem de perfilhos que não estavam em senescência.

189 Na mesma ocasião, foi realizada amostragem da massa seca de forragem, usando-  
190 se um quadro de amostragem de 1 m x 1 m (1 m<sup>2</sup>), com corte a uma altura de 20 cm a  
191 partir do nível do solo. As amostras colhidas foram acondicionadas em sacos plásticos e,  
192 no laboratório, foram pesadas e acondicionadas em saco de papel, pesados e secos.  
193 Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa a 55 °C durante 72 horas e,  
194 após esse período, foram resfriadas em dessecador e pesadas.

195 **Composição químico-bromatológica e digestibilidade**

196

197 Após a retirada das amostras da estufa de circulação de ar forçado, estas foram  
198 moídas em moinho de facas com peneira de malha com crivos de 2 mm de diâmetro, e  
199 parte destas foi novamente moída utilizando-se a peneira de 1 mm, para análises  
200 laboratoriais. A porção das amostras com partículas de 2 mm de diâmetro foi utilizada  
201 para incubação *in situ*.

202 As amostras foram analisadas quanto aos seguintes teores: matéria seca (INCT-  
203 CA G-001/1 e G-003/1), proteína bruta (INCT-CA N-001/2), cinzas (INCT-CA M-001/2),  
204 fibra em detergente neutro (FDN; INCT-CA F-001/2) e fibra em detergente ácido (INCT-  
205 CA F- 003/2), com as devidas correções para cinzas (INCT-CA M-002/2) e proteínas (INCT-  
206 CA N- 004/2), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (INCT-CA F-008/2), teores  
207 de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em detergente

208 ácido (NIDA), lignina (INCT-CA F-005/2) e os carboidratos não fibrosos, seguindo as  
209 recomendações descritas em Detmann et al. (2021).

210 O teor de fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd) foi  
211 calculado pela diferença entre FDNcp e FDNi. O teor de nutrientes digestíveis totais  
212 (NDT) foi estimado de acordo com NRC (2001). Para análise da digestibilidade *in vitro* da  
213 matéria seca e fibra em detergente neutro, foi utilizada a metodologia proposta por  
214 Tilley e Terry (1963), adaptada por Holden (1999) com uso da incubadora *in vitro* TE-  
215 150.

### 216 **Análises estatísticas**

217

218 Os dados obtidos em cada ciclo de corte foram submetidos à análise de variância  
219 com uso do programa Sisvar (Ferreira, 2011). Os dados foram analisados com modelo  
220 contendo os efeitos fixos das estratégias de adubação (tratamentos) e o bloco como  
221 efeito aleatório. O procedimento UNIVARIATE foi utilizado para detectar *outliers* ou  
222 valores influentes e examinar a normalidade dos resíduos. Foi utilizado o seguinte  
223 modelo estatístico:

$$224 Y_{ijk} = \mu + E_i + B_j + P_{rk} + e_{ijk}$$

225 Em que:

226  $Y_{ijk}$  = A observação referente à estratégia de adubação nitrogenada na parcela I no de  
227 K, no bloco J e no período K;

228  $\mu$  = Constante associada a todas as observações;

229  $E_i$  = Efeito das estratégias de adubação nitrogenada “i”, com i = 1. 2.3.4 e 5;

230  $B_j$  = Efeito do bloco “j”, com j = 1. 2.3 e 4;

231  $P_{rk}$  = Efeito do período “k”, com j = 1. 2.3 e 4;

232  $e_{ijk}$  = Erro experimental associado a todas as observações ( $Y_{ijk}$ ), independente, que por  
233 hipótese tem distribuição normal com média zero e variância  $\delta^2$ .

234 Quando significativas pelo teste de F, as médias das variáveis dependentes foram  
235 agrupadas pelo Teste de Scott-Knott. Para todos os procedimentos estatísticos,  $\alpha = 0.05$   
236 foi utilizado como limite máximo tolerável para erro do tipo I. Para análise exploratória  
237 dos dados, foi utilizada a análise multivariada por meio da análise de componentes  
238 principais (ACP) e *cluster* com uso do *software* PAST® 4.03 (Hammer et al., 2001).

239 **Resultados**

240 As diferentes estratégias de adubação nitrogenada influenciaram a produção de  
 241 matéria seca do capim-buffel. No primeiro corte, todos os tratamentos com estratégias  
 242 de adubação nitrogenada e associação com a bactéria *A. brasilense* foram superiores ao  
 243 controle, com destaque para o incremento de 23,76% na produção de matéria seca do  
 244 tratamento de 80 kg de N e *A. brasilense* (Tabela 1). Não houve diferença entre as  
 245 estratégias de adubação em relação à altura das plantas (média de 98 cm) e ao número  
 246 de perfilhos no primeiro corte.

247 **Tabela 1** - Características produtivas, estruturais e nutricionais do capim-buffel  
 248 (primeiro corte) submetido a diferentes estratégias de adubação com ureia associada  
 249 com *A. brasilense* no semiárido mineiro.

Variáveis (% da MS)	Tratamentos					CV%	p-valor
	Controle	40N	40N+Az	80N	80N+Az		
Produção de MS, kg/ha	2399,75 b	2858,25 a	2953,75 a	2902,25 a	3147,75 a	8,00	0,0075
Altura da planta, cm	97,25 a	93,25 a	99,25 a	100,25 a	100,00 a	5,78	0,4208
Número de perfilhos, m <sup>2</sup>	842,52 a	1054,0 a	944,00 a	916,00 a	938,00 a	32,17	0,9192
Matéria seca	25,71 a	25,11 a	26,46 a	26,71 a	26,55 a	7,72	0,7694
Cinzas	9,83 a	10,15 a	9,97 a	10,01 a	10,18 a	6,33	0,9359
Proteína bruta	8,13c	9,46b	9,29b	10,4 a	10,25 a	6,66	0,0020
Fibra em detergente neutro	65,08 a	63,49 a	64,79 a	64,60 a	64,63 a	2,08	0,5400
Fibra em detergente ácido	37,95 a	37,20 a	34,72 a	37,26 a	37,15 a	7,92	0,5945
Hemicelulose	27,13 a	26,29 a	25,39 a	27,34 a	27,47 a	6,48	0,4348
Carboidratos totais	79,48 a	78,38 a	78,73 a	78,65 a	78,39 a	1,85	0,8163
Carboidratos não fibrosos	14,40 a	14,89 a	18,61 a	14,04 a	13,75 a	28,29	0,5155
Nutrientes digestíveis totais	55,03 a	53,43 a	54,50 a	55,68 a	55,21 a	9,27	0,9745
Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS	55,62 a	53,62 a	54,96 a	56,43 a	55,85 a	11,45	0,9747
Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDN	61,54 a	60,17 a	60,83 a	67,92 a	60,97 a	11,21	0,5295
Matéria seca indigestível	32,22 a	30,60 a	32,43 a	31,95 a	31,52 a	5,59	0,6281
Fibra em detergente neutro indigestível	23,88 a	22,32 a	23,48 a	23,03 a	23,23 a	8,78	0,8579

