

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Panorama recente da adubação de pastagens: uma atualização  
bibliográfica**

**Aline Schmidt Caparoz**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheira Agrônoma

**Piracicaba  
2025**

---

**Aline Schmidt Caparoz**

**Panorama recente da adubação de pastagens: uma atualização  
bibliográfica**

Orientador:  
Prof. Dr. **FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheira Agrônoma

**Piracicaba  
2025**



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora, por toda força, luz e sabedoria que me deram para chegar até aqui.

Agradeço aos meus pais Fábio e Rosana, por toda a educação, apoio e incentivo que me deram durante toda essa jornada; sem vocês nada disso seria possível!

Agradeço aos meus avós por todas as orações que fizeram por mim e por todo apoio.

Agradeço a todos aqueles que torceram por mim e que acreditaram que seria possível.

Agradeço ao Professor Dr. Francisco Antonio Monteiro pela orientação, aconselhamento, confiança e por todos os ensinamentos transmitidos.

A todos vocês, o meu mais sincero, Muito Obrigada!



"A realização nobre exige três requisitos fundamentais: primeiro, desejar; segundo saber desejar; terceiro, merecer, ou, por outros termos, vontade ativa, trabalho persistente e merecimento justo."

Livro Nosso Lar, cap 7, pág. 49

## SUMÁRIO

RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	6
1.INTRODUÇÃO .....	7
2.OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivos gerais .....	9
2.2 Objetivos específicos .....	9
3.METODOLOGIA .....	11
4.REVISÃO DE LITERATURA.....	13
4.1 Adubação em pastagens tropicais .....	13
4.2 Importância do nitrogênio para o crescimento e qualidade das pastagens .....	14
4.2.1 Efeitos da adubação nitrogenada na produção de forragem.....	17
4.3 Importância do fósforo para o crescimento e a qualidade das pastagens .....	31
4.3.1 Efeitos da adubação fosfatada na produção de forragem .....	32
4.4 Importância do potássio para o crescimento e qualidade das pastagens .....	38
4.4.1 Efeitos da adubação potássica na produção de forragem .....	39
4.5 Importância do enxofre para o crescimento e qualidade das pastagens .....	51
4.5.1 Efeitos da adubação sulfatada e gessagem na produção de forragem .....	52
4.6 Calagem em pastagens .....	59
4.6.1 Efeitos da calagem na produção de forragem .....	60
4.7 Micronutrientes em pastagens .....	69
4.7.1 Efeitos da aplicação de micronutrientes na produção de forragem .....	70
4.8 Adubação em pastagens integradas.....	74
5.CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	85
5.1 Nitrogênio.....	87
5.2 Fósforo .....	91
5.3 Potássio .....	93
5.4 Enxofre.....	97
5.5 Calagem.....	99
5.6 Micronutrientes.....	101
5.7 Adubação em pastagens integradas.....	102
5. APRECIÇÃO FINAL .....	105
REFERÊNCIAS .....	107

## **RESUMO**

### **Panorama recente da adubação de pastagens: uma atualização bibliográfica**

O manejo adequado da fertilidade do solo é fundamental para a sustentabilidade e maximização da produtividade das pastagens. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho realizar uma revisão bibliográfica com foco na nutrição mineral e adubação de plantas forrageiras em contexto nacional, focando nos nutrientes, nas técnicas de aplicação e na resposta das plantas forrageiras a essa adubação. A metodologia consistiu na análise crítica de estudos científicos publicados no período de 2015 a 2025, abrangendo nutrição de pastagens convencionais e sistemas integrados em contexto nacional. Os resultados apontaram que a adubação otimiza a produção e estrutura das pastagens. A aplicação de nitrogênio foi o principal agente na produção de massa seca, perfilhamento e renovação foliar. O fósforo influenciou em densidade de perfilhos e desenvolvimento de raízes, enquanto potássio aumentou a massa seca e reduziu material morto. O enxofre, apesar de apresentar resultados menos evidentes, aumentou a produção de forragem quando associado ao nitrogênio. A calagem melhorou aspectos químicos do solo, mas requer adubação complementar para impactos produtivos significativos. Foi observado padrão de redução na eficiência de utilização dos macronutrientes, com o aumento das doses. Para micronutrientes, poucas pesquisas foram encontradas no período avaliado, porém a aplicação de boro elevou a proteína bruta da forragem sem aumentar a produção de massa seca. A adubação de pastagens em sistemas integrados aumentou a concentração de nutrientes no solo. A literatura apresenta variações de fontes, doses e respostas e nem todos os trabalhos avaliados apresentaram respostas significativas à adubação.

Palavras-chave: Nutrição mineral, Plantas forrageiras, Nutrientes, Revisão, Solo

## **ABSTRACT**

### **Recent overview of pasture fertilization: a literature review update**

Proper soil fertility management is necessary for the sustainability and maximization of pasture productivity. Therefore, this study aimed to conduct a literature review focusing on mineral nutrition and fertilization of forage plants in a Brazilian context, focusing on nutrients, application techniques, and the response of forage plants to this fertilization. The methodology consisted of a critical analysis of scientific studies published between 2015 and 2025, covering conventional pasture nutrition and integrated systems in a national context. The results indicated that fertilization optimizes pasture production and structure. Nitrogen application was the main factor for increasing dry matter production, tillering, and leaf renewal. Phosphorus influenced tiller density and root development, while potassium increased dry matter and reduced dead material. Sulfur, although showing less evident results, increased forage production when associated with nitrogen. Liming improved soil chemical properties but requires complementary fertilization for significant productive impacts. A pattern of reduced efficiency in macronutrient utilization was observed with increasing nutrient rates. For micronutrients, few studies were found during the evaluated period; however, boron application increased crude protein in forage without increasing dry matter production. Fertilization for pastures in the integrated systems increased nutrient concentration in the soil. The literature presents variations in sources, doses, and forage responses, and not all evaluated studies showed significant responses to fertilization.

**Keywords:** Mineral nutrition, Forage plants, Nutrients, Review, Soil



## 1. INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira desempenha papel fundamental na economia do país, sendo o Brasil um dos principais produtores e exportadores mundiais de carne bovina. Segundo a Embrapa (2022), cerca de 95% da carne bovina produzida no país é proveniente de sistemas a pasto, onde as plantas forrageiras se constituem na base da alimentação do rebanho bovino brasileiro.

Dados do Beef Report 2024, organizado pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC), apontaram que em 2023 o Brasil ocupou a primeira posição no ranking global de exportação de carne bovina, e a segunda posição entre os maiores produtores globais de carne. De acordo com essa publicação, o rebanho bovino brasileiro em 2023 contava com 197 milhões de cabeças, utilizando 161 milhões de hectares em pasto, com taxa de ocupação média de 1,22 cabeças/ha. Isso configura que a atividade se baseia em pastagens e o sistema é predominantemente extensivo.

As características edafoclimáticas presentes no Brasil permitem que os sistemas a pasto sejam largamente implantados e explorados, por apresentarem condições ideais para o crescimento das plantas forrageiras. Para que o sistema pastagem se mantenha produtivo e rentável é necessário que seja bem manejado.

Apesar das condições naturais favoráveis, muitos sistemas ainda apresentam baixa produtividade, em grande parte devido ao manejo inadequado do solo e das pastagens. Segundo Ferreira *et al.* (2020), apesar de sua importância, a adubação de pastagens ainda é subutilizada em muitas regiões, seja por falta de conhecimento técnico, custos dos insumos ou ausência de planejamento adequado na propriedade. Isso resulta em baixa produtividade forrageira e animal, degradação das áreas de pasto e baixa eficiência dos sistemas pecuários.

Para Gurgel *et al.* (2018), muitas unidades de produção a pasto não expressam toda sua capacidade produtiva devido ao manejo inadequado, principalmente no tocante a fertilidade do solo. Falhas no manejo de adubação acarretam insucesso para a atividade, o que diminui a capacidade de gerar renda e pode torná-la financeiramente insustentável ao longo dos anos.

De acordo com Zimmer *et al.* (2012), a degradação das pastagens pode ser ocasionada ou intensificada, sobretudo, pela ausência de correção e adubação do

solo durante a implantação, bem como pela insuficiência ou ausência na reposição de nutrientes por meio da adubação de manutenção.

Costa, Carvalho e Teixeira (1998) relataram que a disponibilidade e a qualidade de forragem numa pastagem dependem diretamente do bom manejo da área, levando em conta rapidez de crescimento do capim, adubações, capacidade de suporte, intensidade de uso do pasto e controle de plantas invasoras. Para os autores, esses são fatores essenciais para o sucesso da pecuária.

Nesse contexto, a adubação surge como uma prática essencial para a recuperação e intensificação sustentável dessas áreas, promovendo maior eficiência produtiva e nutricional. Dessa forma, compreender as práticas de adubação aplicadas às pastagens, bem como entender quais são os principais nutrientes utilizados, formas de uso e seus efeitos no solo e na produção animal são essenciais para o fortalecimento da pecuária nacional.

Considerando esse cenário, torna-se relevante a realização de um levantamento bibliográfico que reúna os principais conhecimentos científicos sobre a adubação de pastagens no Brasil. Esse estudo tem por objetivo realizar uma análise crítica dos efeitos da adubação na produtividade forrageira, identificar os nutrientes mais utilizados e as técnicas aplicadas, contribuindo para a disseminação de práticas mais eficientes e sustentáveis na pecuária.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos gerais**

Realizar uma revisão bibliográfica sobre a nutrição e adubação de plantas forrageiras no contexto brasileiro, abordando os principais nutrientes utilizados, as técnicas aplicadas e os efeitos da adubação na produtividade forrageira.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar os nutrientes mais estudados na adubação de pastagens, bem como seus efeitos no desenvolvimento das forrageiras;
- Levantar e descrever as principais técnicas de adubação aplicadas às pastagens;
- Analisar os estudos relatados na literatura sobre a resposta das pastagens à adubação, incluindo ganhos em produtividade e valor nutritivo das plantas forrageiras;
- Reunir recomendações técnicas com base nas publicações levantadas, visando contribuir para o manejo mais eficiente dos nutrientes minerais das pastagens.





### 3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica, focado na adubação de pastagens e seus efeitos na produtividade e na qualidade das plantas forrageiras. Os nutrientes utilizados e as técnicas aplicadas ganharam destaque no trabalho.

A seleção do material bibliográfico foi realizada por meio de buscas em bases de dados científicas, como, SciELO, CAPES Periódicos, Google Scholar e em sites de instituições reconhecidas, como a Embrapa. Foram utilizadas palavras-chave como: “adubação de pastagens”, “nutrição de plantas forrageiras”, “manejo de adubação em pastagens”, “adubação com macronutrientes em pastagens”, “adubação com micronutrientes em pastagens”, “calagem em pastagens” e “fertilidade do solo em pastagens”.

Como critério de inclusão, foram considerados artigos publicados entre os anos de 2015 e 2025, com exclusividade para estudos envolvidos no contexto brasileiro e que apresentaram resultados relevantes sobre o tema. Também foram utilizados alguns livros técnicos e documentos de instituições oficiais, que se fizeram pertinentes ao escopo da pesquisa. Foram utilizados ao todo 78 artigos.

Após a seleção do material foi realizada a leitura de todos e posteriormente os trabalhos foram organizados em planilhas, separadas de acordo com os nutrientes, organizadas com os seguintes dados: título, autor(es), ano de publicação, objetivo, local do estudo, tipo de pastagem, nutriente utilizado, doses, resultados e conclusões. Essas informações foram analisadas qualitativamente e possibilitaram a construção de uma síntese crítica sobre os principais pontos relacionados à adubação de pastagens no Brasil.



## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Adubação em pastagens tropicais

A pecuária brasileira é majoritariamente sustentada por sistemas a pasto, sendo as pastagens responsáveis por proporcionar a base alimentar dos bovinos em praticamente todo o território nacional. De acordo com Bernardi *et al.* (2018), o rebanho nacional é mantido, em sua maioria, em pastagens implantadas em solos de baixa fertilidade. Em razão da baixa fertilidade química da maioria dos solos brasileiros e das exigências em nutrientes das plantas forrageiras na intensificação dos sistemas de produção animal em pastejo, deve-se considerar, investimentos em fertilizantes e corretivos (Campos *et al.*, 2017).

As adubações, por aumentarem a produção e, possivelmente melhorarem a qualidade da forragem, atuam positivamente nos dois determinantes primários da produtividade animal em pastagens: a taxa de lotação e o desempenho dos animais (Martha Júnior; Vilela, 2007). Nesse cenário, a prática da adubação torna-se indispensável para garantir a produtividade e a longevidade das pastagens.

A justificativa para a adubação de pastagens não se limita apenas ao incremento da produção de forragem, mas envolve também a sustentabilidade do sistema produtivo. A ausência de reposição de nutrientes exportados pelo pastejo ou pela remoção de biomassa resulta em perda gradual da capacidade produtiva da pastagem, conduzindo ao processo de degradação (Dias-Filho, 2014). Esse processo tem início com a perda de vigor e queda na disponibilidade de forragem, com redução da capacidade de lotação e do ganho de peso animal; em fases mais avançadas, podem ocorrer infestação de plantas invasoras, ocorrência de pragas e a degradação do solo (Zimmer *et al.*, 2012; Dias-Filho, 2014).

Nos dias atuais, a degradação das pastagens é o fator mais importante que compromete a sustentabilidade da produção animal e pode ser explicada como um processo dinâmico de degeneração ou de queda relativa da produtividade (Macedo; Zimmer, 1993). Sob a perspectiva produtiva, a adubação contribui para o aumento da oferta de forragem e para a melhoria de sua qualidade nutricional, refletindo diretamente no desempenho animal (Britto, 2021).

Assim, a adubação deve ser compreendida como medida preventiva e corretiva, capaz de minimizar a degradação e assegurar maior estabilidade produtiva ao longo do tempo nos sistemas de produção animal em pastejo.

Entre os diversos nutrientes empregados na adubação de pastagens, destacam-se os macronutrientes primários, nitrogênio, fósforo e potássio, que exercem influência direta no estabelecimento e no crescimento das plantas forrageiras. Além deles, os macronutrientes secundários, enxofre, cálcio e magnésio, e os micronutrientes também desempenham papéis relevantes no desenvolvimento vegetal. Diante disso, torna-se pertinente aprofundar a discussão quanto às práticas de adubação.

#### **4.2 Importância do nitrogênio para o crescimento e qualidade das pastagens.**

O nitrogênio é um elemento de grande relevância para os organismos vegetais, visto que desempenha papel fundamental na fisiologia, estrutura e metabolismo das plantas (Pereira *et al.*, 2018).

O nitrogênio é constituinte principal de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, (Taiz e Zeiger, 2006). Ele afeta diretamente os processos fotossintéticos, estimula a atividade enzimática e a síntese das enzimas responsáveis pela fixação de gás carbônico (Gurgel *et al.*, 2018). Também estimula o perfilhamento (Debovi, 2020) e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Batista e Monteiro, 2006; Bonfim-Silva e Monteiro 2006; Debovi, 2020).

