



Universidade Federal
de São João del-Rei

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
ENGENHARIA AGRONÔMICA

MARIA LETÍCIA RABELO ROCHA

DESEMPENHO PRODUTIVO DA CULTIVAR BRS INTEGRA
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO COM 8-28-16 ASSOCIADA A
DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO

SETE LAGOAS - MG
JULHO, 2026

MARIA LETÍCIA RABELO ROCHA

**DESEMPENHO PRODUTIVO DA CULTIVAR BRS INTEGRA
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO COM 8-28-16 ASSOCIADA A
DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, campus Sete Lagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Área de concentração: Forragicultura

Orientador: Dr. Cláudio Manoel Teixeira Vitor

Coorientadora: Dra. Fernanda de Kássia Gomes

**SETE LAGOAS - MG
JULHO, 2026**

MARIA LETÍCIA RABELO ROCHA

**DESEMPENHO PRODUTIVO DA CULTIVAR BRS INTEGRA
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO COM 8-28-16 ASSOCIADA A
DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, campus Sete Lagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Área de concentração: Forragicultura

Orientador: Dr. Cláudio Manoel Teixeira Vitor

Coorientadora: Dra. Fernanda de Kássia Gomes

Sete Lagoas, 15 de julho de 2026.

Banca Examinadora:

Dr. Cláudio Manoel Teixeira Vitor - DCIAG/UFSJ

Dra. Fernanda de Kássia Gomes - EPAMIG/Centro Oeste

Derick Leandro da Silva Caetano - Engenheiro Agrônomo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e à Nossa Senhora Aparecida, por terem sido minha força, meu refúgio e minha esperança durante toda esta caminhada. Nos momentos de medo, ansiedade e incerteza, encontrei na fé a coragem para continuar. Quando pensei que não conseguiria, Deus me sustentou e Nossa Senhora intercedeu por mim, guiando meus passos e mostrando que tudo acontece no tempo certo. A eles entrego com imensa gratidão esta conquista.

Aos meus pais, Eduardo e Eliete, tenho minha mais profunda gratidão. Obrigada por cada incentivo, por cada renúncia, por cada oração e por todo o amor que sempre me ofereceram. Vocês foram meu alicerce em todos os momentos, acreditaram em mim quando nem eu mesma conseguia acreditar e nunca mediram esforços para que eu pudesse realizar este sonho. Essa conquista é tão de vocês quanto minha.

Aos meus irmãos Ana Clara e João Pedro, agradeço pelo carinho, apoio, incentivo e por sempre estarem ao meu lado. Saber que eu podia contar com vocês me deu forças para seguir em frente, mesmo diante das dificuldades.

Ao meu orientador e professor, Dr. Cláudio Manoel Teixeira Vitor, agradeço pela confiança, paciência, dedicação e por todos os ensinamentos compartilhados ao longo da minha graduação. Sua orientação foi essencial para meu crescimento acadêmico e profissional.

A todos os professores do curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal de São João del-Rei, deixo meu sincero agradecimento pelos conhecimentos transmitidos, pela dedicação e pela contribuição para a minha formação.

Aos meus amigos que fizeram parte dessa trajetória, deixo meu mais sincero agradecimento pelo apoio, incentivo, companheirismo e por todos os momentos compartilhados ao longo dessa caminhada. Em especial, à minha amiga Rebeca, pela amizade sincera, por tornar os dias mais leves e por estar ao meu lado nos momentos mais importantes, e ao meu amigo Derick, pela amizade, pelos conselhos, incentivo e por sempre acreditar no meu potencial. Sou imensamente grata por ter vocês fazendo parte desta conquista.

Aos meus companheiros de experimento, Victor e Mariana, agradeço pela parceria, dedicação e apoio durante a condução deste trabalho. Compartilhar essa experiência com vocês tornou essa caminhada mais leve e enriquecedora. Muito obrigada!

Ao GEPEC - Grupo de Estudos em Forragicultura e Pecuária, agradeço pelas oportunidades de aprendizado, pelas experiências vividas e por todo o conhecimento adquirido, que contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e profissional.

À Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), agradeço por proporcionar uma formação de excelência e por todas as oportunidades de aprendizado, crescimento e desenvolvimento ao longo da minha graduação.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada. Cada palavra de incentivo, cada gesto de carinho, cada oração e cada apoio recebido contribuíram para que eu chegasse até aqui. Hoje encerro este ciclo com o coração transbordando de gratidão, reconhecendo que esta conquista não é apenas resultado do meu esforço, mas, acima de tudo, da graça de Deus, da intercessão de Nossa Senhora Aparecida e do amor de todas as pessoas que caminharam ao meu lado. Mais do que um diploma, levo comigo histórias, aprendizados e lembranças que guardarei por toda a vida.

*"Para que todos vejam, e saibam, e considerem, e
juntamente entendam que a mão do Senhor fez isso."*

Isaías 41:20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 <i>Urochloa ruziziensis</i> cv. BRS Integra	9
2.2 Acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e calagem	10
2.3 Nitrogênio, fósforo e potássio	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5 CONCLUSÃO.....	26
6 REFERÊNCIAS	26

RESUMO

A *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra apresenta potencial para uso em sistemas de produção forrageira, sendo seu desempenho influenciado pelas condições químicas do solo e pelo fornecimento de nutrientes. O objetivo com este trabalho é avaliar o desempenho produtivo da cultivar BRS Integra submetida à adubação com fertilizante formulado NPK 8-28-16 associada a diferentes doses de calcário. O experimento foi conduzido em estufa, na Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, composto por quatro doses de calcário, 0, 20, 40 e 60 g vaso⁻¹, e quatro doses do fertilizante formulado NPK 8-28-16, 0, 50, 100 e 150 g vaso⁻¹, com três repetições. A cultivar foi cultivada em vasos de 5 litros, com cinco plantas por vaso, sendo realizados cortes sucessivos quando as plantas atingiram aproximadamente 30 cm de altura. Foram avaliadas a altura das plantas, o número de perfilhos, a matéria verde, a matéria seca de folhas, colmos e material morto, a relação folha/colmo e a taxa de crescimento. Os resultados indicaram aumento linear da altura das plantas em função das doses de calcário e do formulado NPK 8-28-16. A matéria seca de folhas apresentou resposta linear positiva às doses do formulado, enquanto, para as doses de calcário, houve comportamento quadrático, com maior produção em dose intermediária. A taxa de crescimento também respondeu às doses do formulado, indicando efeito positivo do incremento nutricional sobre o desenvolvimento da forrageira. Conclui-se que, nas condições deste experimento a dose ótima de calcário para a máxima produção de massa seca de folhas da *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra, foi de 35,3 g vaso⁻¹. Para o fertilizante formulado NPK 8-28-16, a dose de 150 g vaso⁻¹ proporcionou o melhor desempenho produtivo e morfológico dentro do intervalo experimental, favorecendo o número de perfilhos, a altura das plantas, a taxa de crescimento e a massa seca de folhas.

Palavras-chave: fertilidade do solo; acidez; forrageira tropical; biomassa; crescimento vegetal.

ABSTRACT

Urochloa ruziziensis cv. BRS Integra has potential for use in forage production systems, and its performance is influenced by soil chemical conditions and nutrient supply. The objective of this study was to evaluate the productive performance of the BRS Integra cultivar subjected to fertilization with an NPK 8-28-16 formulated fertilizer combined with different limestone rates. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of São João del-Rei, Sete Lagoas Campus, using a completely randomized design in a 4×4 factorial arrangement, consisting of four limestone rates 0, 20, 40, and 60 g pot⁻¹ and four rates of the NPK 8-28-16 formulated fertilizer 0, 50, 100, and 150 g pot⁻¹ with three replications. The cultivar was grown in 5 L pots, with five plants per pot, and successive cuts were performed when the plants reached approximately 30 cm in height. Plant height, number of tillers, fresh mass, dry mass of leaves, stems, and dead material, leaf-to-stem ratio, and growth rate were evaluated. The results indicated a linear increase in plant height as a function of limestone and NPK 8-28-16 fertilizer rates. Leaf dry mass showed a positive linear response to the fertilizer rates, whereas a quadratic response was observed for limestone rates, with the highest production obtained at an intermediate rate. Growth rate also responded to increasing fertilizer rates, indicating a positive effect of improved nutrient supply on forage development. Under the conditions of this experiment, the optimal limestone rate for maximum leaf dry mass production of *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra was 35.3 g pot⁻¹. For the NPK 8-28-16 formulated fertilizer, the rate of 150 g pot⁻¹ provided the best productive and morphological performance within the experimental range, increasing the number of tillers, plant height, growth rate, and leaf dry mass.

Keywords: soil fertility; acidity; tropical forage; biomass; plant growth.

1 INTRODUÇÃO

A bovinocultura brasileira possui grande relevância econômica e produtiva no cenário mundial sendo conduzida predominantemente em sistemas extensivos, nos quais as pastagens constituem a principal fonte de nutrientes para os rebanhos (Barbero et al., 2021). Nesse contexto, o desempenho da pecuária nacional depende da utilização de forrageiras adaptadas e da adoção de práticas de manejo capazes de garantir oferta de forragem em quantidade e qualidade compatíveis com as exigências nutricionais dos animais, refletindo em melhores índices produtivos (Pereira et al., 2016).

Apesar da ampla utilização das pastagens, a degradação dessas áreas ainda representa um dos principais desafios para as criações bovinas (Bolfe et al., 2024). Esse processo resulta, principalmente, do manejo inadequado, da reposição insuficiente de nutrientes e da elevada acidez característica de grande parte dos solos tropicais (Mota et al., 2020; Nascimento et al., 2025). Como consequência, ocorre redução da produtividade das forrageiras, diminuição da fertilidade do solo, menor capacidade de suporte animal e queda da rentabilidade dos sistemas de produção, comprometendo sua sustentabilidade ao longo do tempo (Carneiro et al., 2022).