250 Médias seguidas de mesma letra, na linha, não se diferenciam entre si a 5% de probabilidade pelo teste  
 251 de Scott-Knott. Obs.: N = kg de N ha<sup>-1</sup>nitrogênio e Az = *A. brasilense*.

252 Para o teor de matéria seca, cinzas, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em  
 253 detergente ácido (FDA), hemicelulose, carboidratos totais (CT), carboidratos não  
 254 fibrosos (CNF), nutrientes digestíveis totais (NDT), digestibilidade *in vitro* da MS e da  
 255 FDN, matéria seca indigestível e FDN indigestível, não foram observadas diferenças  
 256 significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Em relação ao teor de proteína bruta (PB),  
 257 os tratamentos com adubação nitrogenada apresentaram valores superiores ao  
 258 controle. O tratamento 80N (10,4) apresentou o maior teor de PB, seguido por 80N+Az  
 259 (10,25), 40N (9,46) e 40N+Az (9,29), os quais não diferiram entre si, mas foram  
 260 superiores ao controle (8,13).

261 **Tabela 2** - Características produtivas, estruturais e nutricionais do capim-buffel  
 262 (segundo corte) submetido a diferentes estratégias de adubação com ureia associada  
 263 com *A. brasilense* no semiárido mineiro.

Variáveis (% da MS)	Tratamentos					CV%	p-valor
	Controle	40N	40N+Az	80N	80N+Az		
Produção de MS, kg/há	1464,50 a	1769,00 a	2046,75 a	2225,75 a	1899,00 a	19,38	0,0979
Altura da planta, cm	67,75 a	63,50 a	70,00 a	80,50 a	81,25 a	11,09	0,0306
Número de perfilhos, m <sup>2</sup>	318,00 a	758,00 a	602,00 a	704,00 a	718,00 a	37,78	0,2264
Matéria seca	27,05 a	29,39 a	30,26 a	29,30 a	24,23 a	13,6	0,2277
Cinzas	12,61 a	12,58 a	12,15 a	12,01 a	11,93 a	4,61	0,3243
Proteína bruta	8,14 c	11,72 b	10,59 b	11,93 a	12,57 a	8,71	0,0002
Fibra em detergente neutro	64,44 a	65,07 a	61,83 a	62,92 a	64,24 a	4,38	0,5053
Fibra em detergente ácido	37,10 a	37,56 a	33,68 a	34,23 a	36,42 a	9,72	0,4439
Hemicelulose	27,34 a	27,51 a	28,15 a	28,68 a	27,82 a	13,66	0,9874
Carboidratos totais	73,78 a	73,69 a	75,24 a	74,05 a	73,49 a	1,57	0,2811
Carboidratos não fibrosos	9,33 a	8,61 a	13,41 a	11,13 a	9,24 a	30,34	0,2507
Nutrientes digestíveis totais	55,83 a	62,96 a	53,34 a	55,57 a	52,34 a	15,15	0,4776
Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS	56,61 a	65,50 a	53,95 a	56,29 a	52,27 a	18,61	0,4777
Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDN	62,79 a	67,64 a	59,02 a	62,48 a	57,78 a	15,78	0,6562
Matéria seca indigestível	27,81 a	28,65 a	27,31 a	27,02 a	28,65 a	8,14	0,8410
Fibra em detergente neutro indigestível	18,51 a	18,51 a	18,79 a	18,53 a	18,92 a	9,8	0,9971

264 Médias seguidas de mesma letra, na linha, não se diferenciam entre si a 5% de probabilidade pelo teste  
 265 de Scott-Knott. Ob.s: N = kg de N ha<sup>-1</sup>nitrogênio e Az = *A. brasilense*.

266 No segundo corte, as estratégias de adubação e inoculação modificaram apenas  
267 o teor de PB, com resposta semelhante à do primeiro corte, em que os tratamentos  
268 (12,57%) e 80N (11,93%) apresentaram maior PB que os demais. Os tratamentos 40N e  
269 40N+Az apresentaram-se estatisticamente iguais e superiores ao controle. O menor teor  
270 de proteína bruta foi verificado no capim-buffel sem adubação (controle; média de  
271 8,14%).

272 O teor de cinzas oscilou entre 11,93% (80N+Az) e 12,61% (controle) e não diferiu  
273 entre as cinco estratégias estudadas. Os tratamentos avaliados também não alteraram  
274 o teor de fibra em detergente neutro no capim-buffel, cujos valores variaram entre  
275 61,83% (40N+Az) e 65,07% (40N), com média geral de 63,7%. Quanto aos teores de fibra  
276 em detergente ácido do capim-buffel, os valores oscilaram entre 33,68% e 38,10%, sem  
277 diferenças significativas. Os teores de carboidratos totais e carboidratos não fibrosos  
278 permaneceram relativamente estáveis entre os tratamentos. Não houve diferença entre  
279 os tratamentos sobre a digestibilidade da MS e fibra em detergente neutro.

280 No corte 3 do capim-buffel, foi verificado que a produção de MS foi 50,85%  
281 superior quando se utilizaram as estratégias de adubação nitrogenada em relação ao  
282 tratamento controle (média de 613,25 kg ha<sup>-1</sup>; Tabela 3). Os teores de PB da forragem  
283 nos tratamentos adubados, adicionados ou não de *A. brasilense*, não diferiram entre si,  
284 mas foram estatisticamente maiores que o controle. Quando se considera a média  
285 desses tratamentos em vista do controle, o aumento percentual em PB foi de 29,20%.  
286 Para as demais características avaliadas não foi verificado efeito da adubação  
287 nitrogenada no capim-buffel.