Para Herlin *et al.* (2016), o nitrogênio é o macronutriente mais limitante à produção de gramíneas. A quantidade mineralizada pelos microrganismos do solo não é suficiente para atender as exigências mínimas das forrageiras, e dessa forma a adubação se torna uma prática relevante.

Além de participar das características morfogênicas e estruturais, esse nutriente tem influência no valor nutritivo da forragem, enquanto estudos apontam que a adubação nitrogenada proporciona melhoria na qualidade nutricional da forrageira, assegurando assim, alimento de melhor qualidade para os animais a pasto (Magalhães *et al.*, 2007, Guarda *et al.*, 2015, Matos, 2017).

Inúmeros autores apontam que a reposição de nitrogênio através da adubação em sistemas a pasto proporciona melhorias na estrutura e qualidade das pastagens. Dentre elas é possível citar: incremento na produção de forragem (Lugão *et al.*, 2003, Mariani *et al.*, 2018); maior altura dos perfilhos, (Bezerra, 2019, Nascimento *et al.*, 2019, Barros, 2020); e aumento na massa seca do pasto (Patzlaff, Zulpo e Rossi, 2020., Martins, Pereira e Kikuti, 2022). Melhorias essas que

consequentemente possibilitam maior capacidade de suporte e permitem sistemas com maior taxa de lotação animal, produtividade e sustentabilidade na pecuária.

Portanto, entender a dinâmica desse nutriente no solo, bem como sua reposição através da adubação permitem melhor conhecimento do sistema e de seus componentes, além de possibilitar manejo eficiente e sustentável das pastagens.

Diante de sua importância para o crescimento e qualidade das plantas forrageiras, diversos estudos buscaram compreender a dinâmica do nitrogênio nos sistemas de pastagens, bem como os efeitos da adubação nitrogenada na produtividade e valor nutritivo das forrageiras.

#### **4.2.1 Efeitos da adubação nitrogenada na produção de forragem**

No estudo de Patzlaff, Zulpo e Rossi (2020), em Lindóia do Sul, Santa Catarina, foram avaliadas as respostas produtivas do capim Tifton 85 (*Cynodon sp.*) submetido à adubação com ureia na dose recomendada pelo Manual de adubação e calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, correspondente à quantidade anual de N de 391 kg ha<sup>-1</sup>, comparada às respostas mediante as doses de N de 195,5 e 782 kg ha<sup>-1</sup>. A pesquisa foi realizada nos meses de março a abril. Esse estudo apontou que a produção de massa verde e de massa seca foram influenciadas pela dose de N. O tratamento na dose recomendada pelo manual resultou em 2.287 kg ha<sup>-1</sup> MS e foi superior aos tratamentos de 195,5 e 782 kg ha<sup>-1</sup> de N, que foram estatisticamente iguais entre si, e resultaram respectivamente em 2.001 e 1.902 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca. A taxa de acúmulo e a capacidade de suporte foram avaliadas e se mostraram influenciadas pelas doses de N. A taxa de acúmulo de forragem (TAF) foi obtida pela divisão da produção de massa seca no período entre o corte de uniformização e o de amostragem (33 dias). Os resultados para TAF foram 69,3 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na dose de N de 391 kg ha<sup>-1</sup> e 60,63 e 57,63 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> nas doses de 195,5 e 782 kg ha<sup>-1</sup> de N respectivamente. A capacidade de suporte (CS) foi calculada dividindo a produção de massa seca pelo consumo de pasto esperado para uma unidade animal (3,5% do peso vivo) pelo período médio entre pastejos, estimado em 30 dias. As respostas foram 4,84 UA ha<sup>-1</sup> na dose de 391 kg ha<sup>-1</sup> de N, 4,24 UA ha<sup>-1</sup> na dose de 195,5 kg ha<sup>-1</sup> de N e 4,03 UA ha<sup>-1</sup> na dose de 782 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Mariani *et al.* (2018) avaliaram a produtividade de MG 12 Paredão (*Megathyrsus maximus*) submetido a doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150, 200 kg ha<sup>-1</sup>) nas fontes ureia e sulfato de amônio no município de Várzea Grande, no Mato Grosso. O capim foi semeado no mês de fevereiro e avaliado até o mês de junho. Os autores não informam se houve adubação sulfatada no tratamento com ureia. Os resultados mostraram que a forrageira respondeu às doses de nitrogênio, aumentando linearmente a produção de massa verde e seca. A dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> resultou em 28.840 kg ha<sup>-1</sup> de produção de massa verde e 4.590 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca. Se comparado à testemunha, houve acréscimo de aproximadamente 57% e 34,4%, respectivamente. Nesse estudo não houve diferença significativa para as de fontes de nitrogênio.

Nascimento *et al.* (2019) estudaram as respostas de capim Paiaguás (*Urochloa brizantha*) para as doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150, 200, 250 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas na forma de ureia. O experimento foi conduzido em Tangará da Serra, no estado de Mato Grosso. A pastagem foi estabelecida no ano de 2015. Os autores adubaram e avaliaram o capim em seu terceiro ano de produção. Constataram que a maior altura de plantas, em todos os cortes realizados, foi obtida com a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup>. O valor médio da altura das plantas na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de N ficou em torno de 0,75 m para os quatro cortes, significando incremento próximo a 15%, quando comparado à testemunha. Foi observado que a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de N pode proporcionar em média aumento de 101,6% no número de perfilhos, em comparação com a testemunha, indicando que doses mais elevadas de N podem produzir maior número de perfilhos por metro quadrado. A produção de folhas e a de colmos também sofreram incrementos lineares com o aumento de N, com a maior resposta de folhas observada na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> com produção de 1.129,4 kg ha<sup>-1</sup> de folhas, comparada com 400 kg ha<sup>-1</sup> produzidas na testemunha. A produção de colmos na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de N foi, aproximadamente, 440 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a testemunha apresentou produção de 180 kg ha<sup>-1</sup>.

Martins, Pereira e Kikuti (2022) realizaram experimentos em Porto Velho, Roraima, para avaliar os efeitos de doses (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) de N, aplicadas na forma de ureia, no crescimento de capim Marandu (*Urochloa brizantha*), no ano de implantação, no período de novembro a abril. Observaram incremento de produção de massa seca com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas. A maior produção de massa seca da parte aérea (3.115,8 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a aplicação

de 122,4 kg ha<sup>-1</sup> de N. A produção de folhas respondeu positivamente até a dose de N 125,1 kg ha<sup>-1</sup> com produção de 2.023,2 kg ha<sup>-1</sup> de massa de folhas. Nesse estudo também foi analisada a altura das plantas e o valor máximo obtido foi de 0,56 m na dose de 117,5 kg ha<sup>-1</sup> de N. O número máximo de perfilhos (128,6 perfilhos m<sup>-2</sup>) foi obtido com a dose 141,7 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que corresponde ao aumento de 47,07% se comparado à testemunha.

Debovi (2020), em Santo Antônio do Leverger, Mato Grosso, avaliou a influência da adubação nitrogenada nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> usando a fonte sulfato de amônio (aplicadas após cada ciclo de rebrotação) no acúmulo de capim Marandu (*Urochloa brizantha*), no período seco do ano. O experimento foi avaliado anualmente por 5 anos, no período de novembro a maio. A dose de N de 100 kg ha<sup>-1</sup> por ciclo resultou na produção de 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de forragem no período seco, com incremento de 25%, se comparado com a ausência de adubação.

Vilela, Rodrigues e Jesus (2016), na cidade de Patos de Minas, estado de Minas Gerais, avaliaram em casa de vegetação os efeitos das doses de nitrogênio (equivalentes a 0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de ureia, nas características agronômicas e estruturais do capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*). Foram utilizados vasos com 4 dm<sup>3</sup> de latossolo vermelho e aplicados 50, 100 e 150 mg dm<sup>-3</sup> de N. As avaliações foram realizadas 65 dias após a emergência. As doses de 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentaram mais alta densidade de perfilhos (com 57 e 56 perfilhos por vaso respectivamente), enquanto a testemunha apresentou apenas 28. O comprimento de perfilhos apresentou resposta linear às doses e o maior valor (0,42 m) foi encontrado com a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup>, o colmo nesses perfilhos apresentou comprimento de 0,0851 m. Enquanto na testemunha o comprimento de perfilhos foi de 0,29 m totais, sendo 0,059 m de colmo. A adubação nitrogenada de 300 kg ha<sup>-1</sup> apresentou 4,68 folhas vivas e 1,22 folhas mortas enquanto a ausência de adubação nitrogenada produziu 3,81 folhas vivas e 2,18 folhas mortas, o que corresponde à resposta linear às doses. A produção massa seca apresentou resposta positiva até a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (21,05 gramas por vaso de MS), o que corresponde a aumento de 42,5% se comparado à testemunha. O teor de proteína bruta nas folhas apresentou resposta linear ao aumento das doses variando de 3,47% na testemunha para 11,53% na dose máxima de N aplicada, correspondendo a incremento de 69%.



Sales *et al.* (2016), em Felixlândia, Minas Gerais, avaliaram a associação entre características morfogênicas e estruturais do capim Basilisk (*Urochloa decumbens*) manejada com 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, no período de dezembro a maio. Observaram que a utilização de adubação nitrogenada resultou em incremento na taxa de aparecimento de folhas (0,14 folhas perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), alongamento de colmo (0,42 cm perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e números de perfilhos (88,7) com incrementos da ordem de 21,42; 23,80 e 50,5% para a dose de N de 400 kg ha<sup>-1</sup> em relação à ausência de adubação nitrogenada. A taxa de senescência foliar apresentou redução com a adubação, variando de 0,46 cm perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na ausência de adubação para 0,22 cm perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>. Comportamento semelhante foi observado com o filocrono que variou de 9,21 dias folha<sup>-1</sup> para 6,94 dias folha<sup>-1</sup>. O comprimento da lâmina foliar foi 7,7 cm com 400 kg ha<sup>-1</sup> e 5,76 cm no controle, enquanto o número de folhas vivas por perfilho foi 6,2 com 400 kg ha<sup>-1</sup> e 4,6 no controle.

No trabalho de Abreu *et al.* (2020), realizado em Rio Pomba, Minas Gerais, foi avaliado o efeito do nitrogênio nas características morfogênicas, estruturais, acúmulo de forragem, eficiência de conversão e recuperação do nitrogênio no capim Zuri (*Megathyrsus maximus*). As doses de fertilizante nitrogenado utilizadas foram 0, 200, 400, 600 e 800 kg ha<sup>-1</sup>. No trabalho não há informações da fonte de N utilizada. A avaliação foi realizada no período de dezembro a abril. Respostas significativas foram encontradas para taxa de aparecimento foliar (0,127 folhas dia<sup>-1</sup>) e taxa de alongamento foliar (10,54 cm dia<sup>-1</sup>) máximas obtidas nas doses de 500 e 510 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, o que se comparado a testemunha houve aumento de 59 e 49,4%, respectivamente. O filocrono apresentou máxima redução na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> (7,92 dias folha<sup>-1</sup>), o que, se comparado à testemunha, a redução foi de 62,17%. O tempo de vida das folhas sofreu redução com o aporte de N, variando de 88,77 dias no controle para 54,41 dias na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup>. O comprimento das lâminas foliares foi maior na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> (atingindo 0,96 m), enquanto a testemunha apresentou comprimento de 0,70 m. O número de folhas por perfilho seguiu o mesmo padrão, sendo o número máximo 6,05 folhas perfilho<sup>-1</sup> na dose 600 kg ha<sup>-1</sup> e 4,43 folhas perfilho<sup>-1</sup> na testemunha, o que equivale ao incremento de 24%. O número de perfilhos na testemunha foi de 149,25 e o valor máximo se deu na dose de 622,32 kg ha<sup>-1</sup> (497,88 perfilhos), com aumento de 70%. A produção de massa seca total apresentou máximo de 15.575 kg de MS obtida na dose de 647,3 kg ha<sup>-1</sup>,

resultado 110% superior ao controle (7.363 kg MS). A eficiência de utilização do nitrogênio foi linearmente decrescente com os aumentos das doses de N, sendo de 24,8% na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>, 14,30% na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> e 9,04% na dose máxima de 800 kg ha<sup>-1</sup>. Comportamento semelhante foi observado na recuperação aparente de N, com redução de 58,8% quando se compara a variação entre a dose mínima e a máxima de N. Para 200 kg ha<sup>-1</sup> de N a resposta foi de 81,3%, enquanto para 600 e 800 kg ha<sup>-1</sup> a recuperação foi de 49,5% e 33,6% respectivamente.