Uma grande parte dos solos brasileiros apresenta baixos valores de pH e reduzida disponibilidade de nutrientes, condições que restringem o crescimento das plantas e diminuem a eficiência dos fertilizantes (Brum et al., 2026). Nesse cenário, a calagem é amplamente empregada para elevar o pH do solo, reduzir a toxicidade por alumínio e aumentar a disponibilidade de nutrientes. Além disso, fornece cálcio e magnésio, elementos essenciais ao desenvolvimento vegetal, contribuindo para a melhoria das condições químicas do solo e para o aumento da produtividade das culturas (Wenyika et al., 2025).

Além da correção da acidez, a adubação mineral complementa o manejo da fertilidade ao repor os nutrientes extraídos pelas plantas (Withers et al., 2018). Entre os fertilizantes mais utilizados em sistemas forrageiros destacam-se os formulados à base de nitrogênio, fósforo e potássio, nutrientes diretamente relacionados ao crescimento, ao perfilhamento, à expansão foliar e ao acúmulo de biomassa (Nascimento et al., 2024; Silva et al., 2024). Dentre eles, o formulado NPK 8-28-16 apresenta elevada proporção de fósforo, característica que favorece o estabelecimento inicial das plantas e o desenvolvimento do sistema radicular, além de fornecer N e K necessários ao crescimento vegetativo, especialmente em solos previamente corrigidos.

A *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra tem se destacado como uma alternativa para a produção de forragem em razão de sua elevada produtividade, bom valor nutricional e

adaptação aos sistemas de integração lavoura-pecuária (Paciullo et al., 2021). Entretanto, seu desempenho está relacionado às condições de fertilidade do solo e ao manejo nutricional adotado. Embora os efeitos da calagem e da adubação mineral sobre gramíneas forrageiras sejam amplamente reconhecidos, ainda são escassas as informações sobre a resposta dessa cultivar à aplicação conjunta de diferentes doses de calcário e do fertilizante NPK 8-28-16.

Diante desse contexto, torna-se necessário compreender como a interação entre a correção da acidez e a adubação mineral influencia o crescimento e a produção da cultivar BRS Integra. Esse conhecimento pode subsidiar estratégias de manejo mais eficientes, contribuindo para o uso racional dos insumos e para o aumento da produtividade das pastagens. Logo, parte-se da hipótese de que a aplicação conjunta de calcário e fertilizante NPK 8-28-16 promove maior crescimento vegetativo, perfilhamento e produção de biomassa, existindo uma combinação de doses capaz de maximizar seu desempenho produtivo. Assim, o objetivo com este trabalho é avaliar o desempenho produtivo e morfológico da cultivar BRS Integra submetida à aplicação conjunta de diferentes doses de calcário e do fertilizante NPK 8-28-16.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra

As gramíneas do gênero *Urochloa*, anteriormente classificadas como *Brachiaria*, são amplamente utilizadas no Brasil para a formação de pastagens e a cobertura do solo (Santos et al., 2023). Entre as espécies desse gênero, a *Urochloa ruziziensis* destaca-se pela rápida implantação, pela boa qualidade da forragem e pela adaptação à sobressemeadura. A maior sensibilidade aos herbicidas, em comparação com outras espécies de *Urochloa*, também facilita a dessecação antes do cultivo seguinte, o que favorece sua utilização em sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária (Nepomuceno et al., 2012; Souza Sobrinho et al., 2022).

A cultivar BRS Integra foi desenvolvida pela Embrapa Gado de Leite, por meio de um programa de seleção recorrente fenotípica iniciado em 2004, e registrada em 2019. Como primeira cultivar de *U. ruziziensis* resultante de um programa brasileiro de melhoramento genético, foi selecionada principalmente para aumentar a produção de forragem e palhada durante o outono e o inverno, período marcado pela redução da oferta de alimento aos animais e da cobertura vegetal (Souza Sobrinho et al., 2022).

A BRS Integra apresenta plantas vigorosas, porte médio, crescimento ereto, colmos finos, folhas tenras e elevada capacidade de perfilhamento. Esse conjunto de características favorece a rápida ocupação da área e a formação de cobertura vegetal. Embora sua produção

anual seja semelhante à da cultivar Kennedy, a BRS Integra produz, durante a entressafra, cerca de 25% mais matéria seca total e 35% mais folhas. Sob pastejo, apresenta maior disponibilidade de forragem e relação folha/colmo mais elevada na estação seca, contribuindo para reduzir a escassez de alimento nesse período (Paciullo et al., 2021; Souza Sobrinho et al., 2022).

Essas características ampliam suas possibilidades de uso em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, nos quais a biomassa pode ser destinada inicialmente à alimentação animal e, posteriormente, à formação de palhada. Após o rebaixamento, a cultivar apresenta boa capacidade de recuperação, podendo produzir aproximadamente 4.900 kg ha⁻¹ de matéria seca após 55 dias de descanso. A palhada também permanece por um período considerável sobre o solo, uma vez que cerca de 70% da biomassa inicial ainda estava presente 77 dias após a dessecação no estudo avaliado. Essa permanência contribui para a proteção da superfície e para o estabelecimento da cultura sucessora (Paciullo et al., 2022; Souza Sobrinho et al., 2022).

O consórcio com milho constitui outra possibilidade de implantação da BRS Integra, pois permite estabelecer a forrageira sem reservar uma área exclusiva para a formação da pastagem. Nesse sistema, a semeadura a lanço pode aumentar a densidade de perfilhos e a produção de forragem. Entretanto, a quantidade de sementes deve ser definida de acordo com a finalidade do cultivo, de modo a conciliar a produtividade de grãos com o estabelecimento adequado da forrageira (Brighenti et al., 2023).

Apesar de suas vantagens, a BRS Integra apresenta limitações que devem ser consideradas no planejamento do cultivo. A cultivar é suscetível às cigarrinhas-das-pastagens, possui baixa adaptação a solos mal drenados e é recomendada para áreas de média a alta fertilidade. Além disso, sua menor capacidade de competir com plantas daninhas na fase inicial torna necessário um manejo adequado durante a implantação (Souza Sobrinho et al., 2022).

2.2 Acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e calagem

A acidez do solo é um problema nacional, resultante de processos naturais e de atividades humanas. Entre as causas naturais estão a lixiviação de cátions básicos, como Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, e sua substituição por H⁺ e Al³⁺ nos sítios de troca do solo. Também contribuem para esse processo o intemperismo de rochas e minerais, a hidrólise do alumínio, o desequilíbrio entre a absorção de cátions e ânions pelas plantas e a oxidação da matéria orgânica e de minerais sulfetados. A acidificação também pode ser intensificada pela emissão de SO₂ e NO_x durante a

queima de combustíveis fósseis, que favorece a formação de chuvas ácidas, e pelo uso excessivo de fertilizantes contendo amônio (NH_4^+) (Hue, 2022).

Com o aumento da acidez, o alumínio pode alcançar concentrações tóxicas e limitar o crescimento das raízes. Como consequência, as plantas exploram um volume menor de solo, o que reduz a absorção de água e nutrientes (Ofoe et al., 2023). Além disso, solos ácidos também costumam apresentar baixos teores de cálcio, magnésio e potássio, além de menor saturação por bases (Soto et al., 2023). Por definição, a saturação por bases corresponde à proporção da capacidade de troca de cátions ocupada principalmente por Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , enquanto a saturação por alumínio expressa a participação do Al^{3+} na CTC efetiva. Dessa forma, a combinação de baixa saturação por bases e elevada saturação por alumínio indica um ambiente químico desfavorável ao desenvolvimento das plantas (Havlin, 2005).

Essas alterações também afetam a disponibilidade dos nutrientes, uma vez que, em condições de elevada acidez, o fósforo reage com ferro e alumínio e forma compostos de baixa solubilidade, tornando-se menos disponível para a absorção radicular. Ainda, o baixo pH também pode reduzir a eficiência de aproveitamento de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio. De modo geral, valores de pH próximos de 6,0 a 6,5 favorecem a disponibilidade de grande parte dos nutrientes, embora a faixa adequada dependa das características do solo e das exigências da cultura. Por outro lado, a elevação excessiva do pH pode diminuir a disponibilidade de micronutrientes, como ferro, manganês, cobre e zinco, além de favorecer a formação de fosfatos de cálcio pouco solúveis (Batista et al., 2018; Costa, 2025).

Nesse contexto, a calagem é utilizada para corrigir a acidez e elevar o pH até uma faixa adequada para a cultura, geralmente situada entre 5,5 e 6,5. Essa prática reduz os efeitos tóxicos do alumínio e do manganês e melhora as condições químicas para o crescimento das raízes e a absorção de nutrientes. Normalmente, solos com maiores teores de argila, matéria orgânica e alumínio trocável costumam exigir doses mais elevadas de calcário, pois apresentam maior poder tampão e maior acidez potencial. Ao melhorar o ambiente químico do solo, a calagem também favorece a atividade dos organismos e os processos que ocorrem na rizosfera (Velooso et al., 2020), além de aumentar a disponibilidade de fósforo, ao reduzir sua retenção por óxidos de ferro e alumínio (Batista et al., 2018).