288

289

290

291

292

293 **Tabela 3** - Características produtivas, estruturais e nutricionais do capim-buffel  
 294 (terceiro corte) submetido a diferentes estratégias de adubação com ureia associada  
 295 com *A. brasilense* no semiárido mineiro.

Variáveis (% da MS)	Tratamentos					CV%	p-valor
	Controle	40N	40N+Az	80N	80N+Az		
Produção de MS, kg/ha	613,25 b	1164,75 a	1301,5 a	1226,5 a	1298,5 a	15,68	0,0006
Altura da planta, cm	80,00 a	80,75 a	57,26 a	78,75 a	85,50 a	26,15	0,3540
Número de perfilhos, m <sup>2</sup>	582,64 a	777,28 a	682,64 a	746,64 a	720,64 a	23,03	0,5119
Matéria seca	27,80 a	28,41 a	27,39 a	28,63 a	27,05 a	9,87	0,9130
Cinzas	11,79 a	11,08 a	11,63 a	11,03 a	11,32 a	4,22	0,1670
Proteína bruta	7,95 b	11,33 a	10,69 a	10,92 a	12,01 a	7,92	0,0002
Fibra em detergente neutro	64,61 a	63,51 a	62,55 a	66,44 a	62,12 a	3,84	0,1572
Fibra em detergente ácido	37,12 a	37,04 a	35,80 a	38,73 a	34,80 a	5,57	0,1415
Hemicelulose	27,49 a	26,46 a	26,75 a	27,71 a	27,32 a	5,87	0,7861
Carboidratos totais	74,82 a	75,59 a	75,67 a	76,04 a	74,67 a	1,48	0,3979
Carboidratos não fibrosos	10,21 a	12,07 a	13,12 a	9,60 a	12,54 a	22,09	0,2794
Nutrientes digestíveis totais	55,03 a	57,22 a	53,74 a	56,20 a	52,77 a	6,77	0,4781
Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS	55,62 a	58,34 a	54,01 a	57,08 a	52,80 a	8,35	0,4786
Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDN	61,06 a	63,31 a	59,93 a	63,69 a	58,48 a	8,37	0,5782
Matéria seca indigestível	26,55 a	26,65 a	25,62 a	27,45 a	25,19 a	9,57	0,7337
Fibra em detergente neutro indigestível	17,82 a	18,47 a	18,19 a	19,01 a	17,56 a	9,92	0,8116

296 Médias seguidas de mesma letra, na linha, não se diferenciam entre si a 5% de  
 297 probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Obs.: N = kg de N ha<sup>-1</sup>nitrogênio e Az = *A.*  
 298 *brasilense*.

299 No quarto corte não foi verificado efeito (P>0,05) das estratégias de adubação  
 300 nitrogenada sobre os parâmetros avaliados (Tabela 4). A produção média de MS foi de  
 301 556,3 kg/ha, o valor bem abaixo dos valores anteriores, possivelmente pelo baixo  
 302 volume pluviométrico no período (menos de 2 mm acumulados). A digestibilidade *in*  
 303 *vitro* da MS foi, em média, de 56,63%.