Bono, Rufino e Gonçalves (2019), em Bonito, Mato Grosso do Sul avaliaram os efeitos de ureia (45% N), ureia encapsulada (30% N) e sulfato de amônio (20% N) isoladamente, e a combinação de ureia com sulfato de amônio em capim Marandu (*Urochloa brizantha*). As doses utilizadas foram 0, 30, 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. A mistura entre ureia e sulfato de amônio foi na proporção de 50% de N para cada fonte. No trabalho não há informações do nivelamento de enxofre nos tratamentos que utilizaram apenas ureia. O experimento foi conduzido no período de outubro a março. Para a produção de massa seca a ureia encapsulada apresentou a mais alta produção, com 9.867 kg ha<sup>-1</sup> na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>, a testemunha apresentou produção de 3.107,75 kg ha<sup>-1</sup> de MS, correspondendo a incrementos de 68%. A mistura de ureia e sulfato de amônio (5.622,31, 7.821,88, 9.616,32, 7.406,9 kg ha<sup>-1</sup> de MS) se mostrou mais produtiva que as fontes isoladas de ureia (4.639,12, 5.784,28, 8.008,95 9.478,54 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e sulfato de amônio (4.785,09, 7.632,7, 6.547,18, 9.663,34 kg ha<sup>-1</sup> de MS) até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

Costa *et al.* (2017), em Boa Vista, Roraima, avaliaram o efeito das doses de 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio aplicadas na forma de ureia, na produtividade de forragem em *Trachypogon plumosus*, no período de maio a setembro. A dose que proporcionou maior produção de massa seca (3.483 kg ha<sup>-1</sup> de MS) foi a de 154,6 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondendo ao aumento de 57%, se comparado à testemunha. A eficiência de uso e a recuperação aparente de nitrogênio apresentaram diminuição com o aumento das doses de N, sendo no controle 67% e 76% respectivamente e na máxima dose 11% e 24%. O teor de N na planta apresentou incremento com o aumento das doses, sendo máximo na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> (21,67 g kg<sup>-1</sup>), correspondendo ao ganho de 44%, se comparado ao controle. O nível crítico de N apresentou redução com o aumento das doses, sendo de 32,31 g kg<sup>-1</sup> no controle e 23,3 g kg<sup>-1</sup> na dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Oliveira (2019), em Araguaína, Tocantins, estudou, no período de novembro a junho, os efeitos das fontes nitrogenadas: sulfato de amônio, ureia e ureia protegida combinadas às aplicações em duas e seis vezes no capim Mombaça (*Megathyrus maximus*) durante a estação de crescimento. Para as aplicações em duas etapas as adubações foram realizadas nos meses de novembro e fevereiro com  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Para a aplicação em seis etapas foram adicionados  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N após cada corte. No final do experimento a ausência de chuva permitiu apenas 5 cortes, o que acarretou uma dupla aplicação de N no quinto corte para as fontes de ureia e ureia protegida. Foram aplicados também  $42 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  nas parcelas que receberam o N parcelado em 6 vezes e  $63 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  nas parcelas que receberam o N parcelado em 2 vezes. Para avaliar as fontes não foram realizadas correções de enxofre ou micronutrientes. A altura não apresentou diferença estatística para as doses ou fontes de N, sendo 0,5578, 0,5248 e 0,5704 m nas fontes de sulfato de amônio, ureia e ureia protegida em duas aplicações respectivamente e 0,5578, 0,5638 e 0,5782 m para a mesma sequência de fontes, em seis aplicações. A altura média das plantas na testemunha foi de 0,4929 m. Houve aumento na velocidade de crescimento, que reduziu o período de descanso de 50,3 dias na testemunha para 33,3 dias na aplicação de sulfato de amônio e 39 dias para ureia e ureia protegida, em ambos os parcelamentos. A diferença foi de 17 e 11 dias em relação a testemunha e 6 dias em relação aos fertilizantes, e esse fator proporcionou aumento no número de cortes, sendo 4 para testemunha, 5 para aplicações de ureia e ureia protegida e 6 para as aplicações de sulfato de amônio. O maior resultado da taxa de aparecimento foliar foi para a combinação da fonte ureia com aplicação dividida em duas parcelas ( $0,0926 \text{ folhas perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), correspondendo ao aumento de 38%, em comparação à testemunha ( $0,0574 \text{ folhas perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ). Sulfato de amônio e ureia protegida divididos em 2 aplicações apresentaram aumento de 36% em relação à testemunha. Na aplicação em 6 parcelas as fontes sulfato de amônio, ureia e ureia protegida apresentaram aumento em relação à testemunha, correspondendo a 34%, 28% e 36% de incremento. A variável filocrono apresentou redução de 32% na aplicação das fontes ureia (parcelada em 2 vezes) e sulfato de amônio (parcelado em 6 vezes) se comparados à testemunha (21,25 dias folha<sup>-1</sup>). A taxa de alongamento foliar na testemunha foi de  $26,24 \text{ mm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  a aplicação de ureia protegida em 2 parcelas e sulfato de amônio em 6 proporcionaram aumento de 42%. A taxa de alongamento de colmo foi 62% maior comparando sulfato de amônio

em 6 aplicações ( $2,73 \text{ mm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) com a testemunha ( $1,04 \text{ mm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ). A adubação com sulfato de amônio proporcionou maior número de folhas vivas ( $3,78 \text{ folhas perfilho}^{-1}$ ) se comparado às adubações com ureia ( $3,4 \text{ folhas perfilho}^{-1}$ ), ureia protegida ( $3,48 \text{ folhas perfilho}^{-1}$ ) e testemunha ( $2,62 \text{ folhas perfilho}^{-1}$ ). A fonte sulfato de amônio proporcionou maior duração de vida das folhas ( $48,64 \text{ dias}$ ) se comparada à ureia ( $43,92 \text{ dias}$ ) e ureia protegida ( $43,97 \text{ dias}$ ), porém teve menor duração comparada à testemunha ( $49,37 \text{ dias}$ ). A densidade populacional nas aplicações de sulfato de amônio ( $622,58 \text{ perfilhos m}^{-2}$ ) foi em média maior que a testemunha ( $282,5 \text{ perfilhos m}^{-2}$ ), ureia ( $531,7 \text{ perfilhos m}^{-2}$ ) e ureia protegida ( $613,3 \text{ perfilhos m}^{-2}$ ). Comparando as fontes em duas e seis aplicações a densidade populacional dos perfilhos foi maior em duas aplicações para todas as fontes sendo  $657,5 \text{ perfilhos m}^{-2}$  com sulfato de amônio,  $554,00 \text{ perfilhos m}^{-2}$  com ureia e  $638,2 \text{ perfilhos m}^{-2}$  com ureia protegida se comparado ao parcelamento em seis aplicações  $587,67 \text{ perfilhos m}^{-2}$  com sulfato de amônio,  $509,40 \text{ perfilhos m}^{-2}$  com ureia e  $588,4 \text{ perfilhos m}^{-2}$  com ureia protegida.

Galindo *et al.* (2018), em Ilha Solteira, São Paulo, estudaram no período de dois anos, os efeitos das doses 0, 300, 600, 900 e  $1.200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, aplicadas na forma de ureia e nitrato de amônio, para o capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*). O acúmulo de nitrogênio na parte aérea, no período seco, apresentou crescimento linear com os aumentos das doses de ureia, na máxima dose de ureia o acúmulo foi de  $215,37 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na parte aérea. Para nitrato de amônio o máximo acúmulo ( $251,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ocorreu em resposta à dose de  $774 \text{ kg ha}^{-1}$ . Se comparados à testemunha ( $167,49 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em parte aérea) esses aumentos correspondem a acréscimos respectivos de 22 e 33%. No período das águas o acúmulo de N apresentou aumentos lineares para ambas as fontes, tendo como acúmulo na máxima dose de nitrato de amônio  $649,61 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $558,98 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na utilização da máxima dose de ureia, correspondendo a aumentos de 46 e 37%, em comparação à testemunha. As respostas de acúmulo de fósforo (P), no período seco e chuvoso, não apresentaram variação estatisticamente significativas com a adição da adubação nitrogenada. No período seco o uso das fontes ureia e sulfato de amônio apresentaram acúmulo de fósforo de  $20,57$  e  $20,41 \text{ kg ha}^{-1}$  de P respectivamente, enquanto a testemunha apresentou acúmulo de  $18,49 \text{ kg ha}^{-1}$  de P. No período chuvoso houve decréscimo na concentração de P com uso de ureia, variando de  $55,25 \text{ kg ha}^{-1}$  da testemunha para  $52,42 \text{ kg ha}^{-1}$  com a aplicação dessa fonte. Para

nitrito de amônio o acúmulo de P foi de 59,65 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo ao acréscimo de 7,37% em comparação com a testemunha. O acúmulo de potássio (K) em área foliar no período seco apresentou aumento com a adição da adubação nitrogenada. O acúmulo de K na parte aérea na presença de adubação com ureia foi de 278,70 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo ao aumento de 16%, em comparação à testemunha. A utilização de nitrito de amônio correspondeu ao aumento de 11% em relação à testemunha com acúmulo na parte aérea de 264,50 kg ha<sup>-1</sup> de K. No período das águas o incremento para a aplicação de nitrito de amônio (714,42 kg ha<sup>-1</sup> de K) correspondeu ao aumento de 17% comparado com a testemunha (590,78 kg ha<sup>-1</sup>). A aplicação de ureia resultou em acúmulo de 688,06 kg ha<sup>-1</sup> correspondendo ao aumento de 14% em relação à testemunha. O acúmulo de massa seca no período seco foi de 53,58 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> com uso de ureia e 53,63 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para nitrito de amônio, e a testemunha acumulou 45,84 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. No período chuvoso os acúmulos foram de 116,57 e 119,85 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS com o uso das fontes de ureia e nitrito de amônio respectivamente, comparado a 102,68 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS acumulados na testemunha.

Santini *et al.* (2016), em Rio Verde, Goiás, estudaram os efeitos da aplicação de ureia convencional, ureia revestida e nitrito de amônio nas doses de 0, 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N no capim Xaraés (*Urochloa brizantha*), no período de novembro a março. A concentração de N foliar não apresentou diferença significativa para as fontes, sendo 17,46 g kg<sup>-1</sup> de N foliar para ureia, 16,6 g kg<sup>-1</sup> de N foliar para ureia revestida e 18,53 g kg<sup>-1</sup> de N foliar para nitrito de amônio. O efeito das doses na concentração de N foliar apresentou resultados linearmente crescentes, sendo 14,36 g kg<sup>-1</sup> de N foliar na testemunha e 21,66 g kg<sup>-1</sup> na dose máxima de 240 kg ha<sup>-1</sup>. A concentração de fósforo foliar não apresentou variação para aplicação das fontes ureia, ureia protegida e nitrito de amônio-foi de 3,06, 3,23, 3,1 g kg<sup>-1</sup> de P, respectivamente. O mesmo padrão foi observado para o uso das doses (0, 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N) com os resultados de 3,26, 3,23, 2,93 e 3,13 g kg<sup>-1</sup> de P, respectivamente. A concentração de potássio nas folhas apresentou maior concentração (27 g kg<sup>-1</sup> de K) com o uso da dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N. Para as fontes ureia, ureia revestida e nitrito de amônio não houve diferença significativa na concentração de potássio (23,00, 23,3, 23,3 g kg<sup>-1</sup> de K). A maior produtividade de massa seca entre as fontes foi obtida na aplicação de ureia (2.412,4 kg ha<sup>-1</sup> de MS) em comparação à ureia protegida (2.338,0 kg ha<sup>-1</sup> MS) e nitrito de amônio

(2.303,8 kg ha<sup>-1</sup> de MS). Para as doses, observou-se aumento linear na produção de massa seca por hectare com o aumento das doses, sendo 2.101 kg ha<sup>-1</sup> de MS na testemunha e 2.620 kg ha<sup>-1</sup> de MS na dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondendo ao aumento de 19,8%. A FDN não apresentou diferença significativa para a aplicação de ureia, ureia revestida e nitrato de amônio, (63,66, 63,26 e 64,16%, respectivamente) se comparados à testemunha (65,66%). O teor de proteína bruta foliar apresentou comportamento linear crescente com aumento das doses de N, variando de 8,96% na testemunha para 13,6% na dose de 240 kg ha<sup>-1</sup>.

Galindo *et al.* (2018), em Ilha Solteira, São Paulo, pesquisaram pelo período de um ano a influência das fontes: ureia, sulfonitrato de amônio, nitrato de amônio, sulfato de amônio e sulfammo (ureia revestida com resíduo de algas marinhas) no capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*). As fontes foram aplicadas em dose única para fornecer, por corte 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, com exceção da ureia que foi aplicada nas doses de 0, 50, 100, 150, 200 kg ha<sup>-1</sup> por corte. No total foram realizados 12 cortes. As fontes de nitrogênio apresentaram variação na produção de massa seca com o decorrer dos cortes. Sulfonitrato de amônio e sulfammo foram as fontes que resultaram em maior produção em oito dos doze cortes realizados. No segundo corte a fonte sulfonitrato de amônio (2.676,0 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e sulfammo (2.465,3 kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram maior produção de massa seca em relação a ureia (2.146,3 kg ha<sup>-1</sup>) e sulfato de amônio (2.145,8 kg ha<sup>-1</sup>) que foram estatisticamente iguais ao nitrato de amônio (1.912,0 kg ha<sup>-1</sup>). No quarto, sétimo e oitavo cortes sulfonitrato de amônio (2.402,2, 2.274,5, 2.784,8 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e sulfammo (2.496,2, 2.407,4, 2.531,2 kg ha<sup>-1</sup> de MS) apresentaram maior produção em relação a nitrato de amônio (1.982,4, 1.843,5, 1.907,4 kg ha<sup>-1</sup> de MS), sulfato de amônio (1.817,3, 1.876,8, 1.984,1 kg ha<sup>-1</sup>) e ureia, (1.852,7, 1.654,6, 1.858,4 kg ha<sup>-1</sup>). No quinto corte as fontes sulfonitrato de amônio (2.357,3 kg ha<sup>-1</sup>) e sulfammo (2.484,6 kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram valores maiores que os produzidos na presença de nitrato de amônio (1.908,8 kg ha<sup>-1</sup>) e ureia (1.840,3 kg ha<sup>-1</sup>), no sexto corte a maior produção de massa seca ocorreu na aplicação de sulfammo (2.342,5 kg ha<sup>-1</sup>) e sulfonitrato de amônio (2.179,8 kg ha<sup>-1</sup>), apresentando valores superiores a ureia, sulfato e nitrato de amônio (1.891,8, 1.759,1 e 1.837,5 kg ha<sup>-1</sup>). Resultado parecido foi obtido no décimo segundo corte, ocasião em que sulfonitrato de amônio (2.296,8 kg ha<sup>-1</sup>) e sulfammo (2.347,5 kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram respostas superiores a obtida na aplicação de sulfato de amônio (1.753,5 kg ha<sup>-1</sup>) e ureia (1.545,1 kg ha<sup>-1</sup>). No décimo primeiro corte sulfonitrato de

amônio ( $2.676,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) apresentou valores superiores à ureia ( $1.944,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e ao sulfato de amônio ( $2.145,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ). A proteína bruta (PB) presente na forragem apresentou aumento linear em relação ao incremento das doses de nitrogênio, em oito dos doze cortes realizados, a PB média da testemunha nos cortes que apresentaram esse padrão foi de 6,98%. A proteína bruta no capim em resposta à dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N foi de 9,81%. Em relação à influência das fontes no teor de proteína bruta, foram observadas diferenças significativas em apenas alguns cortes, no segundo e décimo primeiro cortes o sulfonitrato de amônio (12,85% de PB em ambos), proporcionou maior concentração de proteína bruta em comparação ao sulfammo, (10,35 e 10,34%) que não diferiu do nitrato de amônio (9,83% de PB para ambos) e da ureia. (9,21, 9,35% de PB). No quarto corte o sulfonitrato de amônio (11,48% de PB) foi superior a ureia (9,07% de PB). No quinto e sétimo cortes, sulfammo (12,48 e 12,67%) foi superior ao nitrato de amônio (9,86 e 9,91% de PB) que não diferiu da ureia (9,68 e 9,52% de PB). A FDN não apresentou variação estatisticamente significativa para as fontes de N, apresentando resultados médios de 68,84, 65,29, 65,24, 64,83, 65,17 para as fontes ureia, sulfonitrato de amônio, nitrato de amônio, sulfammo e sulfato de amônio, respectivamente. Os teores de FDN foram influenciados pelas doses de nitrogênio no primeiro, oitavo, nono e décimo cortes, com aumento linear. A comparação média entre a testemunha e a maior dose aplicada nesses cortes foi de 62,96 % para 65,89%, respectivamente.