Em sistemas cultivados com *Urochloa ruziziensis*, a correção da acidez com calcário, aplicado isoladamente ou em associação com outros corretivos, melhora o ambiente químico do solo, favorece o crescimento e a distribuição das raízes e amplia o aproveitamento de

nutrientes, especialmente do nitrogênio (Sanches et al., 2020; Bossolani et al., 2020). Assim, a calagem e a adubação devem ser planejadas de forma integrada, pois o desempenho da BRS Integra depende tanto da oferta adequada de nutrientes quanto da existência de condições químicas que permitam sua absorção pelas plantas.

2.3 Nitrogênio, fósforo e potássio

A nutrição mineral influencia diretamente o estabelecimento, o crescimento e a produtividade das gramíneas forrageiras. Entre os elementos essenciais às plantas, o nitrogênio, o fósforo e o potássio são absorvidos em maiores quantidades e estão entre os nutrientes que mais limitam a produção das pastagens (Nascimento et al., 2024). Nesse sentido, conforme o princípio do mínimo, o rendimento vegetal é condicionado pelo nutriente essencial disponível em menor proporção em relação à demanda da cultura, mesmo que os demais fatores estejam em níveis adequados (Liebig, 1840).

O nitrogênio participa da síntese de aminoácidos, proteínas, pigmentos e outras substâncias envolvidas no metabolismo vegetal (Taiz e Zeiger, 2013). Nas gramíneas forrageiras, seu fornecimento estimula a expansão das folhas, o perfilhamento e o acúmulo de matéria seca, além de elevar o teor de proteína da forragem. Em condições de deficiência, observa-se menor crescimento, redução do número de perfilhos e amarelecimento das folhas mais velhas (Costa, Oliveira e Faquin, 2006). No entanto, a resposta à adubação nitrogenada depende do suprimento dos demais nutrientes e de condições adequadas de acidez e umidade do solo (Farhan et al., 2024).

A eficiência do nitrogênio também está relacionada à disponibilidade de fósforo, nutriente envolvido no armazenamento e na transferência de energia, no funcionamento das membranas e no desenvolvimento do sistema radicular (Khan et al., 2023). Sua presença é especialmente importante durante o estabelecimento da pastagem, pois favorece o crescimento inicial, o enraizamento, o acúmulo de matéria seca e a formação de perfilhos (Lopes et al., 2011; Prudencio, 2022). Essa função assume maior relevância nos solos tropicais, nos quais a baixa disponibilidade de fósforo constitui uma das principais limitações ao desenvolvimento das forrageiras (Resende e Furtini Neto, 2007).

O potássio, absorvido pelas plantas na forma de K^+ , é um dos íons inorgânicos mais abundantes nos tecidos vegetais, sua participação no metabolismo ocorre principalmente por meio da regulação de diferentes processos fisiológicos (Sardans e Peñuelas, 2021). Entre suas funções estão o controle osmótico, a ativação de enzimas, o transporte de carboidratos e a

regulação da abertura e do fechamento dos estômatos (Taiz e Zeiger, 2013). A deficiência de K reduz a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, limita o perfilhamento e pode provocar necrose nas pontas e margens das folhas mais velhas (Mattos e Monteiro, 1998).

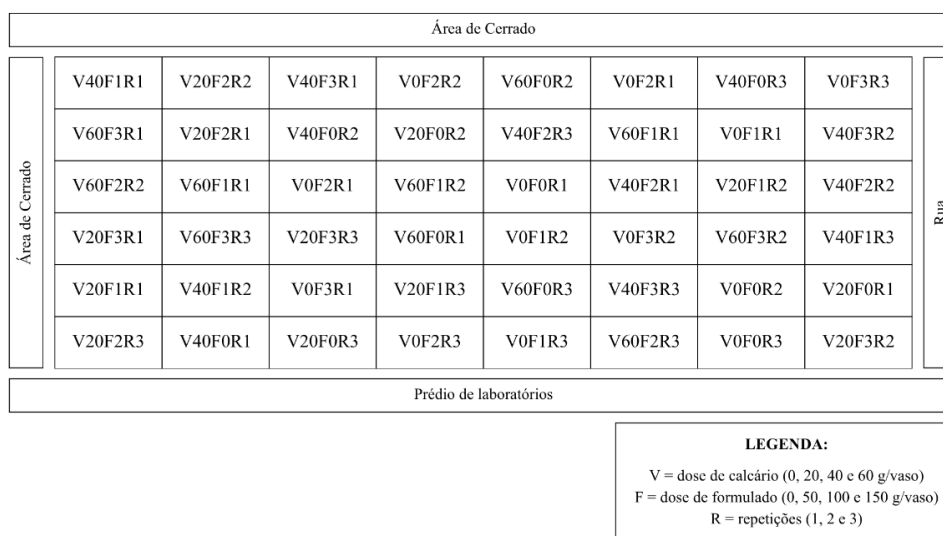
Diante da interação entre esses nutrientes, o manejo de N, P e K pode ser realizado de forma integrada. Em capim-xaraés, o fornecimento de nitrogênio e fósforo aumentou a produção de matéria seca da parte aérea, enquanto a eficiência de utilização do nitrogênio foi maior quando o fósforo foi aplicado em níveis adequados. A adubação nitrogenada também favoreceu o acúmulo de matéria seca nas raízes, demonstrando que o suprimento equilibrado de nutrientes amplia a expressão do potencial produtivo da forrageira (Rodrigues et al., 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa pertencente ao Laboratório de Química e Fertilidade da Universidade Federal de São João del-Rei, UFSJ, Campus Sete Lagoas, no município de Sete Lagoas, região central de Minas Gerais. A área está localizada nas coordenadas 19°28'36" S e 44°12'01" W, a 752 m de altitude. O clima da região é classificado como Cwa, caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos secos, com temperatura média anual de 22,1 °C e precipitação média anual de 1.340 mm.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×4 , com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro doses de calcário, 0, 20, 40 e 60 g por vaso⁻¹, e quatro doses do fertilizante formulado NPK 8-28-16, 0, 50, 100 e 150 g por vaso⁻¹, totalizando 48 unidades experimentais, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Croqui da distribuição dos tratamentos no delineamento experimental.



Antes da instalação do experimento, o solo foi submetido à análise química. A amostra apresentou pH em água de 4,70, matéria orgânica de 1,10 dag kg⁻¹, fósforo de 1,50 mg dm⁻³, potássio de 18,00 mg dm⁻³, cálcio de 0,30 cmolc dm⁻³, magnésio de 0,10 cmolc dm⁻³, alumínio de 0,80 cmolc dm⁻³, acidez potencial de 4,60 cmolc dm⁻³, soma de bases de 0,40 cmolc dm⁻³, CTC a pH 7,0 de 5,00 cmolc dm⁻³ e saturação por bases de 8,0%, caracterizando um solo ácido e de baixa fertilidade.

Para a instalação do experimento, o solo foi inicialmente coletado e peneirado, com o objetivo de remover resíduos vegetais, pedras e torrões, garantindo maior homogeneidade do material utilizado. Em seguida, o solo foi acondicionado em vasos com capacidade volumétrica de 5 litros e levado à estufa, a fim de uniformizar a umidade antes da implantação dos tratamentos. Após essa etapa, realizou-se a aplicação do calcário, com incorporação do corretivo ao solo de cada unidade experimental. Posteriormente, os vasos permaneceram em incubação por aproximadamente 30 dias, período destinado à reação do calcário no solo e à correção da acidez.

A semeadura da cultivar BRS Integra e a aplicação da adubação de plantio com o fertilizante formulado NPK 8-28-16 foram realizadas ao final de junho de 2025. Após o estabelecimento inicial das plantas, procedeu-se ao desbaste na segunda quinzena de setembro de 2025, mantendo-se cinco plantas por vaso. Durante todo o período experimental, as plantas foram monitoradas regularmente, com irrigação realizada por irrigação automática, de forma a reduzir restrições hídricas que pudessem interferir na resposta aos tratamentos. Também foram realizadas observações periódicas quanto à ocorrência de pragas, doenças e outros fatores capazes de comprometer o desenvolvimento forrageiro.

O crescimento das plantas foi acompanhado semanalmente por meio da medição da altura com régua graduada. Essas avaliações permitiram monitorar o desenvolvimento da forrageira e definir o momento adequado para a realização dos cortes. O corte de uniformização ocorreu na última semana de setembro de 2025, quando as plantas apresentavam aproximadamente 30 cm de altura em relação à superfície do solo. Após esse procedimento, iniciou-se a fase de avaliações produtivas. Os cortes foram realizados quando as plantas atingiram aproximadamente 30 cm de altura, sendo o primeiro corte efetuado em 18 de novembro de 2025, o segundo em 22 de janeiro de 2026 e o terceiro em 6 de abril de 2026.

Em cada corte foram avaliadas variáveis relacionadas ao crescimento e à produção de biomassa. A altura das plantas (ALT) foi determinada com régua graduada, medindo-se a

distância entre a superfície do solo e a curvatura das folhas, com os resultados expressos em centímetros. O número de perfilhos (NPF) foi obtido por contagem manual dos perfilhos presentes em cada vaso, sendo os resultados expressos em número de perfilhos por vaso.

Após cada corte, todo o material vegetal colhido foi pesado em balança analítica para determinação da massa verde total (MVE), com os resultados expressos em gramas por vaso. Em seguida, o material foi separado manualmente em folhas, colmos e material morto. Cada fração foi pesada individualmente para obtenção da massa verde de folhas, da massa verde de colmos e da massa verde de material morto.

As amostras de folhas, colmos e material morto foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C durante até atingirem massa constante. Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas em balança analítica para determinação da massa seca de folhas (MSF), massa seca de colmos (MSC) e massa seca de material morto (MSM). Os resultados foram expressos em gramas por vaso e utilizados para estimar a produção de matéria seca.