304

305

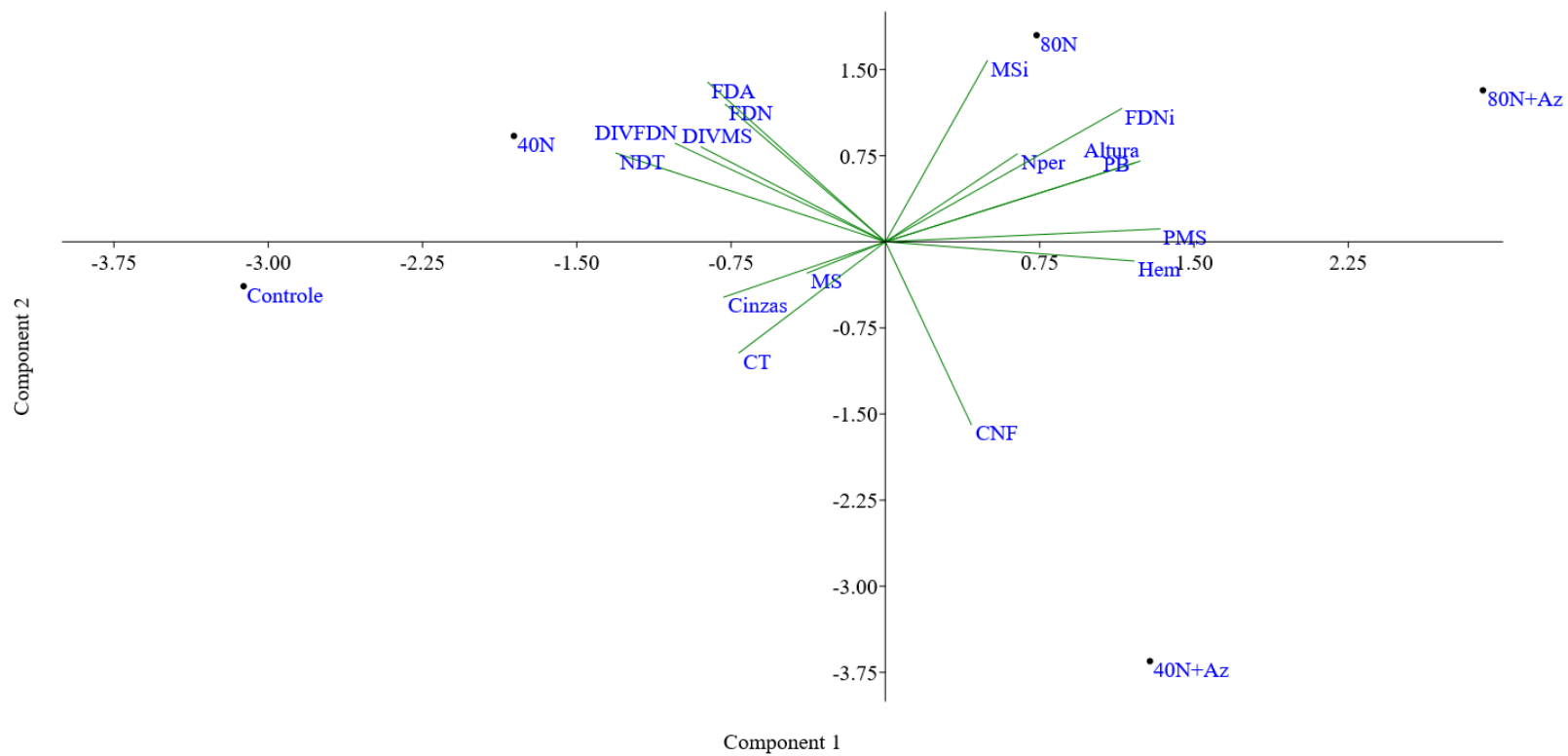
306

307 **Tabela 4** - Características produtivas, estruturais e nutricionais do capim-buffel (quarto  
 308 corte) submetido a diferentes estratégias de adubação com ureia associada com *A.*  
 309 *brasilense* no semiárido mineiro.

Variáveis (% da MS)	Tratamentos					CV%	p-valor
	Controle	40N	40N+Az	80N	80N+Az		
Produção de MS, kg/ha	399,50 a	579,50 a	592,75 a	641,75 a	568,50 a	23,03	0,1758
Altura da planta, cm	53,25 a	52,50 a	57,00 a	57,50 a	57,75 a	14,33	0,8058
Número de perfilhos, m <sup>2</sup>	514,00 a	520,00 a	502,00 a	620,00 a	506,00 a	12,08	0,1114
Matéria seca	27,80 a	28,41 a	27,39 a	28,63 a	27,05 a	9,87	0,9130
Cinzas	11,15 a	12,21 a	11,77 a	11,86 a	11,74 a	7,56	0,5838
Proteína bruta	9,29 a	11,74b	11,25b	11,82b	11,58b	10,19	0,0176
Fibra em detergente neutro	63,04 a	61,71 a	61,08 a	62,27 a	62,94 a	4,23	0,8064
Fibra em detergente ácido	36,37 a	35,17 a	31,30 a	35,54 a	35,25 a	9,71	0,3020
Hemicelulose	26,66 a	26,53 a	29,78 a	26,73 a	27,68 a	10,48	0,4940
Carboidratos totais	74,89 a	73,25 a	73,20 a	73,63 a	73,29 a	2,10	0,5206
Carboidratos não fibrosos	11,85 a	11,54 a	12,12 a	11,36 a	10,34 a	23,22	0,8969
Nutrientes digestíveis totais	60,72 a	56,11 a	55,58 a	57,55 a	56,97 a	6,37	0,3551
Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS	62,72 a	56,96 a	56,31 a	58,75 a	58,04 a	7,78	0,3549
Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDN	69,35 a	62,09 a	61,92 a	64,79 a	63,60 a	7,47	0,2398
Matéria seca indigestível	26,38 a	27,34 a	26,25 a	27,51 a	29,35 a	6,78	0,1942
Fibra em detergente neutro indigestível	17,68 a	18,89 a	17,51 a	18,08 a	19,05 a	6,01	0,2311

310 Médias seguidas de mesma letra, na linha, não se diferenciam entre si a 5% de probabilidade pelo teste  
 311 de Scott-Knott. Obs.: N = kg de N ha<sup>-1</sup>nitrogênio e Az = *A. brasilense*.

312 Na Figura 2, pode ser verificada a distribuição das variáveis dependentes e  
 313 independentes nos componentes principais. CP1 e CP2 explicaram 67,09% da variação  
 314 total dos dados. Os maiores autovalores dentro da CP1 e CP2 foram verificados nas  
 315 variáveis produção de MS (0,3496 na CP1), proteína bruta (0,3173 na CP1), altura das  
 316 plantas (0,3242 na CP1 e 0,1841 na CP2) e FDNi (0,3009 na CP1 e 0,3040 na CP2). As  
 317 variáveis produção de MS, altura das plantas, teor de FDNi, teor de Msi e teor de  
 318 proteína bruta foram associadas às estratégias de adubação nitrogenada 80N e 80N+Az.

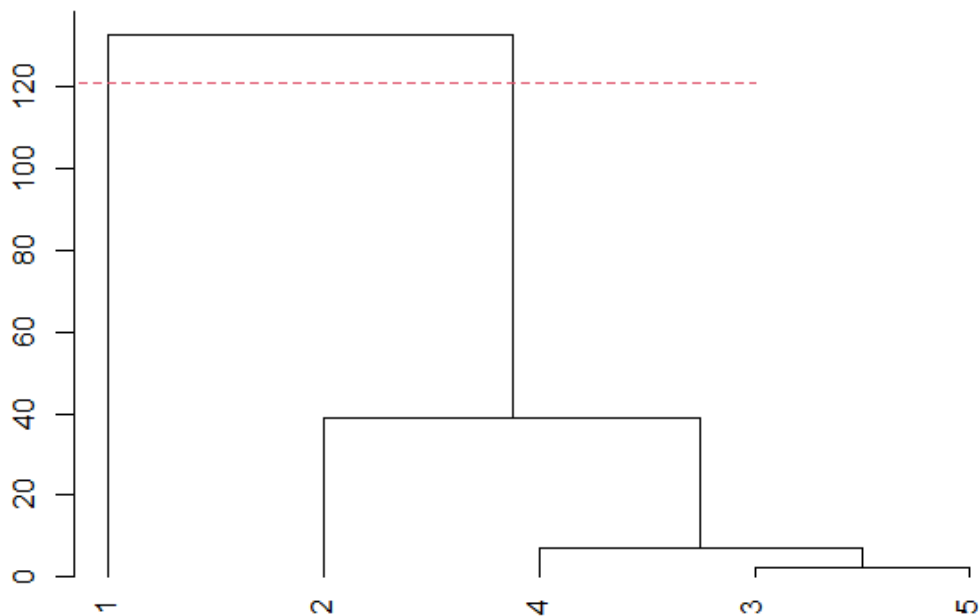


319

320 **Figura 2** - Representação esquemática do primeiro (CP1) e do segundo (CP2) componente principal da análise das características avaliadas no  
 321 capim-buffel submetido a estratégias de adubação.