Azevedo (2018) estudou os efeitos da adubação nitrogenada com ureia nas doses (0, 75, 150, 225 e  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) nas características de produção e composição do capim Aruana (*Megathyrsus maximus*), manejado com alturas de resíduo de 20 e 30 cm pós pastejo, em Dourados, Mato Grosso do Sul. No trabalho não há informações do período em que as análises ocorreram. A aplicação das doses não apresentou variação significativa na produção de massa seca do capim, apresentando os resultados de 1.740, 2.070, 1.970, 1.850, 1.820  $\text{kg ha}^{-1}$  nas doses 0, 75, 150, 225 e  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Resultados semelhantes foram obtidos para produção de massa seca de folhas (1.070, 1.200, 1.170, 1.060, 1.040  $\text{kg ha}^{-1}$ ). Para a produção de massa seca de colmos (620, 770, 790, 750, 760  $\text{kg ha}^{-1}$ ) os efeitos foram significativos, apresentando a maior produção de colmo na dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  (790  $\text{kg ha}^{-1}$  de MS de colmos). A altura de resíduo pós-pastejo influenciou na produção de forragem, o resíduo de 20 cm apresentou maior eficiência para massa seca (2.080  $\text{kg ha}^{-1}$ ) em comparação ao de 30 cm (1.700  $\text{kg ha}^{-1}$ ). O resíduo de 20

cm em comparação ao de 30 cm acarretou aumento da massa seca de colmos, produzindo 860 e 610 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Houve aumento na produção de massa seca de folhas, sendo 1.150 kg ha<sup>-1</sup> para resíduo de 20 cm e 1.060 kg ha<sup>-1</sup> para resíduo de 30 cm, porém essa diferença não foi estatisticamente significativa. A adubação nitrogenada não afetou a proteína bruta da forragem, o maior valor encontrado foi para a testemunha (19,23% de PB) em comparação a 17,03, 18,12, 18,02, 18,57% nas doses de 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N. A FDN apresentou aumento nas doses de 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup>, 73,73; 73,75; 74,75%, respectivamente se comparados à testemunha 72,54%. O menor valor de FDA foi obtido na dose de 225 kg ha<sup>-1</sup> (36,78%) se comparado à testemunha (37,75%) e as doses 75, 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N (38,3, 36,86, 38,09%). Os valores para digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) aumentaram linearmente com o aumento das doses de nitrogênio, variando de 79,44% na testemunha para 83,64% na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup>.

Matos (2017), em Dois Vizinhos, Paraná, analisou os efeitos da adubação com ureia, na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> dividida em uma aplicação, duas aplicações e quatro aplicações em pastagem irrigada de estrela africana (*Cynodon nlemfuensis*), no período de novembro a março. A produção total de forragem apresentou resultados superiores para a aplicação singular, com média de 4.713,02 kg ha<sup>-1</sup> de MS, em comparação às médias de duas (4.009,39 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e quatro aplicações (3.514,26 kg ha<sup>-1</sup> de MS). Respostas semelhantes foram obtidas para as médias de: taxa de acúmulo, 166,85 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS na aplicação singular, 141,97 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS em duas aplicações e 125,09 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS em quatro aplicações; produção de massa foliar (2.358,00 kg ha<sup>-1</sup> de MS de folhas) na aplicação singular, 1.992,5 kg ha<sup>-1</sup> de MS de folha em duas aplicações e 1.738,84 kg ha<sup>-1</sup> de MS de folha em quatro aplicações; massa de colmos, com resultados de 2.730,08, 2.541,83 e 2.463,89 kg ha<sup>-1</sup> de MS de colmos para a adubação singular e em duas e quatro aplicações, respectivamente. Os teores médios de proteína bruta (20,06, 20,12 e 20,11%), digestibilidade in vitro da matéria seca (64,33, 64,7 e 64,48%), FDN (71,12, 71,49 e 71,37%) e FDA (36,98, 37,39 e 37,59%) não apresentaram variação estatisticamente significativa para a aplicação singular ou dividida em duas ou quatro aplicações, respectivamente.

Silva (2015), em Macarani, Bahia, avaliou no período de abril a fevereiro a produção de capim Marandu (*Urochloa brizantha*) em função da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, divididos em testemunha, aplicação de fósforo e



potássio, aplicação de fósforo, potássio e 75 kg ha<sup>-1</sup> de N, fósforo, potássio e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e por fim, fósforo, potássio e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N. A disponibilidade de massa seca no verão variou de 5.321,62 kg ha<sup>-1</sup> na testemunha para 5.402,39, 5.667,11, 5.820,45, 6.200,33 kg ha<sup>-1</sup> nas aplicações de P+K, P+K+75 kg ha<sup>-1</sup> de N, P+ K+ 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, P+K+ 225 kg ha<sup>-1</sup> de N. A taxa de lotação apresentou crescimento linear com o aumento das doses, sendo de 1,93 UA ha<sup>-1</sup> na testemunha, 2,69 UA ha<sup>-1</sup> com PK e 3,88 UA ha<sup>-1</sup> em PK+225 N. No outono, a maior disponibilidade de massa seca se deu na combinação de P+K+ 225 kg ha<sup>-1</sup> de N, com produção de 5.715,00 kg ha<sup>-1</sup> de MS, enquanto a testemunha apresentou produção de 5.248,39 kg ha<sup>-1</sup> de MS. As taxas de lotação variaram e o maior resultado foi observado para a dose de PK+150 N com 2,73 UA ha<sup>-1</sup> o que corresponde ao aumento de 16,5%, se comparado à testemunha. No inverno e na primavera não houve diferença significativa para as doses aplicadas. A testemunha no inverno apresentou produção de 2.491,33 kg ha<sup>-1</sup> de MS, enquanto as doses de PK+0, PK+75, PK+150 e PK+225 apresentaram produção respectiva de 2.411,66, 3.302,76, 2.737,64, 2.951,60 kg ha<sup>-1</sup> de MS. Na primavera a testemunha apresentou produção de 1.185,09 kg ha<sup>-1</sup> de MS enquanto as doses de PK+0, PK+75, PK+150 e PK+225 apresentaram produção respectiva de 1.381,95, 1.487,29, 1.396,12 e 1.537,22 kg ha<sup>-1</sup> de MS. No inverno e na primavera a taxa de lotação não variou significativamente para as doses aplicadas. No inverno as taxas de lotação para a testemunha e para as doses de PK+0, PK+75, PK+150 e PK+225 foram, respectivamente, de 1,30, 1,21, 1,80, 1,51 e 1,61 UA ha<sup>-1</sup>. Na primavera as taxas de lotação para a testemunha e para as doses de PK+0, PK+75, PK+150 e PK+225 foram respectivamente 0,76, 0,77, 0,79, 0,77 e 0,83 UA ha<sup>-1</sup>.

Barbosa (2019), em Araguaína, Tocantins, avaliou estratégias de parcelamento da dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de nitrogênio e potássio e o momento de aplicação na produtividade do capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*), no período de novembro a junho. O parcelamento foi realizado em duas, três e seis vezes. Os momentos de aplicação estudados foram: 0, 5, 10 ou 15 dias após o corte. Foi realizada adubação fosfatada com 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em área total no início do experimento. No trabalho não foram informadas as fontes utilizadas para a adubação. A densidade média populacional foi de 307 perfilhos m<sup>-2</sup>, não apresentando influência pelo parcelamento da aplicação em 2 (305 perfilhos m<sup>-2</sup>) 3 (308 perfilhos m<sup>-2</sup>) ou 6 vezes (309 perfilhos m<sup>-2</sup>). O momento da aplicação também não influenciou estatisticamente

a densidade populacional sendo 315 perfilhos  $\text{m}^{-2}$  com aplicação no mesmo dia do corte, 319 perfilhos  $\text{m}^{-2}$  com aplicação em 5 dias após o corte, 305 perfilhos  $\text{m}^{-2}$  com aplicação 10 dias após o corte e 290 perfilhos  $\text{m}^{-2}$  com aplicação 15 dias após o corte. O momento de aplicação influenciou a produção de massa seca, os menores valores resultaram da aplicação 15 dias após o corte para os três parcelamentos analisados, com média de  $1.947 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS. Os maiores resultados aconteceram na aplicação 10 dias após o corte, com produção média de  $2.346 \text{ kg ha}^{-1}$  para os três parcelamentos. O parcelamento da aplicação também influenciou na produção de massa seca, houve incremento em massa seca com o aumento no número de aplicações nitrogenadas e potássicas os resultados de produção para as aplicações divididas em 6 vezes, apresentaram média de produção de  $2.180 \text{ kg ha}^{-1}$  em comparação a  $2.048$  e  $2.081 \text{ kg ha}^{-1}$  da aplicação em duas e três vezes. Os componentes da massa seca do capim corresponderam a 87% folha, 7% colmo e 6% material senescente. A altura média do capim respondeu ao parcelamento da adubação, a dose dividida em três aplicações (0,65 m) apresentou a maior altura, sendo estatisticamente superior as aplicações divididas em duas (0,63 m) e seis parcelas (0,64 m). Em relação ao momento de aplicação, a altura obteve maior resposta com a aplicação realizada 10 dias após o corte (0,66 m), sendo estatisticamente semelhante a aplicação aos 15 dias após o corte (0,64 m), as aplicações 0 e 5 dias após o corte apresentaram a altura de 0,63 m, estatisticamente iguais a altura obtida com a aplicação realizada aos 15 dias após o corte.

Bortoluzzi *et al.* (2017), estudaram os efeitos de duas fontes de nitrogênio: sulfato de amônio e ureia ( $600 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e fosfato natural reativo Bayóvar ( $300 \text{ mg dm}^{-3}$ ) aplicado antes, no momento e após a calagem, e, no capim Marandu (*Urochloa brizantha*), avaliado em 3 cortes. O experimento foi realizado em vasos, em casa de vegetação no município de Sinop, Mato Grosso, pelo período de 90 dias. No primeiro corte, o fosfato natural reativo, quando aplicado após a calagem, proporcionou maior número de folhas ( $47 \text{ folhas perfilho}^{-1}$ ) e perfilhos ( $13 \text{ perfilhos planta}^{-1}$ ), quando comparados às aplicações antes ( $38 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $11 \text{ perfilhos planta}^{-1}$ ) e junto da calagem ( $40 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $10 \text{ perfilhos planta}^{-1}$ ). Quando aplicado no momento da calagem proporcionou aumento na massa de lâminas foliares (4,26 gramas por vaso) correspondendo ao aumento de 19% em relação à aplicação antes e 5% em relação à aplicação depois da calagem. A massa seca de colmos e bainhas apresentou resultado semelhante, sendo 1,10 gramas por

vaso na aplicação junto da calagem, 0,83 gramas por vaso antes da calagem e 1,08 gramas por vaso depois da calagem. No segundo e terceiro cortes a época de incorporação não influenciou -qualquer das variáveis mencionadas, sendo o número de folhas e perfilhos ( $80 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $27 \text{ perfilhos planta}^{-1}$ ) para aplicação antes, ( $88 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $27 \text{ perfilhos planta}^{-1}$ ) para junto e ( $92 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $27 \text{ perfilhos planta}^{-1}$ ) para depois no segundo corte. Para as aplicações antes, junto e após no terceiro corte as produções de folhas e colmos foram, respectivamente, de  $104 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $35 \text{ perfilhos planta}^{-1}$ ,  $105 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $33 \text{ perfilhos planta}^{-1}$  e  $98 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $36 \text{ perfilhos planta}^{-1}$ . No segundo corte a aplicação de fosfato junto ao calcário continuou proporcionando a maior massa de lâminas foliares e colmos/bainhas, sendo respectivamente 12,11 e 5,50 gramas por vaso. No terceiro corte, os maiores valores para lâminas foliares foram obtidos na aplicação após o calcário, com 13,94 gramas por vaso de massa de lâminas foliares e 7,47 gramas por vaso de massa de colmos e bainhas. Quanto ao efeito da fonte nitrogenada associada ao fosfato natural reativo, foi observado no primeiro corte menor  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  (5,08) com o uso de sulfato de amônio se comparado a ureia (5,42), no segundo e terceiro cortes o padrão observado foi o mesmo sendo o  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ , 4,44 e 5,43 e 4,3 e 5,33, para sulfato de amônio e ureia. No primeiro corte não foram observadas diferenças significativas para massa seca de lâminas foliares nas plantas com ureia (3,73 gramas por vaso) e sulfato de amônio (4,06 gramas por vaso). Para o segundo e terceiro cortes, o sulfato de amônio proporcionou maior massa seca de lâminas foliares, sendo respectivamente 12,5 e 14,8 gramas por vaso se comparados a ureia (10,2 e 12,5 gramas por vaso). O número de folhas e perfilhos também foi maior na presença de sulfato de amônio nos três cortes, sendo 44 folhas e 13 perfilhos no primeiro corte, 95 folhas e 29 perfilhos no segundo corte e 111 folhas e 39 perfilhos no terceiro corte, se comparados a ureia 40 folhas e 11 perfilhos no primeiro corte, 90 folhas e 26 perfilhos no segundo corte e 98 folhas e 32 perfilhos no terceiro corte.

Domingues *et al.* (2021), em São Luis de Montes Belos, Goiás, pesquisaram os efeitos das doses de 0, 75, 150, 300 e  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, aplicadas na forma de sulfato de amônio no crescimento de capim Paiaguás (*Urochloa brizantha*). O experimento foi avaliado nos meses de janeiro, março, abril e agosto do primeiro ano e nos meses de janeiro, março, abril e setembro do segundo ano. Cada mês avaliado correspondeu a um ciclo de crescimento. No primeiro ano de avaliação a variável altura apresentou resposta quadrática com o aumento das doses, em todos os ciclos

avaliados. No primeiro ciclo, a altura máxima foi de 0,96 m para dose de 127 kg ha<sup>-1</sup> de N correspondendo ao aumento de 16%, em comparação à testemunha. No segundo ciclo de crescimento a altura máxima foi de 0,81 m na dose de 190 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondendo ao aumento de 9% em comparação à testemunha. O terceiro ciclo apresentou altura máxima de 0,79 m em resposta à dose de 202 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondendo ao aumento de 2% em comparação à testemunha. O quarto ciclo de crescimento apresentou máxima altura de 0,36 m com a dose de 327 kg ha<sup>-1</sup> de N correspondendo ao aumento de 9% em relação à testemunha. No segundo ano a variável altura apresentou resposta quadrática nos primeiros 3 ciclos de crescimento e resposta linear no quarto ciclo. As alturas máximas dos três primeiros ciclos foram de 0,74, 0,78 e 0,67 m em respostas às doses de 102, 232 e 350 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, correspondendo aos aumentos respectivos de 8, 14 e 8% em relação à testemunha. No quarto ciclo de crescimento do segundo ano de avaliação na dose máxima de N aplicada a altura alcançada foi de 0,42 m correspondendo ao aumento de 14% em relação à testemunha. A densidade de perfilhos apresentou resposta quadrática em todos os ciclos em ambos os anos de avaliação. No primeiro ano as doses que proporcionaram as maiores densidades populacionais foram de 116, 159, 173 e 253 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, apresentando densidade populacional de 600, 800, 840 e 877 perfilhos m<sup>-2</sup> e correspondendo aos aumentos respectivos de 24, 6, 2 e 8% em relação à testemunha. No segundo ano de avaliação as doses que proporcionaram as máximas densidades de perfilhos foram, respectivamente, de 130, 238, 370 e 374 kg ha<sup>-1</sup> de N, com produção de 1.048, 1.025, 981 e 956 perfilhos m<sup>-2</sup>, respectivamente, correspondendo a aumentos respectivos de 22, 18, 16 e 14% em relação à testemunha. A massa seca respondeu de forma quadrática ao aumento das doses de N em todos os ciclos dos dois anos avaliados. No primeiro ano, as máximas produções foram de 5.449, 6.334, 5.652 e 3.832 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente nos ciclos avaliados. As doses que proporcionaram os máximos foram de 123, 216, 299 e 321 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, correspondendo aos aumentos de 40, 39, 31 e 24%, respectivamente em comparação à testemunha. No segundo ano de avaliações as máximas produções foram de 3.452, 4.132, 2.847 e 3.306 kg ha<sup>-1</sup> de MS. As doses que proporcionaram as máximas produções foram, respectivamente, de 142, 223, 354 e 326 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondendo aos aumentos de 28, 15, 38 e 12% em relação à testemunha.