A relação folha/colmo (RFC) foi calculada pela razão entre a massa seca de folhas e a massa seca de colmos, sendo utilizada como indicador da estrutura da forragem produzida. A taxa de crescimento (TXC) foi determinada pela relação entre a produção de massa seca e o número de dias transcorridos entre cortes consecutivos, com os resultados expressos em gramas de massa seca por dia.

Os dados obtidos para todas as variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), a fim de verificar os efeitos das doses de calcário, das doses do fertilizante formulado NPK 8-28-16 e da interação entre esses fatores. Quando constatada significância pelo teste F a 5% de probabilidade, procedeu-se à análise de regressão, selecionando-se os modelos com melhor ajuste biológico e estatístico. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Sisvar® (Ferreira, 2011), adotando-se nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme apresentado na Tabela 1, a análise de variância demonstrou que a dose de calcário exerceu efeito significativo apenas sobre a altura das plantas, não influenciando o número de perfilhos nem a taxa de crescimento. Por outro lado, a dose de formulado apresentou efeito significativo para todas as variáveis avaliadas, influenciando o número de perfilhos, a altura das plantas e a taxa de crescimento. Não houve interação significativa entre as doses de calcário e do fertilizante formulado para as variáveis avaliadas.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento vegetativo.

FV	GL	Variável		
		NPF	ALT (cm)	TXC
DDC	3	0,5703 ^{ns}	0,0307*	0,1308 ^{ns}
DDF	3	0,0013*	0,0009*	0,0008*
DDC × DDF	9	0,9951 ^{ns}	0,4664 ^{ns}	0,5132 ^{ns}
CV (%)	-	21,93	14,62	30,41
Média Geral	-	8,4791	31,1041	20,7083

FV = Fonte de variação; * = Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo; CV = coeficiente de variação; NPF = número de perfilhos; ALT = altura; TXC = taxa de crescimento; DDF = dose de formulado e DDC = dose de calcário.

A Figura 2 mostra um aumento linear do número de perfilhos (NPF) com o incremento das doses do fertilizante formulado, indicando que a maior disponibilidade de nutrientes favoreceu a emissão de novos perfilhos e, consequentemente, o desenvolvimento vegetativo.

O perfilhamento está relacionado ao estabelecimento, à persistência e à capacidade de rebrotação das pastagens, especialmente após cortes realizados durante a fase reprodutiva das plantas (Jewiss, 1972). O perfilho constitui a unidade básica do dossel forrageiro, originando-se de gemas basais ou axilares e contribuindo para a renovação dos tecidos e para a manutenção da produtividade (Hodgson, 1990). Embora o potencial de perfilhamento seja determinado geneticamente, sua expressão depende das condições ambientais e nutricionais, destacando-se a disponibilidade de nitrogênio (Nabinger, 1997).

Os resultados obtidos neste estudo são semelhantes aos observados por Amorim et al. (2025), que, em experimento conduzido em casa de vegetação, utilizando vasos preenchidos com Latossolo Amarelo distrófico em Vitória da Conquista, BA, avaliaram diferentes protocolos de adubação em *Urochloa brizantha* cv. Marandu e verificaram aumento do número de perfilhos em resposta às doses crescentes de NPK. Os autores atribuíram esse comportamento ao efeito positivo da adubação sobre o perfilhamento, ressaltando que a deficiência de nutrientes decorrente da ausência de fertilização reduz a produção de perfilhos e aumenta o número de gemas que permanecem dormentes na pastagem.

Resposta semelhante também foi relatada por Egbe et al. (2026), em experimento conduzido a campo com *U. ruziziensis* cultivada em solo de baixa fertilidade inicial e submetida às doses de 0, 150, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 20-10-10. Os autores observaram efeito significativo da adubação sobre o perfilhamento, com aumento do número médio de

perfilhos de 44,40, no tratamento sem fertilizante, para 76,58 na dose de 400 kg ha⁻¹, que apresentou a maior média entre os tratamentos. Esses resultados reforçam que, nas condições avaliadas, o fornecimento conjunto de nutrientes por meio de um fertilizante formulado favorece o perfilhamento de *U. ruziziensis*.

Apesar desses resultados, a resposta do perfilhamento à adubação não é uniforme, podendo variar em função da espécie, do material genético, do nutriente fornecido e das condições de cultivo. Pedreira et al. (2017), em experimento conduzido a campo em Sinop, MT, avaliaram pastagens estabelecidas de *U. brizantha* cv. Marandu cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa, submetidas à adubação nitrogenada de 80 kg N ha⁻¹, à inoculação com *Azospirillum brasilense* e à combinação dessas estratégias. Os autores não verificaram efeito dos tratamentos sobre a densidade populacional nem sobre a dinâmica de perfilhamento. Nesse estudo, a dinâmica populacional apresentou comportamento sazonal e esteve relacionada principalmente às variações climáticas ocorridas durante o período experimental, indicando que, nessas condições, os fatores ambientais exerceram maior influência sobre o perfilhamento do que as estratégias de fornecimento de nitrogênio.

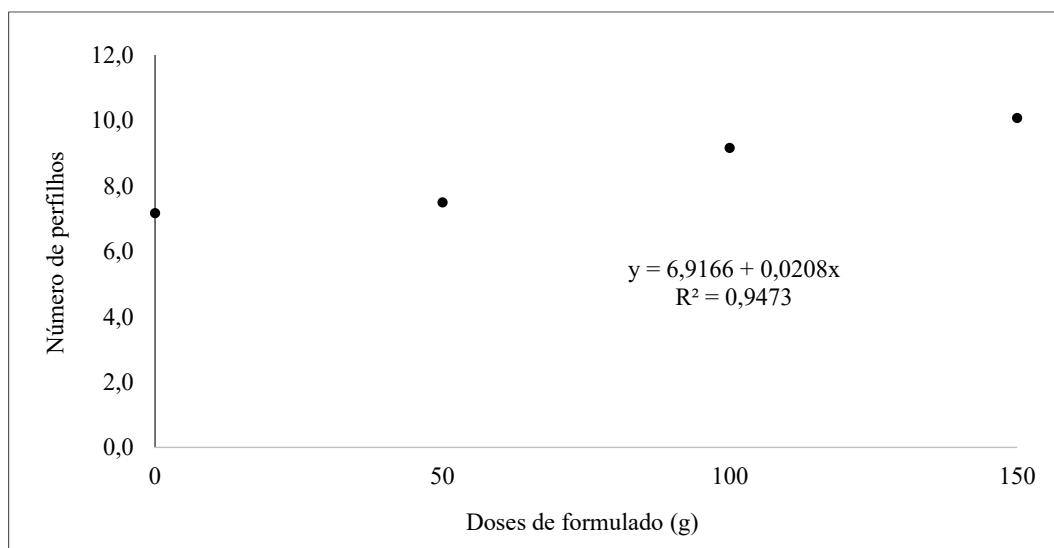
A influência do genótipo foi evidenciada por Vêras et al. (2024), que, em experimento conduzido em casa de vegetação, em Campo Grande, MS, utilizaram vasos preenchidos com Neossolo Quartzarênico típico para avaliar seis cultivares de *Panicum maximum* submetidas a quatro doses de potássio (0, 205, 410 e 820 mg dm⁻³). A densidade populacional de perfilhos aumentou linearmente na cultivar Tamani e apresentou resposta quadrática na cultivar Massai, enquanto Tanzânia, Quênia, Mombaça e Zuri não responderam significativamente às doses aplicadas. Embora o estudo tenha sido realizado com outra espécie e tenha avaliado apenas o fornecimento isolado de potássio, os resultados demonstram que a resposta do perfilhamento à disponibilidade de nutrientes também depende do genótipo.

A resposta positiva ao perfilhamento observada neste estudo também pode estar relacionada à ação complementar dos nutrientes presentes no fertilizante formulado. O fósforo favorece o desenvolvimento do sistema radicular, aumenta a eficiência de absorção desse nutriente e contribui para o crescimento das plantas (Zhang et al., 2024). Além disso, a aplicação conjunta de nitrogênio e fósforo pode potencializar o crescimento vegetal em razão da interação entre esses nutrientes (Widdig et al., 2020).

O potássio, por sua vez, atua no transporte de compostos orgânicos, no metabolismo vegetal e no aproveitamento do nitrogênio, influenciando diretamente o crescimento e a

produtividade. A absorção de K e a exigência das plantas por esse nutriente dependem, em grande parte, do estado nutricional em nitrogênio (Rawat et al., 2016). Assim, à medida que o fornecimento de N estimula o crescimento, também aumenta a demanda por K e pelos demais nutrientes. Dessa forma, a aplicação conjunta de N, P e K favorece o acúmulo de biomassa e contribui para a formação da estrutura do dossel vegetal em pastagens (Liu et al., 2026).

Figura 2 - Número de perfilhos de *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra em função das doses do fertilizante formulado NPK 8-28-16.



A Figura 3 mostra que a altura das plantas de *U. ruziziensis* cv. BRS Integra apresentou ajuste linear positivo em função das doses de calcário e do formulado NPK 8-28-16. Embora tenha ocorrido pequena variação entre as doses iniciais de calcário, a tendência foi de aumento da altura com a elevação das doses avaliadas. Esse comportamento indica que a correção da acidez do solo e o incremento do suprimento nutricional estiveram associados ao maior crescimento em altura da forrageira nas condições do experimento.