322 Na Figura 3, pode ser verificada a dissimilaridade dos tratamentos em função das  
323 variáveis dependentes. Verificou-se que, independentemente do corte do capim-buffel,  
324 as variáveis dependentes no tratamento controle são diferentes das estratégias de  
325 adubação nitrogenada. Também foi verificada menor distância euclidiana entre os  
326 tratamentos 40N+ Az e 80N+Az. Observou-se que variáveis dependentes nos  
327 tratamentos 40N+Az e 80N+ Az apresentaram comportamento semelhante em relação  
328 ao tratamento 80N.

329



330

331 **Figura 3** - Análise de *cluster* das características avaliadas no capim-buffel submetido a  
332 estratégias de adubação nitrogenadas. Obs.: 1: controle; 2: 40 kg de N; 3: 40 kg de N +  
333 Az; 4: 80 kg de N e 5: 80 kg de N + Az.

334

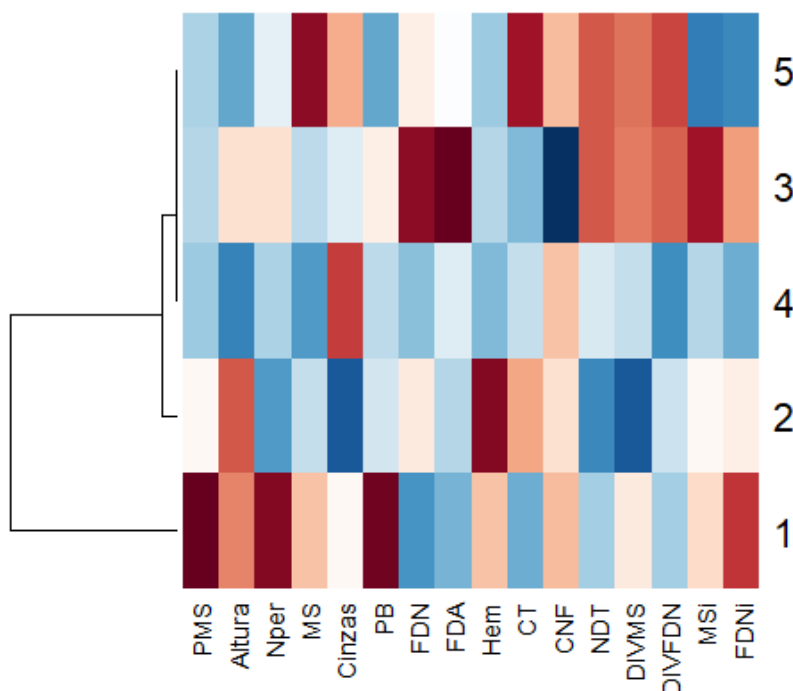
335 O eixo 1 separou principalmente os tratamentos com maiores doses de  
336 nitrogênio e/ou inoculação com *A. brasilense* (T4 e T5) dos tratamentos com baixas  
337 doses ou controle (T1 e T2). Já o eixo 2 discriminou os tratamentos quanto às  
338 características estruturais e bromatológicas avaliadas.

339 Os tratamentos T1 (controle) e T2 (40 kg N com *A. brasilense*) posicionaram-se  
 340 no quadrante negativo de PCA1, mostrando associação com variáveis como FDN, PMS e  
 341 Hemicelulose. O tratamento T5 (80 kg N + *A. brasilense*) situou-se no extremo positivo  
 342 de PCA2, evidenciando forte resposta às variáveis ligadas ao maior acúmulo de biomassa  
 343 e composição química.

344 A distância observada entre os tratamentos no espaço gerado pela análise de  
 345 componentes principais indica diferenças multivariadas consistentes. O tratamento  
 346 controle apresentou-se bem separado dos demais, o que reflete seu menor aporte de  
 347 nutrientes e a ausência de inoculação.

348 O Headspot das variáveis avaliadas evidenciou claramente a formação desses  
 349 mesmos grupos. O tratamento T1 apresentou um padrão de coloração distinto  
 350 (predomínio de tons associados a menores valores) para a maioria das variáveis  
 351 produtivas e nutricionais, confirmando seu desempenho inferior (Figura 4).

352



353

354 **Figura 4** - Headspot mostrando agrupamento das variáveis avaliadas do capim-buffel  
 355 sob diferentes estratégias de adubação nitrogenada. Obs.: 1: controle; 2: 40 kg de N; 3:  
 356 40 kg de N + Az; 4: 80 kg de N e 5: 80 kg de N + Az.

357

358 Os tratamentos T2 e T4 apresentaram um padrão intermediário, enquanto T3 e  
359 T5 mostraram colorações associadas a maiores valores de variáveis-chave (como PMS,  
360 Altura e Nper), indicando efeito positivo da inoculação com *A. brasilense*. Ainda, nota-  
361 se que as variáveis relacionadas à composição fibrosa (FDN, FDA, Hem) tendem a se  
362 agrupar separadamente das variáveis de valor nutricional (Nper, PMS, Altura),  
363 reforçando a estrutura multivariada dos dados.

#### 364 **Discussão**

365 O capim-buffel é uma forrageira tropical de grande relevância na produção de  
366 ruminantes na região semiárida do Brasil e em outros países como Austrália e África do  
367 Sul, onde o clima se comporta com hostilidade em relação a elevadas temperaturas e  
368 tempo de estiagem. A elevada tolerância do capim-buffel à seca se deve,  
369 principalmente, ao profundo sistema radicular e ao acúmulo de reservas orgânicas e  
370 nutrientes em seus rizomas.

371 Contudo, a baixa produtividade de massa dessa forrageira, na maioria das vezes,  
372 é atribuída ao déficit nutricional, principalmente quando se trata de adubação  
373 nitrogenada. Nesta pesquisa, a produtividade do capim-buffel aumentou com o uso de  
374 estratégias de adubação nitrogenada em relação ao tratamento controle. A associação  
375 do adubo nitrogenado com a bactéria diazotrófica *A. brasilense* otimizou o uso do  
376 nutriente pelas plantas por meio do aumento no crescimento e maior acúmulo de  
377 biomassa e pela maior presença de compostos nitrogenados no tecido vegetal. Essa  
378 resposta foi evidenciada na ocorrência de maior PB nos tratamentos 80 e 80+Az no  
379 primeiro e segundo cortes.