Delevatti *et al.* (2019), em Jaboticabal, São Paulo, estudaram os efeitos das doses de 0, 90, 180 e 270 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado na forma de ureia em capim Marandu (*Urochloa brizantha*). O experimento teve duração de três anos, com avaliação da produção no último ano. A massa de forragem produzida apresentou efeito linear com a aplicação das doses de N. As produções para as doses de 0, 90, 180 e 270 kg ha<sup>-1</sup> de N foram de 5.798, 6.345, 6.436 e 6.499 kg ha<sup>-1</sup>. A massa de folhas verdes apresentou efeito linear com o aumento das doses de N, sendo para as doses de 0, 90, 180 e 270 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, de 444,3, 422,0, 362,3 e 354,9 g kg<sup>-1</sup>. A proteína bruta da forragem apresentou aumento linear com o aumento das doses de N, variando de 113,6 g kg<sup>-1</sup> de PB na testemunha para 167,6 g kg<sup>-1</sup> de PB na dose máxima de N aplicada.

Factori *et al.* (2017), em Presidente Prudente, estado de São Paulo, avaliaram os efeitos das doses 0, 50, 100, 200, 300, e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado na forma de ureia em capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*) no período de novembro a maio. Foram realizados 6 cortes da forragem, a cada trinta dias. A altura de plantas apresentou efeito estatisticamente significativo apenas no quinto corte, sendo as doses de 100, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N responsáveis por proporcionar as alturas significativas, sendo respectivamente 0,90 0,79 e 0,95 m. Na testemunha e nas doses de 50 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N as plantas apresentaram altura de 0,50, 0,69 e 0,62 m, respectivamente. A produção de massa seca apresentou efeito estatisticamente significativo com as doses de N a partir do quarto corte. No quarto corte a dosagem de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N foi responsável por proporcionar o acúmulo de massa seca de 3.076 kg ha<sup>-1</sup>, sendo superior às doses de 0, 50, 100, 200, 400 kg ha<sup>-1</sup> de N com produções respectivas de 1.264, 1.132, 1.612, 1.504 e 2.004 kg ha<sup>-1</sup> de MS. No quinto corte, a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N (2.680 kg ha<sup>-1</sup> de MS), se mostrou superior à testemunha (1.500 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e estatisticamente semelhante às demais doses 50, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> (2.000, 2.540, 1.916, 2.400 kg ha<sup>-1</sup> de MS). No sexto corte, o maior acúmulo de massa seca foi registrado com a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de N (2.096 kg ha<sup>-1</sup> de MS), diferindo significativamente das áreas que receberam apenas 0, 50, 100 e 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N (1.384, 1.264, 1.288, 1.528, 1.760 kg ha<sup>-1</sup> de MS).

Mastuscello *et al.* (2018), em São João Del-Rei, Minas Gerais, estudaram em casa de vegetação no período de dezembro a abril os efeitos das doses de 0, 50, 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup> de N no capim Quênia (*Megathyrsus maximus*). Os autores não informaram qual foi a fonte de N utilizada. O capim foi alocado em vasos com

capacidade de  $5,8 \text{ dm}^{-3}$ . A produção de massa seca respondeu com crescimento linear à aplicação de nitrogênio, sendo 23,16 gramas por vaso de massa seca na testemunha e 47,76 gramas por vaso na dose máxima de N aplicada. A produção de material morto apresentou o mesmo comportamento, variando de 3,46 gramas por vaso na testemunha para 8,5 gramas por vaso na dose máxima de N. A altura de plantas apresentou crescimento linear com o incremento das doses de N de modo que a dose máxima (0,008 m) correspondeu ao aumento de 47,37% em altura em comparação à testemunha. Foi observado também que a eficiência do uso de nitrogênio apresentou redução com o aumento das doses, variando de 27,97% na dose de  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  para 14,7% na dose máxima de N. O perfilhamento apresentou efeito linear significativo com a adubação, a população na testemunha foi de 26,65 perfilhos, variando para 49,65 perfilhos na dose máxima de N aplicada e correspondendo ao aumento de 52% em relação à testemunha.

Leiser *et al.* (2024), em Campo Bonito, Paraná, pesquisaram as doses de 0, 50, 100, 150 e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, aplicado na forma de ureia em capim Marandu (*Urochloa brizantha*). As avaliações foram realizadas após 45 dias da adubação nitrogenada. A altura das plantas apresentou crescimento linear com as aplicações das doses de N, sendo 0,445 m na testemunha e 0,747 m na dose máxima de N. A massa seca da forragem apresentou o mesmo comportamento linear, variando de  $3.537 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS produzidos pela testemunha para  $5.625 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS na dose máxima de N, correspondendo ao aumento de 37% em relação à testemunha. O número de perfilhos produzidos pelo capim apresentou incrementos lineares com o aumento das doses de N, e na testemunha foram produzidos 5 perfilhos planta<sup>-1</sup>, enquanto na dose máxima de N a produção foi de 7,3 perfilhos planta<sup>-1</sup>.

#### **4.3 Importância do fósforo para o crescimento e qualidade das pastagens**

O macronutriente fósforo está presente em diversas estruturas e funções nas plantas. Segundo Ferro *et al.* (2015), o P desempenha importante papel no desenvolvimento do sistema radicular e no perfilhamento das gramíneas, sendo indispensável para a fotossíntese, síntese e degradação dos carboidratos, além de participar ativamente da respiração celular, influenciando o armazenamento, transporte e utilização da energia produzida decorrente do processo fotossintético.

Devido a importância nos processos, a deficiência desse nutriente passa a limitar a capacidade produtiva das plantas forrageiras e consequentemente das pastagens. (Lobato, Kornelius; Sanzomowicz, 1986).

No solo esse nutriente pode ser encontrado em solução ou nas formas P orgânico e P inorgânico dividido em P lábil e não lábil. O fósforo presente na solução do solo está prontamente disponível para as plantas. Solos tropicais em sua maioria, apresentam baixa presença desse nutriente na forma absorvível pelas plantas (Santos *et al.*, 2008; Araújo, 2011; Magalhães, 2016). Os fatores que ocasionam baixa disponibilidade de fósforo nesses solos são a alta capacidade de reter o P na fase sólida, pela presença de óxidos de ferro e alumínio e baixos teores de matéria orgânica. (Bezerra *et al.*, 2013).

Dessa forma, para manejo adequado e conservação das pastagens é necessário que haja incremento de fósforo através da adubação. Diversos autores apontam que a adubação fosfatada auxilia no estabelecimento e manutenção do pasto, com maior altura dos perfilhos na rebrotação (Oliveira, 2021), aumento na produção de folhas e perfilhos, (Vieira *et al.* 2019; Carvalho Neto 2023) além de maior volume de raízes e matéria seca total, (Oliveira, 2023; Menezes, Barbosa e Ferreira, 2025).

Portanto, entender a dinâmica do fósforo no solo, bem como sua reposição através da adubação permitem entendimento do sistema e de seus componentes além de possibilitar manejo eficiente e sustentável das pastagens.

#### **4.3.1 Efeitos da adubação fosfatada na produção de forragem**

Carvalho-Neto (2023), em Parintins, Amazonas, estudou os efeitos das doses 0,15,30,45 e 60 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no estabelecimento do capim Kurumi (*Pennisetum purpureum*). O experimento foi conduzido em vasos e avaliado 30 dias após o plantio. A massa seca de raízes apresentou máxima produção (3,68 g) na dose de 30 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, enquanto a produção na testemunha foi de 1,4 g. A massa seca da parte aérea apresentou produção máxima na dose de 60 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (2,45 g), produção próxima a obtida na dose de 30 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (2,39 g) e a produção na testemunha foi de 0,87 g. A quantidade de folhas por perfilhos apresentou maior produção para a dose de 30 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sendo 16,50 folhas emitidas e correspondendo ao aumento de 38% em relação à testemunha. A quantidade média de perfilhos avaliada 30 dias após o plantio, foi máxima para a dose de 30 mg dm<sup>-3</sup>

de  $P_2O_5$  (0,75 perfilhos), enquanto a testemunha e a dose de  $15\text{ mg dm}^{-3}$  de  $P_2O_5$  não apresentaram emissão de novos perfilhos após o início das avaliações.

Oliveira (2023), no município de Parintins, estado do Amazonas, avaliou os efeitos das doses 0, 15, 30, 45 e  $60\text{ mg dm}^{-3}$  de  $P_2O_5$  no desenvolvimento inicial do capim Capiacu (*Pennisetum purpureum*), trinta dias após o cultivo. O experimento foi conduzido em vasos acondicionados em condição de campo. As variáveis comprimento de raízes, comprimento de colmo e parte aérea não apresentaram diferenças significativas para as doses de fósforo. Porém, o comprimento de raízes apresentou maior valor em resposta à dose de  $60\text{ mg dm}^{-3}$  de  $P_2O_5$  (0,5529 m) enquanto a testemunha apresentou crescimento de 0,5029 m de raízes. O comprimento de colmo e de parte aérea foram maiores na dose de  $45\text{ mg dm}^{-3}$  de  $P_2O_5$ , sendo respectivamente 0,1339 e 0,5572 m, enquanto a testemunha apresentou 0,1229 m de colmo e 0,4987 m de parte aérea. A quantidade média de folhas produzidas não apresentou diferença significativa, sendo 11,36 folhas na testemunha e 12,14 folhas como produção máxima na dose de  $60\text{ mg dm}^{-3}$  de  $P_2O_5$ . A massa seca de raízes e massa seca de parte aérea também não apresentaram diferenças significativas com o aumento das doses. A maior produção, para ambas as massas, foi resposta na dose de  $60\text{ mg dm}^{-3}$  de  $P_2O_5$  (8,9 e 8,56 g respectivamente), correspondendo ao aumento de 14% em relação à produção de raízes e 11% em relação à parte aérea, se comparados à testemunha.

Vieira *et al.* (2019), em Rolim de Moura, estado de Rondônia, avaliaram os efeitos das doses 0, 100, 200, 400 e  $800\text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  aplicados na forma de superfosfato triplo no dia da semeadura em capim MG-5 (*Urochloa brizantha*). O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação no período de março a julho. As doses de fósforo apresentaram efeito significativos na altura de plantas. Nas avaliações realizadas aos 20 e 40 dias após a semeadura, as máximas alturas foram respostas às doses de 557 e  $604\text{ kg ha}^{-1}$  (0,62 e 1,06 m). Aos 60 dias após o plantio a dose de  $606\text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  proporcionou à altura de 0,98 m e a testemunha apresentou altura de 0,71 m. A produção de perfilhos respondeu significativamente às doses de P aplicadas em 20, 40 e 60 dias após o plantio e os maiores rendimentos foram para as doses 557 (3,78 perfilhos), 604 (6,44 perfilhos) e  $606\text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  (7,39 perfilhos), respectivamente, correspondendo aos aumentos de 58, 68 e 58% quando comparados à testemunha.



Menezes, Barbosa e Ferreira (2025), em Ji-Paraná, estado de Rondônia, avaliaram os efeitos das doses 0, 150, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo no capim Zuri (*Megathyrsus maximus*). O experimento foi conduzido em vasos, mantidos em casa de vegetação no período de 90 dias. A adubação fosfatada influenciou a produção de massa verde de maneira linear crescente. A dose máxima de superfosfato triplo produziu 62 gramas de massa verde enquanto a testemunha produziu 25 gramas. O número de perfilhos por planta também apresentou elevação com o aumento das doses de fósforo, sendo produzidos 10 perfilhos na testemunha enquanto na máxima dose aplicada foram produzidos 22 perfilhos por planta.

Rodrigues *et al.* (2020), em Gurupi, Tocantins, pesquisaram os efeitos dos níveis 25, 45 e 65% de saturação por bases e da adubação fosfatada nas doses 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em quatro cortes do capim Marandu (*Urochloa brizantha*), no período de novembro a abril. A variável altura de plantas foi influenciada pela saturação por bases e pela dose de fósforo utilizada, apresentou efeito quadrático no segundo e terceiro cortes, com alturas máximas de 0,41 e 0,44 m, para a combinação de 65% de saturação por bases e dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. As saturações de 25 e 45% apresentaram efeitos lineares, sendo máximas em 0,380 e 0,416 m para a máxima dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. No primeiro e quarto cortes a altura respondeu linearmente ao aumento das doses de fósforo e da saturação por bases; a testemunha no primeiro corte apresentou as alturas de 0,284; 0,287 e 0,304 m para as saturações de 25, 45 e 65%; enquanto a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apresentou as alturas de 0,332, 0,371 e 0,388 m. As alturas das testemunhas no quarto corte foram 0,327, 0,341, 0,355 m para as saturações de 25, 45 e 65% e a máxima dose apresentou as alturas de 0,399, 0,437; 0,499 m para as respectivas saturações por base. O número de perfilhos apresentou resposta linear para o aumento da saturação por bases do solo e para aumento das doses de fósforo. No primeiro corte a testemunha apresentou 230; 247 e 256 perfilhos para as saturações de 25, 45 e 65%, e com a dose máxima de fósforo foram produzidos 398, 415 e 472 perfilhos m<sup>-2</sup>. O segundo corte apresentou padrões semelhantes ao primeiro, sendo produzidos na testemunha 241, 229 e 268 perfilhos m<sup>-2</sup>, a adubação com fósforo na dose máxima produziu 373, 457 e 508 perfilhos m<sup>-2</sup>. No terceiro e quarto cortes a produção de perfilhos também apresentou resposta linear para doses de fósforo e aumento na V%, porém nesses cortes a saturação de 65% apresentou uma ampla diferença em comparação as produções das demais saturações, sendo no terceiro corte produzidos pela

testemunha e pela dose máxima de fósforo respectivamente 266 e 530 perfilhos, enquanto a V% de 25 e 45% apresentaram para a testemunha 255 e 264 perfilhos e 374 e 396 perfilhos na dose máxima de P. No quarto corte o capim apresentou, para a saturação de bases de 65%, 266 e 530 perfilhos  $\text{m}^{-2}$ , respectivamente na testemunha e na dose máxima de P. A saturação de 45% apresentou 267 perfilhos  $\text{m}^{-2}$  na testemunha e 387 perfilhos  $\text{m}^{-2}$  na dose máxima de P. Já a saturação por bases de 25% apresentou 256 perfilhos  $\text{m}^{-2}$  na testemunha e 376 perfilhos  $\text{m}^{-2}$  na dose máxima.