A resposta observada em relação à calagem pode ser atribuída à melhoria das condições químicas do solo, uma vez que solos ácidos apresentam, geralmente, baixos teores de bases trocáveis, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , além de maiores teores de alumínio trocável, elemento que pode limitar o crescimento das plantas (Raij, 1991). A calagem corrige a acidez, melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo e contribui para o aumento da disponibilidade de nutrientes e da eficiência dos fertilizantes. Dessa forma, a elevação da saturação por bases e o maior suprimento de cálcio e magnésio podem favorecer o

desenvolvimento radicular, a absorção de água e nutrientes e, consequentemente, o crescimento vegetativo das plantas (Luz, Ferreira e Bezerra, 2002).

Esse efeito também se relaciona ao fornecimento de nutrientes pela calagem, especialmente cálcio e magnésio. O cálcio participa da formação e da estabilidade das paredes celulares e das membranas, atua na sinalização celular e contribui para o desenvolvimento dos tecidos meristemáticos das raízes e da parte aérea (Hepler e Wayne, 1985). O magnésio, por sua vez, integra a molécula de clorofila e participa da ativação de enzimas envolvidas na fotossíntese, na síntese de proteínas, no metabolismo energético e no transporte de fotoassimilados (Shaul, 2002). Assim, a maior disponibilidade após a calagem pode ter contribuído para o aumento da altura das plantas.

A relação entre correção do solo e altura de gramíneas forrageiras foi observada em experimento conduzido em casa de vegetação em Porto Velho, RO, utilizando vasos preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo Álico muito argiloso. Alves (2015) avaliou *U. brizantha* cv. Marandu e *P. maximum* cv. Mombaça submetidos a níveis de calcário líquido. Para o capim-marandu, os tratamentos corresponderam a 0, 15, 30 e 45 L ha⁻¹ de calcário líquido. O autor verificou efeito das doses de calcário sobre a altura do capim-marandu, com ajuste quadrático e altura máxima estimada de 87,43 cm na dose de 23,55 L ha⁻¹. A altura do capim-mombaça, entretanto, não foi afetada pelas doses de calcário.

Apesar das respostas positivas observadas no presente estudo para essa variável, a altura das gramíneas pode não responder da mesma forma em todas as condições de cultivo. Em experimento de campo conduzido em Lavras, MG, em área de Latossolo Vermelho Distroférrico típico, Souza et al. (2006) avaliaram o capim-tanzânia em função de níveis de saturação por bases, formas de aplicação e granulometrias de calcário. Os autores testaram saturações por bases de 40, 60 e 80%, aplicação do calcário incorporada ou não ao solo e dois calcários com diferentes PRNTs, de 88,15% e 107,73%. Nesse estudo, a altura dos perfilhos não foi influenciada significativamente pelos tratamentos aplicados.

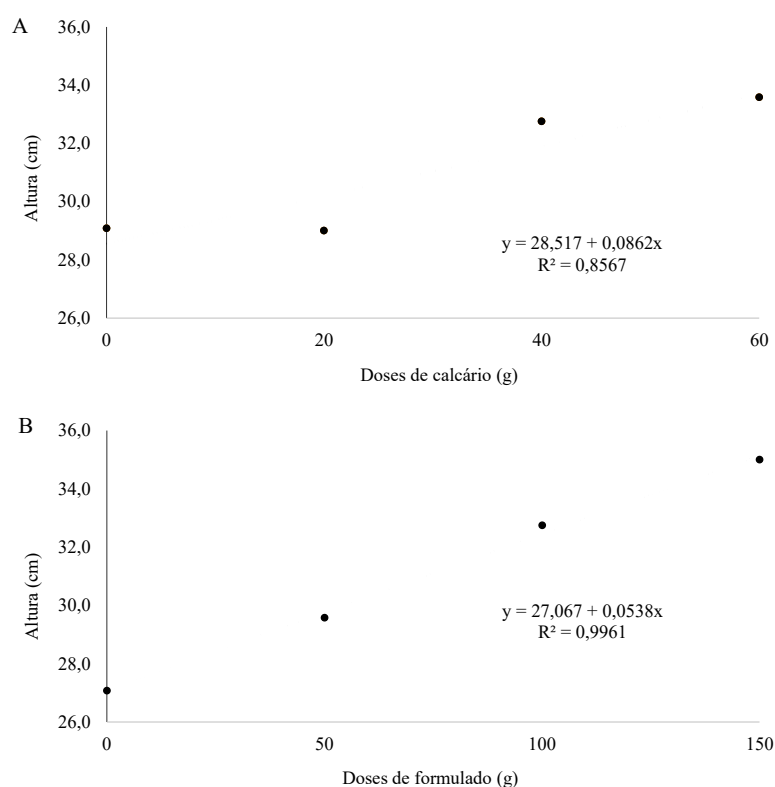
Resultado contrário foi registrado em experimento de campo conduzido entre 2019 e 2021 em Santo Antônio de Leverger, MT, em Latossolo, no qual Ferreira et al. (2023) avaliaram o capim BRS Zuri submetido à calagem e à aplicação de diferentes fontes de P. Os autores verificaram que a incorporação do calcário aumentou significativamente a altura das plantas nos dois anos de avaliação. No primeiro ano, a altura média foi de 76,67 cm com calagem e 71,36 cm sem calagem. No segundo ano, foram registradas médias de 71,75 e 64,27 cm,

respectivamente. Segundo os autores, esse efeito está relacionado à melhoria da eficiência da adubação fosfatada proporcionada pela calagem, favorecendo o crescimento da parte aérea.

Em relação ao formulado, a resposta linear pode estar associada ao fornecimento conjunto de nitrogênio, fósforo e potássio. Esses nutrientes participam de processos ligados ao crescimento vegetativo, ao estabelecimento das plantas e à expansão da parte aérea. No presente estudo, o aumento da altura em função das doses do formulado indica que o incremento da adubação favoreceu o desenvolvimento da BRS Integra até a maior dose avaliada.

Resposta semelhante à adubação mineral foi observada em experimento conduzido em Shika-Zaria, Nigéria, em solo de textura franco-arenosa, no qual Abdullahi (2019) avaliou *U. ruziziensis* submetida às doses de 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 15-15-15. O autor verificou efeito significativo da adubação sobre a altura das plantas, com médias de 65,7 cm no tratamento sem fertilizante e de 70,6, 73,4 e 74,9 cm nas doses de 20, 40 e 60 kg ha⁻¹, respectivamente. As doses de 40 e 60 kg ha⁻¹ não diferiram entre si e proporcionaram alturas superiores às observadas nos sem adubação e com 20 kg ha⁻¹. Nas condições avaliadas, o fornecimento de NPK favoreceu o crescimento em altura de *U. ruziziensis*, comportamento semelhante ao observado para a BRS Integra.

Figura 3 - Altura de plantas de *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra em função das doses de calcário (A) e do fertilizante formulado NPK 8-28-16 (B).

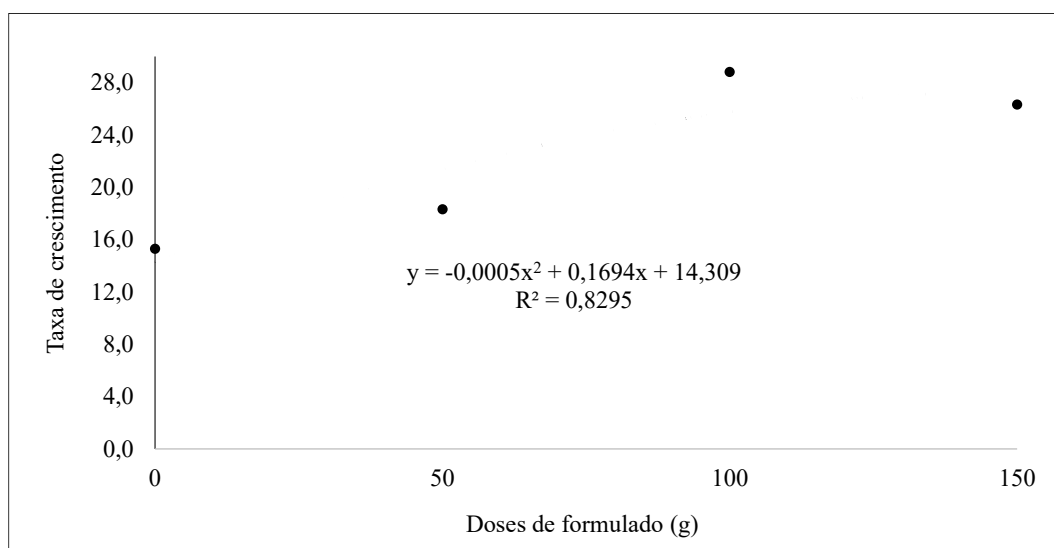


A Figura 4 mostra que a taxa de crescimento de *U. ruziziensis* cv. BRS Integra apresentou resposta quadrática às doses do fertilizante formulado NPK 8-28-16. Verificou-se aumento da taxa de crescimento com a elevação das doses, embora os incrementos tenham sido menores nas doses mais elevadas. Dentro do intervalo experimental, a maior taxa de crescimento foi estimada na dose de 150 g vaso⁻¹ do fertilizante.

Costa et al. (2016) em *Trachypogon plumosus*, observaram que a adubação com nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre proporcionou maiores taxas absolutas de crescimento em comparação à testemunha e ao tratamento apenas com calagem. Os autores registraram taxas de 31,5 e 36,6 kg de MS ha⁻¹ dia⁻¹ nos tratamentos com adubação e com calagem associada à adubação, respectivamente, enquanto a testemunha apresentou 13,1 kg de MS ha⁻¹ dia⁻¹. Esses resultados demonstram que a melhoria da fertilidade do solo pode aumentar a velocidade de acúmulo de biomassa das gramíneas.