380 Esses resultados são justificados porque as bactérias pertencentes ao gênero *A.*  
381 *brasilense*, além de fixarem o N, ao serem introduzidas nas plantas, produzem moléculas  
382 semelhantes a hormônios relacionados ao crescimento, como auxinas, giberelinas e  
383 citocininas, além de atuarem como reguladores (Coelho et al., 2017). Além disso, essas  
384 bactérias exercem efeitos indiretos, como o aumento da resistência a patógenos, a  
385 produção de hormônios relacionados ao estresse e a síntese de substâncias  
386 antimicrobianas (Rodrigues e Fioreze, 2015). Dessa forma, o aumento na produtividade  
387 do capim-buffel verificado nesta pesquisa está associado aos efeitos proporcionados  
388 pelo *A. brasilense*.

389 Com a inoculação da bactéria, destacaram-se as variáveis associadas à melhoria  
390 nutricional e à digestibilidade, evidenciando um efeito positivo da inoculação, sobretudo  
391 na maior dose de nitrogênio aplicada no T5.

392 Esse padrão de agrupamento reforça que as respostas do capim-buffel às doses  
393 de nitrogênio e à inoculação com *A. brasilense* não são apenas pontuais, mas expressam  
394 alterações integradas no conjunto das características avaliadas.

395 De modo geral, o PCA evidenciou que a combinação de adubação nitrogenada  
396 com *A. brasilense* resultou em um perfil nutricional diferenciado do capim-buffel,  
397 sobretudo em T5, que se distanciou mais dos demais tratamentos, sugerindo efeito  
398 sinérgico entre dose de N e inoculação.

399 A análise de agrupamento hierárquico (dendrograma) permitiu identificar  
400 padrões de similaridade entre os tratamentos. Observa-se que o tratamento T1  
401 (controle) formou um grupo isolado, evidenciando características bastante distintas em  
402 relação aos demais tratamentos, o que reflete a ausência de adubação nitrogenada e de  
403 inoculação. Os tratamentos T2 (40 kg N sem inoculação) e T4 (80 kg N sem inoculação)  
404 agruparam-se em um mesmo ramo intermediário, sugerindo similaridade no  
405 comportamento produtivo e nutricional, apesar das diferentes doses de nitrogênio. Por  
406 outro lado, os tratamentos T3 (40 kg N + *A. brasilense*) e T5 (80 kg N + *A. brasilense*)  
407 agruparam-se de forma muito próxima no extremo do dendrograma, reforçando o  
408 efeito diferenciador da inoculação, principalmente quando combinada com maiores  
409 doses de N (T5).

410 Em pesquisas com *A. brasilense*, Souza et al. (2023) verificaram o efeito positivo  
411 dessa bactéria em genótipos de sorgo biomassa na região semiárida. De acordo com os  
412 mesmos autores, o *A. brasilense* associado com adubo químico promoveu resposta  
413 semelhante na produtividade do sorgo biomassa, com redução de 50% no uso de adubo  
414 químico.

415 Nesta pesquisa, esse comportamento também foi verificado na associação 40N  
416 + Az. Essas bactérias também colonizam a rizosfera e regiões radiculares, promovendo  
417 a produção de hormônios que estimulam o crescimento das raízes, o que amplia a  
418 absorção de água e nutrientes, resultando em maior acúmulo de matéria seca nas  
419 plantas inoculadas (Teixeira et al., 2025).

420 Quanto à composição química, a proteína bruta (PB) foi modificada com as  
421 estratégias de adubação nitrogenada. Esse acréscimo pode estar relacionado à maior  
422 assimilação de N promovida pela inoculação, uma vez que o gênero *A. brasilense* é  
423 conhecido por seu potencial de fixação biológica de nitrogênio (Aguirre et al., 2018).  
424 Além da importância da PB para as funções fisiológicas da planta, essa variável também  
425 é relevante para o animal ruminante que possui uma relação simbiótica com  
426 microrganismos ruminais que utilizam compostos nitrogenados como fonte de energia  
427 para degradação de alimentos fibrosos (Lopes et al., 2023).

428 Os valores de PB observados nesta pesquisa atendem aos requisitos mínimos  
429 necessários para a reprodução desses microrganismos ruminais. Contudo, destaca-se  
430 que algumas estratégias de adubação nos diferentes ciclos proporcionaram teores de  
431 PB superiores a 12% da MS. Esses valores implicam que essa proteína bruta pode  
432 atender até 100% da exigência de proteína bruta pelo animal. Assim, as estratégias de  
433 adubação nitrogenada podem ser eficientes em suprir os compostos nitrogenados em  
434 ruminantes e reduzir o uso de alimentos concentrados a esses animais.

435 Em relação às características estruturais do capim-buffel, como altura da planta  
436 e número de perfilhos, não foi verificado efeito das estratégias de adubação  
437 nitrogenada, assim como algumas variáveis relacionadas à composição químico-  
438 bromatológica e à digestibilidade. A altura é uma importante medida de crescimento  
439 que indica o progresso da planta em resposta aos nutrientes fornecidos. Isso ocorre  
440 porque as gramíneas foram capazes de absorver prontamente o fertilizante nitrogenado  
441 a tempo em um solo bem manejado, aumentando o crescimento em altura (Alhammad  
442 et al., 2023).

443 Alguns estudos apontam que a adubação nitrogenada em forrageiras tropicais  
444 estimula o crescimento da planta e altera sua altura, sendo observada relação positiva  
445 entre altura e produção de matéria seca ( Alhammad et al., 2023). Contudo, nesta  
446 pesquisa não foram verificadas essas alterações estruturais, e um dos fatores que  
447 possivelmente justificam essa resposta é a adoção de intervalos fixos entre os cortes,  
448 em detrimento daqueles com base na interceptação luminosa de 95%.