Costa *et al.* (2018), em Boa vista, Roraima, estudaram os efeitos das doses 0, 30, 60, 90 e 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de superfosfato triplo no capim *Trachypogon plumosus*, no período de maio de 2013 a novembro de 2014. A massa seca teve máxima produção (3.421  $\text{kg ha}^{-1}$ ) na dose de 90  $\text{kg ha}^{-1}$ , correspondendo ao aumento de 42% em relação à testemunha. A eficiência de utilização de fósforo diminuiu linearmente com o aumento das doses, sendo 26,15% na testemunha e 9,08% na dose de 120  $\text{kg ha}^{-1}$ . A extração de fósforo foi maior para a dose de 90  $\text{kg ha}^{-1}$  (5,78  $\text{kg ha}^{-1}$  de P), enquanto a testemunha apresentou extração de 2,86  $\text{kg ha}^{-1}$  de P. O teor de P na planta foi mais elevado na dose de 60  $\text{kg ha}^{-1}$  (1,73  $\text{g kg}^{-1}$ ), correspondendo ao aumento de 17%, se comparado à testemunha.

Costa *et al.* (2024), em Boa vista, Roraima, avaliaram a resposta do capim Tamani (*Megathyrsus maximus*), submetido às doses de 0, 40, 80 e 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , utilizando como fonte o superfostato triplo, no período de maio a setembro. A massa seca apresentou máxima produção (3.831  $\text{kg ha}^{-1}$ ) para a dose de 72,8  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , enquanto a testemunha apresentou produção de 2.731  $\text{kg ha}^{-1}$ . A eficiência de utilização do fósforo apresentou padrão linear decrescente com o aumento das doses, sendo 19,15  $\text{kg de MS kg}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  na dose de 40  $\text{kg ha}^{-1}$  e 4,91  $\text{kg de MS kg}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  na dose de 120  $\text{kg ha}^{-1}$ . O teor de P na planta apresentou resposta quadrática, com seu máximo (2,18  $\text{g kg}^{-1}$ ) na dose de 89,2  $\text{kg ha}^{-1}$ , enquanto o teor de P na testemunha foi de 1,34  $\text{g kg}^{-1}$ . A densidade de perfilhos, o número de folhas por perfilhos e o tamanho médio de folhas expressaram sua máxima produção (623,57 perfilhos, 6,40 folhas por perfilho e 0,3442 m) nas doses de 82,1, 108,5 e 81,7  $\text{kg ha}^{-1}$ , e os resultados para a testemunha foram 543,5 perfilhos, 4,11 folhas por perfilho e 0,2915 m. A taxa de aparecimento e expansão foliar apresentaram o mesmo padrão, tendo como ponto de máximo (0,1412 folhas perfilho $^{-1}$  dia $^{-1}$  e 0,478 m perfilho $^{-1}$  dia $^{-1}$ ) nas doses de P de 85,9 e

81,6 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a testemunha apresentou a produção de 0,097 folhas perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e a taxa de expansão foliar de 0,283 m perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. A taxa de senescência foliar apresentou comportamento linear crescente com o aumento das doses, sendo 0,0128 m perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na testemunha e 0,0187 m perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na dose máxima de P.

Costa *et al.* (2025), em Boa Vista, Roraima, estudaram o efeito da adubação fosfatada (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicado na forma de superfosfato triplo em capim Quênia (*Megathyrsus maximus*), no período de maio a setembro. A densidade de perfilhos, o número de folhas vivas por perfilho e o tamanho médio das folhas apresentaram resposta quadrática para aplicação da adubação fosfatada, com máximas (788 perfilhos m<sup>-2</sup>, 6,69 folhas vivas por perfilho, com tamanho médio de 0,708 m) para as doses 88,5, 56,71 e 82,52 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente. A testemunha apresentou a produção de 444 perfilhos, 5,06 folhas vivas por perfilho com tamanho médio de 0,310 m. A taxa de aparecimento e de expansão foliar seguiram o mesmo padrão, enquanto a testemunha apresentou 0,121 folhas perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> com expansão de 0,00367 m perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, o máximo aparecimento foliar na dose 114,66 kg ha<sup>-1</sup> de P produziu 0,1341 folhas perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e a taxa de expansão máxima se deu na dose de 71,35 kg ha<sup>-1</sup> de P (0,0835 m perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). A taxa de senescência foliar apresentou crescimento linear com o aumento das doses, sendo na testemunha a senescência de 0,00138 m perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e 0,00201 m perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na máxima dose de P.

Carneiro *et al.* (2017), em Gurupi, Tocantins, pesquisaram os efeitos de UFT Fértil (composto de farinha de carne e osso), fosfato natural (24% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total e 23% de Ca), superfosfato simples e Basifós (Timac Agro Brasil), nas doses 0, 35, 70, 140, 210 e 280 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, em capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*), no período de setembro a maio. A altura de plantas e o número de perfilhos apresentaram resposta quadrática para todas as fontes utilizadas, sendo as alturas máximas de 0,75, 0,75, 0,70 e 0,72 m nas doses 202, 162, 165 e 190 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para as fontes UFT Fértil, fosfato natural, Básifós, e supersimples respectivamente, sendo superior cerca de 44, 34, 30 e 36% em relação às testemunhas. O número de perfilhos para as fontes UFT Fértil, fosfato natural, Básifós, e supersimples foram máximos (139, 150, 164 e 154 perfilhos m<sup>-2</sup>) nas doses de 232, 202, 218 e 191 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> respectivamente, sendo 64, 63, 88 e 67% em relação à testemunha para as fontes

UFT Fértil, fosfato natural, Basifós e supersimples, respectivamente. As massas secas de parte aérea foram 4.600, 3.976, 5.536 e 4.041 kg ha<sup>-1</sup> nas doses de 280, 215, 239 e 207 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para as fontes UFT Fértil, fosfato natural, Basifós e supersimples, respectivamente, sendo 190, 131, 217 e 142% em relação à testemunha para as respectivas fontes.

Oliveira (2021), em Araguaína, Tocantins, estudou os efeitos de superfosfato simples e fosfato natural reativo de Arad aplicado nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> combinados com a aplicação de 60,0 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e potássio no diferimento do capim Marandu (*Urochloa brizantha*), no período de julho a novembro. Para avaliação foram utilizadas duas testemunhas, a absoluta (0 kg ha<sup>-1</sup> de P e NK) e a testemunha NK (adubada apenas com 60 kg ha<sup>-1</sup> de NK). A adubação apenas com NK não apresentou variação estatística da altura na fase de rebrotação, se comparada à testemunha absoluta, sendo aproximadamente 0,43 metros em ambas. A fonte superfosfato simples apresentou incremento linear em altura com o aumento das doses de P, sendo a maior altura (0,65 m) apresentada para a combinação NK+100 kg ha<sup>-1</sup>. A fonte Arad apresentou maior altura na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup>, com altura de 0,505 m, correspondendo a aumento de 17,4% sobre a testemunha absoluta. A densidade de perfilhos apresentou resposta positiva para o incremento de P e a testemunha absoluta produziu aproximadamente 400 perfilhos m<sup>-2</sup>. A adubação apenas com NK apresentou 480 perfilhos m<sup>-2</sup> e o maior número de perfilhos para a fonte superfosfato simples foi observado na dose de 75 kg ha<sup>-1</sup> com produção aproximada de 553 perfilhos m<sup>-2</sup>. A fonte Arad apresentou aumento nas doses iniciais (25 e 50 kg ha<sup>-1</sup>) quando comparadas às testemunhas, com aproximadamente 500 perfilhos m<sup>-2</sup>, porém na aplicação de doses maiores houve redução na população de plantas, com aproximadamente 400 perfilhos m<sup>-2</sup>. As produções de massa seca nas testemunhas não apresentaram diferenças significativas, sendo 1.563 kg ha<sup>-1</sup> de MS na testemunha absoluta e 1.797 kg ha<sup>-1</sup> de MS na testemunha NK. A produção com Arad apresentou um total aproximado de 2.200 kg ha<sup>-1</sup> de MS e a produção de massa seca total com superfosfato simples foi de aproximadamente 2.500 kg ha<sup>-1</sup>.

Costa *et al.* (2022), em Boa Vista, Roraima, pesquisaram, no período de maio a setembro de 2016 e maio a outubro de 2017, os efeitos das doses 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato triplo, em capim Massai (*Megathyrsus maximus*). A adubação de estabelecimento consistiu na aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N

e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. As fontes utilizadas foram ureia e cloreto de potássio. Aos 35 dias da implantação foi realizada adubação com 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. As mesmas aplicações foram repetidas em maio de 2017. A produção de massa seca apresentou diferença significativa para as doses aplicadas. A máxima produção (3.990 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreu na dose de 101,7 kg ha<sup>-1</sup> de P, correspondendo ao aumento de 40,8% em relação à testemunha. A densidade populacional de perfilhos apresentou máximo (1.491 perfilhos m<sup>-2</sup>) na dose de 80,8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, correspondendo ao aumento de 18,2% em relação à testemunha. O número de folhas por perfilho apresentou ponto de máximo (4,55 folhas perfilho<sup>-1</sup>) na dose de 66,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, correspondendo ao aumento de 25,0% em relação à testemunha.

#### **4.4 Importância do potássio para o crescimento e qualidade das pastagens.**

O macronutriente potássio é o cátion mais abundante no citoplasma das células vegetais e apresenta alta mobilidade (Seixas, 2019). Esse elemento desempenha funções essenciais nas plantas, como regulação osmótica, controle das relações hídricas, abertura e fechamento dos estômatos, estabilização do pH do citoplasma, ativação enzimática, síntese de proteínas, fotossíntese e transporte de substâncias. (Furlani, 2012; Marschner, 2012).

De acordo com Coutinho *et al.* (2004), a deficiência de K em plantas forrageiras compromete o desenvolvimento da planta, resultando em colmos finos, crescimento lento, folhas pequenas e amareladas e presença de manchas necróticas prejudicando a produtividade das pastagens. Outro ponto importante é que a exigência em potássio está diretamente associada ao nível de produção, sendo influenciado pela acidez do solo e disponibilidade de outros nutrientes, como o nitrogênio. (Coutinho *et al.*, 2004).

Segundo Werner *et al.* (1986), o potássio é um dos nutrientes mais exportados pelas plantas forrageiras. Nesse contexto, a adubação potássica se torna essencial para repor as quantidades extraídas e manter o equilíbrio nutricional das pastagens. (Costa *et al.*, 2018; Santos, 2019). Além disso, a aplicação adequada do K está associada à maior persistência e vigor das plantas forrageiras, bem como ao aumento da produção de massa seca e à melhoria na qualidade da forragem (Costa *et al.* 2016; Reis *et al.*, 2024).

Dessa forma, o manejo equilibrado da adubação potássica é fundamental para estabelecimento, manutenção e produtividade das pastagens, assegurando o bom desempenho das plantas forrageiras em sistemas de produção animal.

#### 4.4.1 Efeitos da adubação potássica na produção de forragem

Reis *et al.* (2024), no município de Araguaína, Tocantins, avaliaram, no período de outubro a junho, os efeitos das doses 0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na produção dos capins Mombaça, Tamani, Massai e Zuri, (*Megathyrsus maximus*). As cultivares apresentaram resposta quadrática para o parâmetro avaliado. Para o capim Massai a produção máxima (2.865,38 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorreu na dose de 82 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, enquanto a testemunha apresentou produção de 2.501,7 kg ha<sup>-1</sup> de MS. O capim Mombaça apresentou a máxima resposta (2.228,9 kg ha<sup>-1</sup> de MS) para a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de potássio e a testemunha produziu 1.878,4 kg ha<sup>-1</sup> de MS. O capim Zuri apresentou a máxima produção (1.882,0 kg ha<sup>-1</sup> de MS) na dose de 72 kg ha<sup>-1</sup> de potássio e a testemunha produziu 1.565,1 kg ha<sup>-1</sup> de MS. A testemunha de capim Tamani produziu 1.550,9 kg ha<sup>-1</sup> de MS e a máxima produção foi de 2.180,8 kg ha<sup>-1</sup> de MS na dose de 81 kg ha<sup>-1</sup> de potássio.

Lopes *et al.* (2018), em Nova Xavantina, Mato Grosso, estudaram os efeitos das doses 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 e 350 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio na produção de capim Marandu (*Urochloa brizantha*), no período de novembro a março, quando foram avaliadas as produções decorrentes de dois cortes. A menor produção de massa seca observada no primeiro corte ocorreu para a testemunha e foi de 5.851 kg ha<sup>-1</sup> de MS. A maior produção (12.531 kg ha<sup>-1</sup> de MS) foi observada na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio. A produção de massa seca no segundo corte foi máxima para a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio alcançando o valor de 11.718 kg ha<sup>-1</sup> de MS. A testemunha, no segundo corte, apresentou a menor produção entre todas as doses com valor de 4.953 kg ha<sup>-1</sup> de MS. Apesar dos valores observados, em ambos os cortes, os resultados da produção de massa seca não variaram estatisticamente.

Costa *et al.* (2016), em Boa Vista, Roraima, pesquisaram os efeitos das doses 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na produção e morfogênese do capim *Trachypogon plumosus*, avaliado no período de maio de 2013 a setembro de 2014. A massa seca foi influenciada pela adubação potássica, com a máxima produção (2.755,77 kg ha<sup>-1</sup> de MS) ocorrendo na dose de 97,1 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e a testemunha apresentou o menor valor em produção de MS (1.987 kg ha<sup>-1</sup>). A eficiência de utilização de potássio diminuiu com o aumento das doses, sendo 79,97 kg de MS /kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> e 22,56 kg de MS / kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> na dose máxima de potássio. O teor

de potássio na planta foi máximo ( $18,86 \text{ g kg}^{-1}$ ) para a dose de  $63,92 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . As variáveis: número de perfilhos, número de folhas por perfilhos e tamanho médio de folhas responderam segundo o modelo quadrático, com respectivos máximos ( $897,36$  perfilhos,  $4,95$  folhas perfilho $^{-1}$ ,  $0,195 \text{ m}$ ) nas doses de  $105,1$ ,  $106,5$ ,  $88,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , enquanto a testemunha apresentou  $648,63$  perfilhos,  $3,84$  folhas perfilho $^{-1}$ ,  $0,147 \text{ m}$  de comprimento de folha. As taxas de aparecimento e alongação foliar apresentaram valores máximos ( $0,116$  folhas perfilho $^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e  $2,14 \text{ cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) para as respectivas doses  $116$  e  $95 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . A taxa de senescência foliar apresentou comportamento linear com o aumento das doses de potássio, sendo  $0,085 \text{ cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  na testemunha e  $0,149 \text{ cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  na dose máxima de K.