Em capim-marandu, Santos Junior et al. (2004) verificaram interação entre as doses de nitrogênio e a idade das plantas sobre a taxa de crescimento absoluto, com maior valor na dose mais elevada de nitrogênio e na idade mais avançada avaliada. Os autores observaram ainda que a elevação do suprimento de nitrogênio aumentou a velocidade de produção de massa seca, demonstrando que o estado nutricional pode modificar o crescimento da forrageira.

Figura 4 - Taxa de crescimento de *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra em função das doses do fertilizante formulado NPK 8-28-16.



A análise de variância apresentada na Tabela 2 mostra que a dose de calcário exerceu efeito significativo apenas sobre a massa seca de folhas (MSF), não influenciando a massa seca de material morto (MSM), a massa seca total (MST), a massa seca de colmos (MSC) e a relação

folha/colmo (RFC). De forma semelhante, a dose de formulado apresentou efeito significativo apenas para a MSF, não promovendo efeito sobre as demais variáveis. Ainda, não houve interação significativa entre as doses de calcário e do fertilizante formulado para as variáveis avaliadas.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das variáveis de produção de biomassa.

FV	GL	Variável				
		MSF (g)	MSM (g)	MST (g)	MSC (g)	RFC
DDC	3	0,0275*	0,4055 ^{ns}	0,2808 ^{ns}	0,5787 ^{ns}	0,4595 ^{ns}
DDF	3	0,0483*	0,4055 ^{ns}	0,1338 ^{ns}	0,1338 ^{ns}	0,9886 ^{ns}
DDC × DDF	9	0,7693 ^{ns}	0,4599 ^{ns}	0,4876 ^{ns}	0,9001 ^{ns}	0,6674 ^{ns}
CV (%)	-	30,98	62,82	37,50	34,41	54,19
Média Geral	-	1,0416	0,0208	1,3333	0,0833	17,8125

FV = fonte de variação; CV = coeficiente de variação; MSF = massa seca de folhas; MSM = massa seca de material morto; MST = massa seca total; RFC = relação folha/colmo; DDF = dose de formulado e DDC = dose de calcário.

A Figura 5 mostra o ajuste linear da massa seca de folhas de *U. ruziziensis* cv. BRS Integra em função das doses do fertilizante formulado NPK 8-28-16. Dentro do intervalo avaliado, o aumento das doses favoreceu o acúmulo de biomassa foliar, com maior produção observada na dose mais elevada. Esse resultado indica resposta positiva da cultivar ao incremento do suprimento nutricional nas condições do experimento.

A produção de biomassa das *Urochloas* é influenciada pela interação entre fatores ambientais, nutricionais e de manejo. Entre os aspectos que interferem nesse processo estão o comprimento do dia, a disponibilidade hídrica, a radiação solar, as temperaturas diurnas e noturnas, o uso anterior da área e a fertilidade do solo (Cantarella et al., 2002; Dantas et al., 2016). Em sistemas de produção mais intensivos ou em solos de maior fertilidade, há relatos de acúmulo de matéria seca da parte aérea superior a 200 kg ha⁻¹ dia⁻¹, evidenciando a elevada capacidade produtiva dessas gramíneas quando as condições de crescimento são favoráveis. Em estudo conduzido em Goiânia, GO, Portes et al. (2000) também observaram elevado acúmulo diário de matéria seca em *Urochloa*, com taxa de 167 kg ha⁻¹ dia⁻¹.

No presente estudo, o aumento da MSF pode estar relacionado ao fornecimento conjunto de nitrogênio, fósforo e potássio pelo formulado. Esses nutrientes participam de processos associados ao crescimento vegetativo, à expansão foliar e à formação de tecidos da

parte aérea. Assim, a elevação das doses de NPK 8-28-16 pode ter favorecido a produção do componente foliar da BRS Integra, refletindo em maior acúmulo de matéria seca nas folhas.

Essa resposta é coerente com resultados observados em outras gramíneas forrageiras. Em estudo conduzido em casa de vegetação em Fortaleza, CE, utilizando vasos preenchidos com Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Arênico, Teles et al. (2011) avaliaram combinações de doses de N, P e K sobre a produção e a composição química de *U. brizantha* cv. MG-4. Os autores observaram que a adubação promoveu incremento na produção da forrageira e influenciou a matéria seca de folhas, colmos e total. Para a matéria seca de folhas, verificou-se efeito quadrático das doses de nitrogênio, com máxima produção estimada na dose de 407 mg dm⁻³ de N no solo. Esses resultados indicam que o aumento do suprimento nutricional pode favorecer a produção do componente foliar em gramíneas do gênero *Urochloa*.

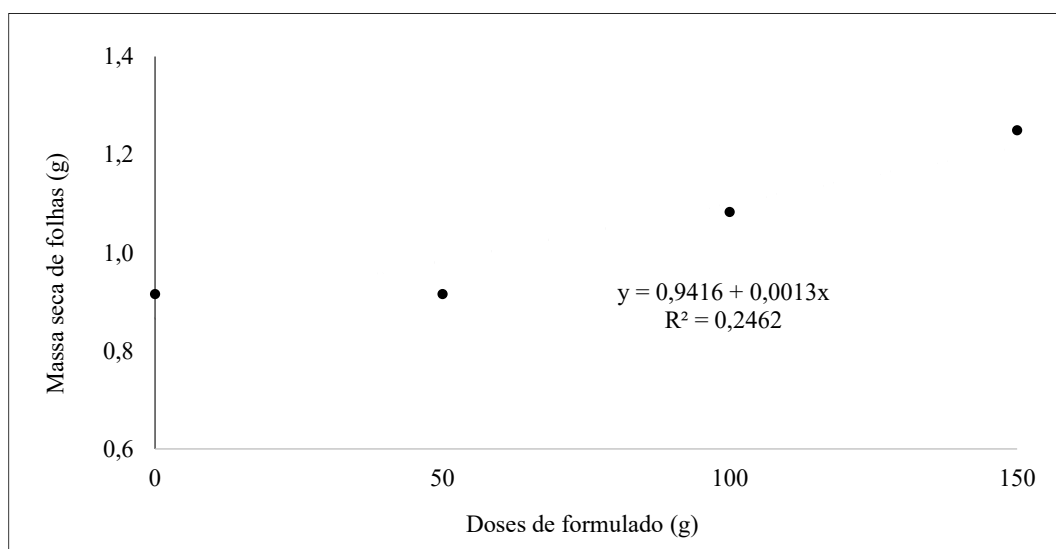
A participação do fósforo nesse processo também foi observada em experimento conduzido em ambiente protegido em Marília, SP, utilizando vasos preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, no qual Oliveira et al. (2012) avaliaram *P. maximum* cv. Mombaça submetido a doses crescentes desse nutriente. Os autores verificaram que a produção de MSF foi influenciada pelas doses de fósforo nos dois cortes e apresentou ajuste quadrático. Na produção final, a máxima massa de folhas foi de 109,48 g, obtida na dose de 688 mg P dm⁻³, representando aumento de 46%. Diferentemente do comportamento observado no capim-mombaça, a resposta linear da BRS Integra sugere que o ponto de máxima produção de MSF não foi atingido dentro das doses de formulado avaliadas.

Além da produção de matéria seca, a adubação também pode interferir na formação da superfície fotossintética das plantas. Em estudo conduzido em casa de vegetação em Piracicaba, SP, com cultivo em solução nutritiva e sílica como substrato, Lavres Júnior e Monteiro (2003) avaliaram combinações de doses de N e K em *P. maximum* cv. Mombaça. Os autores verificaram interação significativa entre os nutrientes para a área foliar total nos dois cortes realizados. No primeiro corte, a área foliar total nas menores concentrações de N e K foi aproximadamente 11 vezes menor que a observada nas maiores doses desses nutrientes. No segundo corte, o valor absoluto de área foliar foi superior ao primeiro, com máxima área foliar 68% maior. Esses resultados indicam que o suprimento de N e K atua na formação da superfície foliar, o que pode favorecer o crescimento vegetativo de gramíneas forrageiras.

A forma dessa resposta, porém, pode variar conforme o período de avaliação e as condições de crescimento. Em estudo conduzido em área experimental em Goiânia, GO, em

Latossolo Vermelho distrófico, Mello et al. (2008) avaliaram *P. maximum* cv. Mombaça submetido às doses de 0, 100, 300 e 500 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio, utilizando sulfato de amônio como fonte. Os autores observaram aumento da produção de massa seca com a elevação da adubação. No primeiro ano de avaliação, a produção total passou de 12.108 kg ha⁻¹ no tratamento sem nitrogênio para 30.332 kg ha⁻¹ na dose de 500 kg ha⁻¹, com ajuste linear. No segundo ano, a produção total e a produção no período das águas apresentaram comportamento quadrático, enquanto a produção no período da seca manteve ajuste linear. Segundo os autores, as diferenças entre os anos podem estar relacionadas às condições de precipitação e temperatura e à possível depleção de nutrientes como fósforo e potássio.

Figura 5 - Massa seca de folhas de *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra em função das doses do fertilizante formulado NPK 8-28-16.



A Figura 6 evidencia resposta quadrática da massa seca de folhas de *U. ruziziensis* cv. BRS Integra às doses de calcário. O incremento das doses promoveu aumento inicial no acúmulo de biomassa foliar, seguido de redução nas doses mais elevadas. Com base na análise de regressão, estimou-se produção máxima de 1,21 g vaso⁻¹ de massa seca de folhas com a aplicação de 35,3 g vaso⁻¹ de calcário. Entre as doses avaliadas, 40 g vaso⁻¹ foi a mais próxima do ponto de máxima resposta, indicando que o aumento da quantidade de corretivo acima dessa faixa não resultou em maior eficiência produtiva.