449 Estudos apontam que a altura ideal do capim-buffel com essa interceptação  
450 luminosa de 95% é de 40 cm. Porém, o critério de cortes pelo intervalo de tempo (dias)

451 foi aplicado por motivos operacionais de sincronização das coletas. Possivelmente, esse  
452 método de manejo do pasto favoreceu o tratamento controle, que, apesar do menor  
453 potencial de crescimento, obteve tempo para atingir a estrutura dos demais  
454 tratamentos.

455 Na condição de colheita do capim-buffel com 95% de interceptação luminosa, os  
456 tratamentos com adubação química associados com *A. brasilense* certamente atingiram  
457 maiores parâmetros de número de perfilhos, teor de matéria seca, frações fibrosas e  
458 fração indigestível, bem como menores teores de nutrientes digestíveis totais e  
459 digestibilidade dos nutrientes, conforme verificado em vários estudos ( Alhammad et  
460 al., 2023).

461 Normalmente, a adubação nitrogenada estimula o crescimento da planta e reduz  
462 a produção de conteúdo celular e parede celular, visando a uma maior estrutura de  
463 sustentação da planta. Além disso, em forrageiras tropicais há incremento nos tecidos  
464 lignificados, o que justifica a redução na digestibilidade da matéria seca e fração fibrosa  
465 e aumentos nas frações indigestíveis (Alhammad et al., 2023). Contudo, nesta pesquisa  
466 não foi verificado esse comportamento com base na análise univariada.

467 Com base na análise multivariada e análise de *cluster*, principalmente, fica  
468 evidente a menor distância euclidiana entre os tratamentos 40 N+Az e os mesmos com  
469 80N e 80N+Az, evidenciando que as variáveis dependentes apresentaram  
470 comportamento semelhante. Esses resultados destacam a relevância da adubação  
471 nitrogenada estratégica em capim-buffel, já que a produção de matéria seca foi um  
472 componente com maior autovetor e destaque na variação total dos resultados.

473 Um novo achado desta pesquisa pode ser destacado pela semelhança geral das  
474 variáveis avaliadas no tratamento com 40N+Az em relação aos tratamentos 80N e 80N  
475 +Az, conforme verificado na análise de *cluster*. Nesse sentido, o uso de dose 50% menor  
476 de N associado à bactéria do gênero *A. brasilense* potencializou as respostas no capim-  
477 buffel, principalmente quanto à produtividade de massa seca.

478

479

480

481

482 **Conclusão**

483 A adubação nitrogenada aumentou a produtividade e o teor de proteína bruta  
484 do capim-buffel em condições semiáridas, com respostas influenciadas pela  
485 disponibilidade hídrica entre os ciclos de corte. Esses incrementos ocorreram sem  
486 alterações consistentes na composição fibrosa ou na digestibilidade da forragem.

487 A associação entre 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e *A. brasilense* apresentou  
488 desempenho semelhante ao de doses mais elevadas de N mineral. Essa estratégia  
489 configura-se como a opção mais eficiente, com potencial para reduzir o uso de  
490 fertilizantes nitrogenados e aumentar a sustentabilidade de sistemas forrageiros no  
491 semiárido.

492

493 **Conflito de interesses**

494 Não há conflito de interesse.

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507 **Referências**

508

509 ABIEC – Associação Brasileiras das Indústrias Exportadoras de Carne. 2024. Disponível  
510 em: <https://share.google/Djx2CeNTxYB1I6YIU/>. Acesso em: 01 ago. 2025.

511 Aguirre, P. F.; Olivo, C. J.; Rodrigues, P. F.; Falk, D. R.; Adams, C. B. e Schiafino, H. P. 2018.

512 Forage yield of Coastcross-1 pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. Acta  
513 Scientiarum. Animal Sciences 40: e36392. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9977>

514 Alhammad, B.A.; Mohamed, A.; Raza, M. A.; Ngie, M.; Maitra, S.; Seleiman, M.F. e Gitari,  
515 H.I. 2023. Otimização da produtividade de capins Buffel e Sudan utilizando aplicação  
516 ótima de fertilizante nitrogenado em condições áridas. Agronomy 13(8): 2146.  
517 <https://doi.org/10.3390/agronomy13082146>.

518 Coelho, A. E.; Tochetto, C.; Turek, T. L.; Michelon, L. H. e Fioreze, S. L. 2017. Inoculação  
519 de sementes com *Azospirillum brasilense* em plantas de milho submetidas à restrição  
520 hídrica. Scientia Agraria Paranaensis 16(2): 186-192. [http://dx.doi.org/10.18188/1983-  
521 1471/sap.v16n1p186-192](http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n1p186-192).

522 Costa, R. R. G. F.; Quirino, G. D. S. F.; Naves, D. C. D. F.; Santos, C. B. e Rocha, A. F. D.  
523 S. 2015. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of  
524 second-harvest maize. Pesquisa Agropecuária Tropical 45: 304-  
525 311. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4534593>.

526 Ferreira, D. F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e  
527 agrotecnologia 35(6): 1039-1042. [https://doi.org/10.1590/S1413-  
528 70542011000600001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001).

529 Freitas, P. V. D. X.; Tomazello, D. A.; Ismar, M. G.; Braw, T. T.; Romualdo, A. F.; Maciel,  
530 A. A. L. P. e França, A. D. S. 2019. Produção de gramíneas forrageiras inoculadas com  
531 *Azospirillum brasilense* associada a adubação nitrogenada. Rev Cient Rural 21: 31-46.  
532 <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i2.2707>.

533 Ghorbel, M.; Alghamdi, A.; Brini, F.; Hawamda, A. I. e Mseddi, K. 2025. Mitigating water  
534 loss in arid lands: Buffelgrass as a potential replacement for alfalfa in livestock  
535 feed. Agronomy 15(2): 371. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020371>.

536 Hammer, O.; Harper, D. A. T.; Ryan, P. D. 2001. PAST: paleontological statistics software  
537 package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.  
538 [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).

539 Heringer, I. e Moojen, E. L. 2002. Potencial produtivo, alterações da estrutura e  
540 hídrica. *Scientia Agraria Paranaensis* 31(2): 875-882. [https://doi.org/10.1590/S1516-](https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000400010)  
541 [35982002000400010](https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000400010).

542 Holden, L. A. 1999. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten  
543 feeds. *Journal of dairy science* 82(8): 1791-1794.