Cardoso (2016), em Jaboticabal, São Paulo, estudou os efeitos da adubação potássica de KCl nas doses 0; 30; 60; 120 e  $180 \text{ mg kg}^{-1}$  de K realizada em capim Marandu (*Urochloa brizantha*), em experimento realizado em vasos preenchidos com  $2,8 \text{ kg}$  dos solos: Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), Chernossolo Argilúvico Órtico abrupto saprolítico (MTor), Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico típico (PVa), Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) e Nitossolo Vermelho eutroférrico latossólico (NVef), mantidos em casa de vegetação no período de agosto de 2013 a junho de 2014. No período foram realizados 7 cortes na forrageira. As variáveis concentração de K na parte aérea e área foliar foram analisadas. O aumento da concentração de K no solo elevou a concentração de K na planta, porém com a sequência de crescimentos sucessivos houve redução da concentração desse nutriente na parte aérea das plantas. No MTor, a interação foi significativa entre dose e solo nos cortes 1,2,3,4 e 7; destes o primeiro, segundo e quarto cortes apresentaram efeito quadrático, com máximos nas doses de  $150$ ,  $180$  e  $137,5 \text{ mg kg}^{-1}$  de K respectivamente. A concentração de K na planta para essas doses foi de  $44,4$ ,  $43,55$  e  $9,96 \text{ g kg}^{-1}$ , para esses cortes e a testemunha apresentou concentração de  $28,65$ ,  $16,55$  e  $2,4 \text{ g kg}^{-1}$ . O terceiro e sétimo cortes apresentaram efeito linear variando de  $7,30$  e  $2,46 \text{ g kg}^{-1}$ , na testemunha, para  $28,9$  e  $4,26 \text{ g kg}^{-1}$  na dose máxima de K. O PVa apresentou interação significativa entre doses e solo, com resposta linear nos cortes 1,2,3,4, variando de  $4,52$ ,  $3,09$ ,  $1,63$  e  $2,48 \text{ g kg}^{-1}$  na testemunha e, respectivamente, para  $27,92$ ,  $15,69$ ,  $8,83$  e  $4,28 \text{ g kg}^{-1}$  na dose máxima de K. No sétimo corte desse solo não houve variação com os aumentos de doses, sendo constante em  $2,61 \text{ g kg}^{-1}$ . O NVef também apresentou interação significativa entre

doses e solo, com os cortes 1 e 3 apresentando comportamento linear com máximo de 40,54 e 25,59 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea, respectivamente, para maior dose de K aplicada e as testemunhas apresentaram mínimos de 18,94 e 2,49 g kg<sup>-1</sup> de K respectivamente. Os cortes 2 e 4 tiveram ponto de máximo de 110 e 133 mg kg<sup>-1</sup> de K, com concentração foliar de K de 13,95 e 8,24 g kg<sup>-1</sup> (aumento de 43,3 e 64,8% em comparação à concentração da testemunha). No sétimo corte praticamente não ocorreu variação, permanecendo em 3,76 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea. No LVd foi significativa a interação entre doses e solos. No primeiro e segundo cortes a resposta foi máxima para as doses 171,43 e 71,43 mg kg<sup>-1</sup> com as concentrações de 39,87 e 6,91 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A testemunha nesses cortes apresentou concentrações de 19,25 e 6,55 g kg<sup>-1</sup>. Nos cortes 3 e 4 ocorreu resposta linear ao aumento das doses de K, variando de 6,35 e 4,43 g kg<sup>-1</sup> na testemunha para 22,55 e 6,23 na dose máxima de K. No sétimo corte não ocorreu variação significativa permanecendo em 3,56 g kg<sup>-1</sup> mesmo com o aumento das doses. O solo RQo teve interação significativa entre doses e solo. No primeiro e quarto cortes o comportamento foi linear com concentração máxima de 28,32 e 8,23 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea, respectivamente, sendo 89,1 e 65,6% maior que a concentração na testemunha. Nos cortes 2, 3 e 7 apresentaram resposta máxima nas doses de 133,33, 180 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de K, com concentrações respectivas de 6,52, 18,97 e 4,96 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea, que representaram aumentos de 81,9, 80,6 e 60,4% em relação à concentração na testemunha. Nos cortes 5 e 6 não foi significativa a interação entre doses de K e solo, em todos os solos avaliados. Avaliando separadamente as variáveis, o solo que apresentou maior resposta foi o NVef (4,4 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea), seguido de MTor (3,9 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea), LVd (3,4 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea), RQo (3,2 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea) e PVa (2,8 g kg<sup>-1</sup> de K na parte aérea). A área foliar do capim Marandu apresentou interação significativa entre doses e solos nos cortes 1, 2 e 3. O solo MTor, apresentou comportamento linear no primeiro corte, com máximo de 1.036 cm<sup>2</sup> vaso<sup>-1</sup>, enquanto a testemunha apresentou 679,94 cm<sup>2</sup> vaso<sup>-1</sup>. No segundo corte a produção foi máxima na dose de 180, com produção de 1.286,9 cm<sup>2</sup> vaso<sup>-1</sup> e aumento de 42% em relação à testemunha. No terceiro corte o ponto de máximo foi na dose de 151,5 mg kg<sup>-1</sup> (1.695,87 cm<sup>2</sup> vaso<sup>-1</sup>), com aumento de 40,6% em comparação à testemunha. O solo PVa também apresentou resposta linear em relação às doses de K, com máxima produção de 1.658,06 cm<sup>2</sup> vaso<sup>-1</sup> e a testemunha produziu 1.301,66 cm<sup>2</sup> vaso<sup>-1</sup>. No segundo e terceiro cortes os pontos



de máximo ocorreram na dose de  $180 \text{ mg kg}^{-1}$ , com produção de 1.501,27 e 1.802,37  $\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$ , respectivamente, e aumento de 21 e 43% em relação à testemunha. Para o solo NVeF o efeito linear foi no segundo corte, com produção de 2.367,71  $\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$  e aumento de 38,3% em relação à testemunha. No primeiro e terceiro cortes os pontos de máximo ocorreram nas doses de 266,5 e 276,25  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente, com produção de 2.824,3 e 1.936,74  $\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$  e aumento de 25,1 e 31,4% em relação à testemunha. O solo LVd apresentou efeito linear para o aumento das doses no primeiro e terceiro cortes, com produção máxima de 1.884,64 e 2.536,67  $\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$ , respectivamente, e aumento de 31,0 e 62,1% em comparação à testemunha. No segundo corte a produção máxima ocorreu na dose de  $180 \text{ mg kg}^{-1}$  (1.546,51  $\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$ ) e aumento de 24,3% em relação à testemunha. Para o solo RQo, nos três cortes foram observados máximo em  $180 \text{ mg kg}^{-1}$ , sendo as produções de 1.831,26, 1378,26 e 2.595,8  $\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$  com aumentos de 25,4, 39,1 e 47,2%, em comparação à testemunha. Nos cortes 4, 5 6 e 7 a interação solo x doses não foi significativa e para esses cortes as maiores produções se mostraram para os solos NVeF (1.674, 2.405, 1.254, 694  $\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$ ) e LVd (1.331, 1.955, 1.049, 572  $\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$ ).

Soares *et al.* (2019), em Nova Xavantina, Mato Grosso, pesquisaram os efeitos de  $\text{K}_2\text{O}$  aplicado nas doses 0, 30, 60, 90 e 120  $\text{kg ha}^{-1}$  em capim Piatã (*Urochloa brizantha*). As variáveis: taxa de aparecimento foliar, duração de vida das folhas e filocrono foram avaliadas a cada três dias, porém não é informado o período total que foi analisado. O aumento das doses de K proporcionou aumento linear na duração de vida das folhas, sendo 31,07 dias na testemunha e 72,3 dias na máxima dose de K. Comportamento semelhante foi observado na variável filocrono, sendo 10,3 dias para a testemunha e 29,8 dias na dose de 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . A taxa de aparecimento foliar apresentou comportamento linear decrescente em relação ao aumento das doses de potássio, sendo máxima na testemunha 0,082 folhas  $\text{dia}^{-1}$  e 0,034 folhas  $\text{dia}^{-1}$  na dose máxima de K.

Costa *et al.* (2019), em Boa Vista, Roraima, estudaram os efeitos da aplicação de KCl nas doses 0, 50, 100 e 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  no capim *Axonopus aureus*, no período de maio a setembro. A produção de massa seca apresentou comportamento quadrático com máximo de 1.727,3  $\text{kg ha}^{-1}$  de MS na dose de 180,7  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , enquanto a testemunha produziu 1.047,6  $\text{kg ha}^{-1}$  de MS. A eficiência de utilização de potássio foi inversamente proporcional às doses de K, sendo 27,9  $\text{kg}$  de MS/ $\text{kg ha}^{-1}$

de  $K_2O$  na testemunha e  $8,6 \text{ kg de MS/kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na dose máxima de K. A concentração de potássio na planta foi máxima ( $18,73 \text{ g kg}^{-1}$ ) na dose de  $110,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , correspondendo ao aumento de 21% em relação à testemunha. As variáveis número de perfilhos, número de folhas por perfilho e tamanho médio de folhas apresentaram pontos de máximo ( $709,88 \text{ perfilhos m}^{-2}$ ,  $5,27 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $0,1253 \text{ m}$ ) para as respectivas doses de  $164,2$ ,  $152,0$ ,  $179,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  e a testemunha apresentou  $362,1 \text{ perfilhos m}^{-2}$ ,  $3,61 \text{ folhas perfilho}^{-1}$  e  $6,71 \text{ cm}$ . A taxa de aparecimento e expansão foliar também apresentaram comportamento quadrático com máximos de  $0,108 \text{ folhas perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ,  $0,0145 \text{ m perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  para as doses de  $121,5$  e  $168,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , enquanto a testemunha apresentou taxa de aparecimento foliar de  $0,080 \text{ folhas perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  com uma taxa de expansão de  $0,0053 \text{ m perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . A taxa de senescência foliar foi linear com o aumento das doses de K, sendo  $0,091 \text{ cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  na testemunha e  $0,142 \text{ cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  na dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ .

Santos (2019), em São Cristóvão, Sergipe, avaliou no período de setembro de 2016 a agosto de 2017, o efeito das doses  $0$ ,  $80$ ,  $320$ ,  $400$  e  $640 \text{ kg ha}^{-1}$  K aplicadas na forma de cloreto de potássio em capim faixa-branca (*Digitaria eriantha*). A densidade de perfilhos respondeu de forma quadrática à aplicação de potássio, com ponto de máximo de  $717 \text{ perfilhos m}^{-2}$  obtido na dose de  $327 \text{ kg ha}^{-1}$  de cloreto de potássio, enquanto a produção na ausência de adubação resultou em  $599 \text{ perfilhos m}^{-2}$ . A produção de massa seca apresentou comportamento semelhante, sendo a máxima produção ( $27.146 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS) obtida na dose de  $502 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl- e a testemunha produziu  $16.888 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS. A altura do capim faixa branca atingiu o máximo ( $0,43 \text{ m}$ ) na dose de  $540 \text{ kg ha}^{-1}$  de K e a testemunha apresentou altura de  $0,34 \text{ m}$ . A relação folha/colmo apresentou redução linear com o aumento das doses, sendo  $1,57$  na testemunha e  $1,09$  na dose máxima de K. O aumento das doses de K reduziu linearmente o percentual de massa morta do capim, sendo  $12\%$  na testemunha e  $3\%$  na dose máxima de K. Os teores de proteína apresentaram redução linear com o aumento das doses de K, com o mínimo de  $10,5 \%$  na dose de  $640 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl. A testemunha apresentou teor de proteína bruta de  $11,3\%$ .

Devido a relação existente do potássio com os demais nutrientes, diversos autores estudaram os efeitos da aplicação desse nutriente junto com adubação nitrogenada ou fosfatada para verificar os possíveis efeitos na forragem.

Araújo (2015), em Chapadinha, Maranhão, estudou os efeitos das doses 10 e 30 mg dm<sup>-3</sup> de K aplicados na forma de KCl e 0, 50, 100, 150 e 200 mg dm<sup>-3</sup> N na forma de ureia em capim Capiçu (*Pennisetum purpureum*.) e capim Canarana (*Echinochloa pyramidalis*). O experimento foi conduzido em vasos, mantidos em casa de vegetação e avaliados por 114 dias. Avaliando as interações entre as variáveis analisadas, foi verificado que a área foliar apresentou influência da espécie estudada e também da adubação nitrogenada, com o Capiçu apresentando resposta linear crescente ao aumento das doses de N (sendo 66,6 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> na testemunha e 89,1 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> na dose máxima de N). O capim Canarana apresentou efeito quadrático em resposta às doses de N, sendo máxima (184,6 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) na dose de 143,9 mg dm<sup>-3</sup>, enquanto a testemunha apresentou área de 111,7 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. O acúmulo de material morto apresentou influência para as variáveis espécie e interação N x K, e dessa forma foi observado que o aumento da dose de N em baixa dose de K eleva a produção de material morto. Com o aumento das doses de N na aplicação de 30 mg dm<sup>-3</sup> de K a produção se manteve estável em 5,68 gramas por vaso de material morto, porém o aumento das doses de N com baixa aplicação de K (10 mg dm<sup>-3</sup>) variou a produção de material morto linearmente ao aumento de N (variando de 3,62 gramas por vaso na testemunha para 6,78 gramas por vaso na dose máxima de N). O número de perfilhos mortos se manteve estável com o aumento das doses de N no capim Canarana, mantendo-se em 5,67 perfilhos mortos por vaso, enquanto o capiaçu apresentou resposta quadrática para essa variável, sendo 12,12 perfilhos mortos por vaso na ausência de adubação e máxima resposta (13,14 perfilhos mortos por vaso) na dose de 67,2 mg dm<sup>-3</sup>. O número de perfilhos vivos cresceu linearmente com o aumento das doses de N em ambos os capins, e as testemunhas de Capiçu e capim Canarana apresentaram 131,55 e 45,05 perfilhos vivos por vaso, respectivamente. Os números de perfilhos vivos na dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> de N foram de 204,35 e 81,75, para Capiçu e Canarana, respectivamente. A massa total produzida apresentou resposta quadrática ao aumento das doses de N em ambos os capins, sendo a máxima produção de Capiçu (112,7 gramas por vaso) e Canarana (170,2 gramas por vaso) nas doses de 161,6 e 170 mg dm<sup>-3</sup> de N. As testemunhas apresentaram produção de 60,29 e 49,01 gramas por vaso para os respectivos capins. O filocrono apresentou redução linear com o aumento das doses de N, variando de 19,31 e 7,81 dias para Capiçu e Canarana na testemunha, até 15,14 e 5,75 dias na dose máxima para os respectivos capins. A taxa de alongamento foliar apresentou resposta linear crescente

com o aumento das doses de N no capim Canarana, variando de 4,41 cm dia<sup>-1</sup> na testemunha para 6,46 cm dia<sup>-1</sup> na dose máxima, enquanto o Capiáu apresentou taxa de alongamento foliar constante com o aumento das doses de N (2,43 cm dia<sup>-1</sup>). Para a taxa de senescência foliar foi significativa a interação doses de K x espécie de capim. Com o aumento das doses de N em baixa presença de potássio (10 mg dm<sup>-3</sup>) a senescência variou de 3,32 cm dia<sup>-1</sup> na testemunha para 6,78 cm dia<sup>-1</sup> na dose máxima de N. Na dose de K de 30 mg dm<sup>-3</sup> a taxa de senescência foliar se manteve estável em 5,68 cm dia<sup>-1</sup>. A duração de vida das folhas do Capiáu foi de 24,83 dias na dose de 10 mg dm<sup>-3</sup> e 23,66 dias na dose de 30 mg dm<sup>-3</sup>. Para Canarana as durações foram 13,88 e 17,64 dias nas doses respectivas de 10 e 30 mg dm<sup>-3</sup>.