Esse fato pode estar associado à melhoria das condições químicas do solo proporcionada pela calagem. A aplicação de calcário pode elevar o pH, reduzir a acidez e aumentar os teores de cálcio e magnésio no solo, favorecendo o ambiente de crescimento das plantas (Bernardi et

al., 2018). Em gramíneas forrageiras, a calagem também pode elevar a concentração de cálcio no tecido foliar e contribuir para o desenvolvimento da planta (Moreira e Fageria, 2010).

Comportamento semelhante foi observado por Costa et al. (2021), em experimento conduzido em Aquidauana, MS, em Latossolo Vermelho distroférico, ao avaliarem o capim-mombaça sem calagem e com a saturação por bases elevada para 40, 50 e 60%. A matéria seca de folhas aumentou de 0,71 no tratamento sem calcário para 1,09 na saturação por bases de 40%. Nas saturações de 50 e 60%, entretanto, a produção diminuiu para 0,66 e 0,30, respectivamente. Esse comportamento se aproxima da resposta observada na BRS Integra, pois, em ambos os casos, a correção da acidez favoreceu inicialmente a produção foliar, mas níveis mais elevados reduziram essa variável.

Efeito positivo da calagem sobre o desenvolvimento de gramíneas forrageiras também foi observado por Silva et al. (2023), em experimento conduzido em casa de vegetação em Paragominas, PA, utilizando vasos preenchidos com Latossolo Amarelo arenoso, no qual foi avaliada *U. brizantha* cv. MG-5 cultivada na presença e na ausência de calcário. A ausência de calagem prejudicou o perfilhamento e a matéria seca de folhas nos dois períodos de crescimento avaliados. Por outro lado, os tratamentos com calagem apresentaram melhores respostas para matéria seca foliar, produção de raízes, trocas gasosas e teores de nutrientes, indicando que a correção da acidez pode favorecer componentes ligados à produção de folhas.

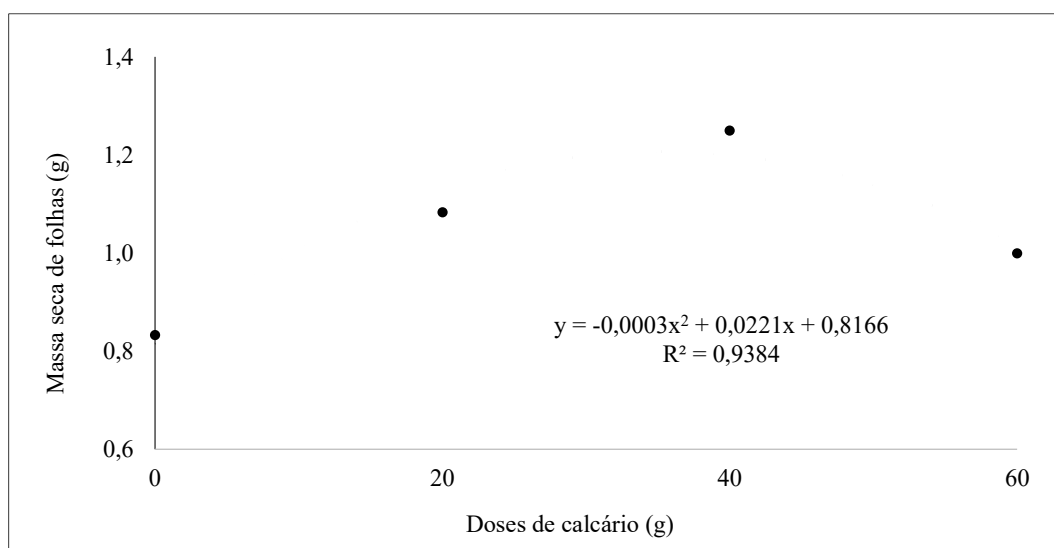
Em sentido diferente, Pinheiro et al. (2014) avaliaram *U. brizantha* cv. Marandu em área de pastagem no sudeste do Pará, em Argissolo Amarelo distrófico, com e sem aplicação superficial de calcário, associada a doses de fósforo, durante três cortes. A calagem reduziu a acidez e aumentou os teores de Ca, Mg e P nas camadas superficiais do solo, mas não alterou significativamente a MSF ou da parte aérea. A produção média de matéria seca foliar foi de 3,6 t ha⁻¹, independentemente da aplicação de calcário. Segundo os autores, a ausência de resposta pode estar relacionada à rusticidade do capim-marandu e às condições químicas inicialmente adequadas do solo.

A interação entre calagem e adubação fosfatada também pode influenciar a produção de folhas em gramíneas forrageiras. Ao avaliar o capim-piatã submetido a diferentes fontes e doses de fósforo, na presença e na ausência de calcário, Chagas (2013) verificou interação entre esses fatores para a matéria seca de lâminas foliares. A produção variou de 8,41 g vaso⁻¹, com o fosfato reativo de Bayóvar associado à calagem, a 23,04 g vaso⁻¹, com o superfosfato triplo associado ao calcário. Embora essa interação não tenha sido observada no presente estudo, os

resultados indicam que a resposta da biomassa foliar à calagem pode variar conforme as condições químicas do solo e os tratamentos empregados.

A redução da matéria seca de folhas na maior dose de calcário pode estar relacionada a uma correção acima da faixa mais adequada para a BRS Integra. A elevação excessiva do pH ou o aumento das concentrações de cálcio e magnésio podem modificar o equilíbrio químico do solo e interferir na disponibilidade ou na absorção de outros nutrientes conforme destacado por Jing et al. (2024). Dessa forma, a resposta quadrática observada na Figura 6 indica que a calagem favoreceu a produção de folhas até determinado nível, mas doses mais elevadas reduziram o acúmulo de matéria seca foliar nas condições do experimento.

Figura 6 - Massa seca de folhas de *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra em função das doses de calcário.



5 CONCLUSÃO

Conclui-se que, nas condições deste experimento a dose ótima de calcário para a máxima produção de massa seca de folhas da *Urochloa ruziziensis* cv. BRS Integra, foi de 35,3 g vaso⁻¹. Para o fertilizante formulado NPK 8-28-16, a dose de 150 g vaso⁻¹ proporcionou o melhor desempenho produtivo e morfológico dentro do intervalo experimental, favorecendo o número de perfilhos, a altura das plantas, a taxa de crescimento e a massa seca de folhas.

6 REFERÊNCIAS

ABDULLAHI, S. A. **Effect of NPK 15:15:15 rates on forage yield, quality of *Brachiaria ruziziensis* and performance of Yankasa rams fed *Brachiaria*: concentrate ration.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigéria, 2019.

ALVES, J. R. **Doses de calcário líquido em solos cultivados com as forrageiras Marandu e Mombaça**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

AMORIM, S. S. D. et al. Efeitos de protocolos de adubação sobre as características morfológicas e produtivas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Aracê**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 14576-14597, 25 mar. 2025. Seven Events. <http://dx.doi.org/10.56238/arev7n3-256>.

BARBERO, R. P. et al. Production potential of beef cattle in tropical pastures: a review. **Ciência Animal Brasileira**, [S. l.], v. 22, p. 1-21, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v22e-69609>.

BATISTA, M. A. et al. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T. et al. (org.). **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018. p. 113-162. <http://dx.doi.org/10.7476/9786586383010.0006>.

BERNARDI, A. C. D. C. et al. Efeito da calagem e fertilizantes aplicados à taxa variável nos atributos químicos do solo e custos de produção de pastagem de capim-tanzânia manejada intensivamente. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 12, n. 4, p. 368-382, 2018. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2018v12n4p368-382>.

BOLFE, E. L. et al. Potential for agricultural expansion in degraded pasture lands in Brazil based on geospatial databases. **Land**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 200-217, 6 fev. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/land13020200>.

BOSSOLANI, J. W. et al. Long-term lime and gypsum amendment increase nitrogen fixation and decrease nitrification and denitrification gene abundances in the rhizosphere and soil in a tropical no-till intercropping system. **Geoderm**, v. 375, art. 114476, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114476>.

BRIGHENTI, A. M. et al. **Taxas de semeadura e métodos de plantio da “BRS Integra” (*Urochloa ruziziensis*) no consórcio com o milho, em cultivo de segunda safra**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2023. 25 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50).

BRUM, L. N. et al. Soil acidity correction and fertilization strategies: effects on acidity, nutrient availability, and crop yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 50, p. 1-18, 2026. Revista Brasileira de Ciência do Solo. <http://dx.doi.org/10.36783/18069657rbcs20250058>.

CANTARELLA, H. et al. Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 19., 2002, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 99-131.

CARNEIRO, J. F. S. et al. Diagnosis of the spatial variability of soil nutrients and economics of precision management in degraded pastures. **Grasses**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 30-43, 23 nov. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/grasses1010003>.

CHAGAS, W. F. T. **Eficiência agrônômica do fosfato reativo de Bayóvar associado ou não à calagem no cultivo do capim-piatã**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60 p.