544 Hungria, M.; Rondina, A. B. L.; Nunes, A. L. P.; Araujo, R. S. e Nogueira, M. A. 2021. Seed  
545 and leaf-spray inoculation of PGPR in brachiarias (*Urochloa spp.*) as an economic and  
546 environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient  
547 status. *Plant and Soil* 463(1): 171-186. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-04908-x>

548 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2024. *Pesquisa da Pecuária*  
549 *Municipal*. Disponível em:  
550 [https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html)  
551 [producao-da-pecuaria-municipal.html](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html). Acesso em: 03 ago. 2025.

552 INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2025. *Dados históricos anuais*. Disponível  
553 em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 15 maio 2026.

554 Lopes, A. S. M.; Oliveira, J. S.; Lima Cruz, G. F.; Sousa Vieira, D.; Sousa Santos, F. N.;  
555 Lemos, M. L. P. e Santos, E. M. 2023. Effects of non-protein nitrogen on buffel grass fiber  
556 and ruminal bacterial composition in sheep. *Livestock Science* 272: 105237.  
557 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105237>

558 Pereira, L. E. T.; Herling, V. R. e Tech, A. R. B. 2022. Cenário atual e perspectivas para  
559 estratégias de fertilização nitrogenada em pastagens de gramíneas perenes tropicais:  
560 uma revisão. *Agronomia* 12(9): 2079. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092079>.

561 Porto, E. M. V.; Alves, D. D.; Vitor, C. M. T.; Silva, M. F.; Magalhães, C. G.; Souza David,  
562 A. M. S. e Brant, C. J. A. 2017. Produção de biomassa de cultivares do capim buffel  
563 submetidos à adubação nitrogenada. Revista Unimontes Científica 19(1): 122-129.

564 Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G. e Alvarez V., V. H. 1999. Recomendações para o uso  
565 de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. p.41-60. In: Comissão de fertilidade do  
566 solo do estado de minas gerais (CFSMG). 5ª aproximação, Viçosa.

567 Ribeiro, A.C. 1999. Calagem. p.41-60. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de  
568 Minas Gerais (CFSMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em  
569 Minas Gerais. 5ª aproximação, Viçosa.

570 Rodrigues, J. D. e Fioreze, S. L. 2015. Reguladores são, para muitos cultivos,  
571 indispensáveis ao alcance de bons níveis. Visão Agrícola 13(1): 35-39.

572 Souza, J. F.; Rigueira, J. P. S.; Albuquerque, C. J. B.; Rocha Júnior, V. R.; Santos, A. S.;  
573 Carvalho, C. C. S.; Leal, D. B.; Mendes, B. M.; Parrella, R. A. C.; Silva, R. K. O. J. e Monção,  
574 F. P. 2023. Yield and nutritional value of silage of different sorghum hybrids inoculated  
575 with *Azospirillum brasilense*. Journal of Applied Animal Research 51(1): 424-433.  
576 <https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2216760>

577 Teixeira, K. B. S; Silva, T. M.; Gonçalves, L. F.; Silva, L. R.; Lima, L. A. M. e Monteiro, G. G.  
578 T. N.; Oliveira Neto, C. F. 2025. Efeitos da inoculação com *Azospirillum brasilense* em  
579 variedades de milho: crescimento e metabolismo do nitrogênio. Revista Delos 18(66):  
580 e4637-e4637. <https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n66-047>

581 Vera, C. H. R.; Cevallos, F. J. Q.; Quiñónez, E. F. M. e Maldonado, A. A. B. 2024. Un estudio  
582 bibliométrico de los principales reguladores de crecimiento: Citoquininas, Auxinas y  
583 Giberelinas en las plantas. Maestro y Sociedad 21(4): 2202-2207.

584 Wasim, M. A.; Naz, N. e Zehra, S. S. 2022. Anatomical characteristic, ionic contents and  
585 nutritional potential of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) under high salinity. South  
586 African Journal of Botany 144: 471-479. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.015>

587

## 588 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

589 A adubação nitrogenada estratégica exerceu efeito consistente sobre a  
590 produtividade e o valor nutricional do capim-buffel cultivado em condições semiáridas,  
591 com respostas moduladas pela disponibilidade hídrica ao longo dos ciclos de corte. A  
592 aplicação de nitrogênio, isoladamente ou associada à inoculação com *Azospirillum*  
593 *brasilense*, aumentou a produção de matéria seca e os teores de proteína bruta em  
594 relação ao tratamento sem adubação, evidenciando o papel central do nitrogênio como  
595 fator limitante para essa forrageira em ambientes de restrição climática.

596 A associação entre doses moderadas de nitrogênio (40 kg ha<sup>-1</sup>) e *A. brasilense*  
597 destacou-se por apresentar desempenho produtivo e nutricional semelhante às  
598 estratégias com doses mais elevadas de N mineral. As análises multivariadas reforçaram  
599 essa resposta integrada, demonstrando elevada similaridade entre os tratamentos  
600 inoculados e aqueles com maior aporte de nitrogênio, o que indica potencial de  
601 otimização do uso do fertilizante nitrogenado por meio da inoculação bacteriana.

602 As características estruturais, as frações fibrosas e os parâmetros de  
603 digestibilidade mostraram-se relativamente estáveis entre os tratamentos, sugerindo  
604 que, sob manejo por intervalos fixos de corte e sob condições de limitação hídrica, o  
605 incremento de produtividade e proteína bruta ocorre sem penalizar a qualidade da  
606 forragem. Esses resultados reforçam que as respostas do capim-buffel à adubação  
607 nitrogenada são fortemente dependentes do ambiente e do critério de manejo adotado.

608 De forma integrada, os resultados indicam que a combinação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N  
609 com *Azospirillum brasilense* constitui uma estratégia agronomicamente eficiente e  
610 ambientalmente mais sustentável para sistemas de produção em regiões semiáridas, ao  
611 permitir ganhos produtivos comparáveis aos obtidos com maiores doses de fertilizante  
612 mineral. Estudos futuros devem explorar essa interação sob critérios de manejo  
613 baseados na interceptação luminosa e em diferentes cenários hídricos, visando refinar  
614 recomendações e ampliar a eficiência do uso de nitrogênio em pastagens tropicais  
615 adaptadas à seca.