- COSTA, K. C. G. D. et al. Fosfatagem e calagem no desenvolvimento do capim mombaça. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 13, p. 1-14, 16 out. 2021. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.13794>.
- COSTA, M. M. M. N. **Acidez do solo e calagem**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2025. 11 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 145).
- COSTA, N. L. et al. Dinâmica de crescimento e produtividade de forragem de *Trachypogon plumosus* sob níveis de correção da fertilidade do solo e idades de rebrota. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 17, n. 2, p. 175-184, abr./jun. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1089-6891v17i218715>.
- DANTAS, G. D. F. et al. Produtividade e qualidade da brachiaria irrigada no outono/inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 469-481, maio/jun. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p469-481/2016>
- EGBE, E. A. et al. Balancing biomass yield and nutritional quality of *Brachiaria ruziziensis* through NPK (20:10:10). **American Journal of Plant Sciences**, [S. l.], v. 17, n. 02, p. 152-165, 2026. Scientific Research Publishing, Inc. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2026.172010>.
- FARHAN, M. et al. Plant nitrogen metabolism: balancing resilience to nutritional stress and abiotic challenges. **Phyton-International Journal of Experimental Botany**, v. 93, n. 3, p. 581-609, 2024. <http://dx.doi.org/10.32604/phyton.2024.046857>.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- FERREIRA, E. A. et al. Calagem e fontes de fósforo na produtividade do capim BRS Zuri. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 44, n. 3, p. 1029-1046, 14 ago. 2023. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n3p1029>.
- HAVLIN, J. L. Fertility. In: HILLEL, D. (ed.). *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Oxford: Elsevier, 2005. v. 2, p. 10-19. <http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00228-9>.
- HEPLER, P K; WAYNE, R O. Calcium and plant development. **Annual Review of Plant Physiology**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 397-439, jun. 1985. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.pp.36.060185.002145>
- HODGSON, J. **Grazing management - science into practice**. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990, 203 p.
- HUE, N. Soil acidity: development, impacts, and management. In: GIRI, Bhoopander et al. (ed.). **Structure and functions of pedosphere**. Singapore: Springer, 2022. p. 103-131. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-16-8770-9_5.
- JEWISS, O. R. Tillering in grasses - its significance and control. **Grass and Forage Science**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 65-82, jun. 1972. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.1972.tb00689.x>.
- JING, T. et al. Role of calcium nutrition in plant physiology: advances in research and insights into acidic soil conditions - a comprehensive review. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 210, art. 108602, maio 2024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108602>
- KHAN, F. et al. Phosphorus plays key roles in regulating plants' physiological responses to abiotic stresses. **Plants**, v. 12, n. 15, art. 2861, 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/plants12152861>.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000500006>

LIEBIG, J. V. **Die chemie in ihrer anwendung auf agricultur und physiologie**. Braunschweig: Vieweg und Sohn, 1840.

LIU, L. et al. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization management on plant and soil properties in grasslands with varying salinity–alkalinity. **Agronomy**, [S. l.], v. 16, n. 5, p. 524-540, 28 fev. 2026. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy16050524>.

LOPES, J. et al. Doses de fósforo no estabelecimento de capim-xaraés e estilosantes Mineirão em consórcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2658-2665, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011001200007>.

LUZ, M. J. S.; FERREIRA, G. B.; BEZERRA, J. R. C. **Adubação e correção do solo: procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise do solo**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 32 p. Circular Técnica, 63. ISSN 0100-6460.

MATTOS, W. T.; MONTEIRO, F. A. Respostas de *Brachiaria brizantha* a doses de potássio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 428-437, 1998. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161998000300011>.

MELLO, S. Q. S. et al. Adubação nitrogenada em capim-mombaça: produção, eficiência de conversão e recuperação aparente do nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 935-947, out./dez. 2008.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1231-1239, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400022>

MOTA, S. F. et al. Environmental diagnosis of degraded pasture areas and soil chemical quality. **International Journal of Plant & Soil Science**, [S. l.], p. 1-9, 7 fev. 2020. Sciencedomain International. <http://dx.doi.org/10.9734/ijpss/2019/v31i530223>.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (org.). **Fundamentos do pastejo rotacionado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 213-251.

NASCIMENTO, D. B. D. et al. Nitrogen, phosphorus, and potassium cycling in pasture ecosystems. **Ciência Animal Brasileira**, [S. l.], v. 25, p. 1-18, 2024. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v25e-76743e>.

NASCIMENTO, D. B. et al. Ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em ecossistemas de pastagem. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 25, 2024. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v25e-76743P>.

NASCIMENTO, F. J. L. D. et al. Degradação de pastagens: causas, consequências e caminho para a recuperação. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 1-12, 30 abr. 2025. <http://dx.doi.org/10.61164/rmnm.v8i1.3836>.

NEPOMUCENO, M. P. et al. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja RR. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 557-565, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000300011>.

OFOE, R. et al. Aluminum in plant: benefits, toxicity and tolerance mechanisms. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, art. 1085998, 2023. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2022.1085998>.

OLIVEIRA, P. S. R. et al. Efeito da adubação com fósforo do capim Mombaça em solos com texturas arenosa e argilosa. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 235, p. 397-406, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922012000300008>

PACIULLO, D. S. C. et al. **Produção de forragem de Brachiaria ruziziensis cv. BRS Integra sob pastejo, ao longo do ano**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 43). ISSN 0104-9046.

PACIULLO, D. S. C. et al. **Milho em plantio direto sobre palhada de cultivares de Urochloa ruziziensis (Kennedy e BRS Integra)**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2022. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 45).

PEDREIRA, B. C. et al. Tiller density and tillering on Brachiaria brizantha cv. Marandu pastures inoculated with Azospirillum brasilense. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [S. l.], v. 69, n. 4, p. 1039-1046, ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9034>.

PEREIRA, A. V. et al. Capim-elefante: versatilidades de usos na pecuária de leite. In: VILELA, D. et al. (ed.). **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. cap. 3, p. 187-220. ISBN 978-85-7035-644-4.

PINHEIRO, D. P. et al. Productivity of Marandu grass as a function of liming and phosphate fertilization in a typic hapludult from Amazonia. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal Of Agricultural and Environmental Sciences**, [S. l.], v. 57, n. 1, p. 49-56, 2014. Editora Cubo. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.065>.

PORTES, T. D. A. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S. l.], v. 35, n. 7, p. 1349-1358, jul. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2000000700009>.

PRUDENCIO, M. F. **Doses de fósforo com e sem polímeros na produtividade e valor nutritivo do capim Mavuno**. 2022. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2022.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agrônômica Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343 p.

RAWAT, J. et al. Potassium and its role in sustainable agriculture. **Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture**, [S. l.], p. 235-253, 2016. Springer India. http://dx.doi.org/10.1007/978-81-322-2776-2_17.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 32 p. (Documentos, 195).

RODRIGUES, R. C. et al. Produção e morfofisiologia do capim Brachiaria brizantha cv. Xaraés sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, MG, v. 2, n. 1, p. 124-131, jul. 2012.

- SANCHES, I. R. et al. Maize second-crop intercropped with forages and soil correction depths: grain yield and forages root distribution. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, e798974778, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4778>.
- SANTOS JUNIOR, J. D. G. et al. Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, supl. 2, p. 1985-1991, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000800009>.
- SANTOS, D. F. et al. Eficiência nutricional e produtiva das braquiárias brizantha e decumbens, como plantas forrageiras e de cobertura do solo. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 7, p. 7188-7205, 2023. <http://dx.doi.org/10.55905/revconv.16n.7-177>.
- SARDANS, J.; PEÑUELAS, J. Potassium control of plant functions: ecological and agricultural implications. **Plants**, Basel, v. 10, n. 2, art. 419, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/plants10020419>.
- SHAUL, O. Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. **Biometals**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 307-321, set. 2002. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1016091118585>.
- SILVA, M. A. D. et al. Effects of nitrogen sources on primary and secondary production from annual temperate and tropical pastures in southern Brazil. **Nitrogen**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 483-497, 31 mai. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/nitrogen5020031>.
- SILVA, M. R. A. D. et al. Calcined thermophosphate and limed applied to Brachiaria grass in sandy latossol. **Journal of Agricultural Sciences Research (2764-0973)**, [S. l.], v. 3, n. 19, p. 2-12, 29 nov. 2023. Atena Editora Edição de Livros Ltda. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.9733192328111>.
- SOTO, A. L. et al. Managing soil acidity vs. soil Ca:Mg ratio: what is more important for crop productivity? **Crop, Forage & Turfgrass Management**, v. 9, n. 1, 2023. <http://dx.doi.org/10.1002/cft2.20210>.
- SOUZA, R. M. D. et al. Formas de aplicação de calcário nas características agronômicas do capim-tanzânia. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 746-751, ago. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542006000400022>.
- SOUZA SOBRINHO, F. D. et al. **BRS Integra: nova cultivar de Urochloa ruziziensis para a ILPF**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2022. 19 p. (Comunicado Técnico, 93).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TELES, T. G. R. M. et al. Produção e composição química da Brachiaria brizantha cv. MG-4 sob efeito de adubação com NPK. Acta Scientiarum. **Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 137-143, abr./jun. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i2.9392>.
- VELOSO, C. A. C. et al. Correção da acidez do solo. In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIEGAS, I. J. M. (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020.
- VÉRAS, E. L. D. L. et al. Potassium fertilization alters the morphogenetic, structural, and productive characteristics of Panicum maximum cultivars. **Grasses**, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 287-296, 1 nov. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/grasses3040021>.

WENYIKA, P. et al. Effects of liming on soil physical and chemical properties in Europe and North America: a review. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v. 8, n. 3, 2025. <http://dx.doi.org/10.1002/agg2.70175>.

WIDDIG, M. et al. Effects of nitrogen and phosphorus addition on microbial community composition and element cycling in a grassland soil. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 151, p. 108041, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108041>.

WITHERS, P. J. A. et al. Achieving sustainable phosphorus use in food systems through circularisation. **Sustainability**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. 1804, 30 mai. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su10061804>.

ZHANG, T. et al. Phosphorus uptake and rhizosphere properties of alfalfa in response to phosphorus fertilizer types in sandy soil and saline-alkali soil. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 15, p. 1-12, 10 mai. 2024. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2024.1377626>.