Oliveira (2022), em Araguaína, Tocantins, pesquisou os efeitos da dose 60 kg ha<sup>-1</sup> de ureia combinada a 20 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio e 120 kg ha<sup>-1</sup> de ureia combinada com 40 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio em capim Piatã e Xaraés (*Urochloa brizantha*) no período de primeiro de outubro a trinta de novembro. Não foi significativa a interação forrageira x adubação para as variáveis analisadas e os efeitos foram apenas para os fatores forrageiras e adubação, considerados isoladamente. A altura apresentou diferença entre as forrageiras, sendo 0,416 m para o capim Xaraés e 0,318 m para o capim Piatã, com diferença estatisticamente significativa. A adubação nitrogenada não interferiu significativamente na altura dos capins, sendo de 0,3671 e 0,3665 m para as doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>. A massa seca total do capim Xaraés foi de 2.042 kg ha<sup>-1</sup> e para o capim Piatã a produção foi de 2.168 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que essa variável não apresentou variação estatisticamente significativa com a aplicação de 60 ou 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (com produções de 2.060 e 2.150 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). O número de folhas vivas apresentou diferença significativa entre as forrageiras, sendo 1,67 folhas por perfilho para o capim Xaraés e 1,93 folhas por perfilho para o capim Piatã. A adubação não apresentou diferença significativa para essa variável, sendo 1,83 folhas por perfilho na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1,77 folhas por perfilho na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>. A relação folha/colmo apresentou variação com as forrageiras, apresentando 98,52% para o capim Xaraés e 28,37% para capim Piatã. A relação folha/colmo não apresentou diferença estatisticamente significativa com as doses, na aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N a relação folha/colmo foi de 83,1% na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N a relação foi de 43,7%.

Motta *et al.* (2023), em Rondonópolis, Mato Grosso, avaliaram as doses 140 e 280 mg dm<sup>-3</sup> de N associadas às doses de potássio de 0, 70, 140, 210 e 280 mg dm<sup>-3</sup>

em capim Mombaça e Zuri (*Megathyrsus maximus*), em experimento conduzido em casa de vegetação. Não consta no trabalho o período em que as avaliações foram realizadas. A massa de forragem apresentou menor resultado na ausência de aplicação de potássio para ambos capins, com a cultivar Mombaça apresentando produção de 47 gramas por vaso de MS na dose de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e de 58 gramas por vaso de MS na dose de  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. Com a adição de potássio a massa seca apresentou incremento linear, elevando a produção para 88 gramas por vaso de MS na dose de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N combinada a máxima dose de potássio e 108 gramas por vaso de MS na dose de  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de N combinada à máxima dose de potássio. A cultivar Zuri, na ausência de adubação com potássio, produziu 14 gramas por vaso de MS na dose de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e de 13 gramas por vaso de MS na dose de  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. Por outro lado, com a adição de potássio a massa seca apresentou incrementos lineares, elevando a produção para 23 gramas por vaso de MS na dose de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N combinada à máxima dose de potássio e 26 gramas por vaso de MS na dose de  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de N combinada à máxima dose de potássio. A densidade de perfilhos não apresentou diferenças estatisticamente significativas com a presença ou o aumento das doses de K. No capim Mombaça, na dose de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N o número de perfilhos variou de 46 perfilhos vaso<sup>-1</sup> na testemunha para 54 perfilhos vaso<sup>-1</sup> na dose de  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de K. Para a aplicação de  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, a produção de perfilhos variou de 46 perfilhos vaso<sup>-1</sup> na testemunha para 53 perfilhos vaso<sup>-1</sup> na dose máxima de K. A cultivar Zuri apresentou variação significativa, de 33 perfilhos vaso<sup>-1</sup> na testemunha adubada com  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N para 39 perfilhos vaso<sup>-1</sup> nessa mesma dose nitrogenada na presença de  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de K. Na adubação com  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de N a produção alterou de 32 perfilhos vaso<sup>-1</sup> para 41 perfilhos vaso<sup>-1</sup> na dose máxima de K. O número de folhas por perfilho e o filocrono não apresentaram variação estatisticamente significativa para as doses de K. O capim Mombaça, na adubação de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N na ausência de K apresentou 1,9 folhas por perfilho vaso<sup>-1</sup> e variou para 1,7 folhas por perfilho vaso<sup>-1</sup> na dose de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N associada a máxima dose de K. Na dose de  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, a testemunha apresentou 2,0 folhas por perfilho vaso<sup>-1</sup> e o mesmo valor foi observado para as doses de 70 e  $280 \text{ mg dm}^{-3}$  de K. O filocrono para essa cultivar com a aplicação de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N na ausência de K foi de 12,64 dias folha<sup>-1</sup>. A aplicação de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$  de N associada à maior dose de K apresentou filocrono de 11,84 dias folha<sup>-1</sup>. Para a aplicação de

280 mg dm<sup>-3</sup> de N a diferença foi de 13,09 dias folha<sup>-1</sup> na ausência de K para 11,55 dias folha<sup>-1</sup> na dose máxima de K, sendo o menor valor apresentado se comparado entre as doses e a testemunha. Resultados semelhantes foram observados para a cultivar Zuri, que na dose de 140 mg dm<sup>-3</sup> de N associada à ausência de aplicação de K apresentou filocrono de 10,2 dias folha<sup>-1</sup> na testemunha e variou para 9,22 dias folha<sup>-1</sup> na associação e 140 mg dm<sup>-3</sup> de N com a dose máxima de K. Para a aplicação de 280 mg dm<sup>-3</sup> de N a variação foi de 9,5 dias folha<sup>-1</sup> na ausência de K para 8,7 dias folha<sup>-1</sup> na dose máxima de K.

Barros (2020), em Santo Antônio do Leverger, Mato Grosso, avaliou os efeitos das doses 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e das doses de potássio (0 e 25 kg ha<sup>-1</sup>) em capim Marandu (*Urochloa brizantha*), no período de maio a agosto. A produtividade de massa seca respondeu positivamente à presença de K dentro das doses de N. Na aplicação de 50 e 75 kg ha<sup>-1</sup> de N ocorreram as maiores produtividades com aplicação de K, aos 30 dias, com produção respectiva de 1.187 e 1.037 kg ha<sup>-1</sup> de MS, o que corresponde ao aumento de 55 e 42% se comparada à testemunha sem aplicação de K. Aos 60 dias (1.232 e 1.077 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e 90 dias (1.455 e 950 kg ha<sup>-1</sup> de MS), o aumento foi de 57, 51, 61 e 34%, respectivamente, se comparado à testemunha sem aplicação de K. Aos 30, 60 e 90 dias, dentro das doses de N (0, 25 e 100 kg ha<sup>-1</sup>) não houve diferença na produtividade de massa seca na presença (690,0 567,0 827,0 kg ha<sup>-1</sup>) ou ausência de potássio K (743,3, 700,0, 730, 0 kg ha<sup>-1</sup>). O teor de proteína bruta apresentou resposta linear ao aumento das doses de N, sendo máximo (11,78%) na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>.

No mesmo local do trabalho de Barros (2020), Souza (2020) estudou os efeitos das doses 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e duas doses de potássio (0 e 25 kg ha<sup>-1</sup>) em capim Marandu (*Urochloa brizantha*), no período de novembro a maio. As fontes utilizadas foram sulfato de amônio e cloreto de potássio. O período de descanso da área apresentou influência na presença de N a partir de 50 kg ha<sup>-1</sup> e K reduzindo em média 6 dias do período de descanso. Esse resultado proporcionou aumento de 4 para 5 cortes da forragem, incrementando um ciclo de pastejo a mais no sistema. Foram observados efeitos isolados do N e do K na produtividade de massa seca. Isoladamente, o N interferiu nas porcentagens de lâminas foliares e colmo, perfilhos totais e cobertura do solo. Não foram encontradas significâncias para a interação NxK, para as variáveis estudadas. A massa de forragem, na ausência de aplicação de nitrogênio, apresentou resultado de 7.342 kg ha<sup>-1</sup> na ausência de

potássio e  $7.818 \text{ kg ha}^{-1}$  na dose de  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  de K, correspondendo ao aumento de aproximadamente 6%. Com a adição de N, a massa seca de forragem foi linear crescente, sendo que na ausência de potássio ela variou de  $7.342 \text{ kg ha}^{-1}$  na testemunha sem aplicação de N para  $10.068 \text{ kg ha}^{-1}$  na dose máxima de N. Essa produção, na presença de K variou de  $7.818 \text{ kg ha}^{-1}$  na ausência de adubação com N para  $10.662 \text{ kg ha}^{-1}$  na dose máxima de N. O percentual de lâminas foliares e colmos apresentou menores valores na não aplicação de N, independente das doses de K, apresentando 52 e 55 e 55% de lâminas foliares na ausência de N e na ausência e presença de K, respectivamente. A densidade de perfilhos mostrou resposta quadrática somente na presença de K, com ponto de máximo na dose de  $54 \text{ kg ha}^{-1}$  e produção de  $825 \text{ perfilhos m}^{-2}$ , enquanto a testemunha produziu  $475,14 \text{ perfilhos m}^{-2}$ .

Faria *et al.* (2015), em Gurupi, no Tocantins, estudaram os efeitos da adubação de cobertura realizada com N e K ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de cloreto de potássio) aliada às doses de 0, 35, 70, 140, 210, 280 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , em capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*), avaliado no período de janeiro a março. A altura de plantas apresentou comportamento quadrático com e sem adubação de cobertura. Porém, a altura na presença de adubação de cobertura alcançou maiores valores, com máximo de 1,06 m na dose de  $201,06 \text{ kg ha}^{-1}$  de P. Na ausência de adubação de cobertura a máxima altura encontrada foi de 0,749 m na dose de  $165,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de P. A testemunha na presença de adubação de cobertura (adubação de cobertura +  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de P) apresentou altura de 0,682 m. Na ausência de adubação de cobertura (sem adubação de cobertura e  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de P) a altura foi de 0,557 m. A adubação fosfatada combinada com a adubação de cobertura resultou em diminuição de aproximadamente 7 dias no tempo de descanso entre pastejos, variando de 28,3 para 21,07 dias, ou seja, redução de 107,16 dias durante o ano. O número de perfilhos apresentou comportamento linear crescente na presença de adubação de cobertura combinada ao aumento das doses de P, com máximo de  $56 \text{ perfilhos } 0,25 \text{ m}^{-2}$ ), enquanto a testemunha apresentou produção de  $30 \text{ perfilhos } 0,25 \text{ m}^{-2}$ . Na ausência de adubação de cobertura a produção de perfilhos apresentou comportamento quadrático, com máximo ( $40 \text{ perfilhos } 0,25 \text{ m}^{-2}$ ) na dose de  $238,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de P. A produção de massa seca da parte aérea apresentou comportamento linear crescente na presença de adubação de cobertura, com o aumento das doses de P, sendo na dose máxima a produção de  $0,123 \text{ kg ha}^{-1}$  na área de  $0,25 \text{ m}^{-2}$  e a testemunha

apresentou produção de 0,056 g na área de 0,25 m<sup>2</sup>. Na ausência de adubação de cobertura a produção máxima foi de 0,100 kg ha<sup>-1</sup> na área de 0,25 m<sup>2</sup> com a dose de 218,33 kg ha<sup>-1</sup> de P.

Cabral *et al.* (2017), em Cuiabá, Mato Grosso, avaliaram durante 135 dias os efeitos das alturas de desfolha (50, 65, e 80 cm) do capim Mulato II (*Urochloa ruziziensis* × *U. decumbens* × *U. brizantha*) na presença e ausência de adubação potássica. O experimento foi conduzido em vasos mantidos em casa de vegetação. Na semeadura do capim foi realizada adubação fosfatada com 300 mg dm<sup>-3</sup> de superfosfato simples. Após a emergência das plantas foi realizada adubação de cobertura com 50 mg dm<sup>-3</sup> de N e 25 mg dm<sup>-3</sup> de K, sendo utilizadas como fontes sulfato de amônio e cloreto de potássio. Após 42 dias da semeadura foi realizada adubação de cobertura com 200 mg dm<sup>-3</sup> de N e 70 mg dm<sup>-3</sup> de K nas parcelas em que esse nutriente foi avaliado e 200 mg dm<sup>-3</sup> de N nas parcelas em que K não seria avaliado. As variáveis analisadas não apresentaram interação significativa para as altura de desfolha x adubação. O número de perfilhos nas alturas de corte de 50 (9,0 perfilhos vaso<sup>-1</sup>) e 65 cm (8,3 perfilhos vaso<sup>-1</sup>) foram estatisticamente semelhantes entre si e superiores ao do corte de 80 cm (2,3 perfilhos vaso<sup>-1</sup>). O número de perfilhos também foi estatisticamente superior na aplicação de potássio (9,92 perfilhos vaso<sup>-1</sup>) na comparação com a produção na ausência de potássio (4,13 perfilhos vaso<sup>-1</sup>). O número de folhas por perfilho na altura de corte de 50 cm (243,7 folhas perfilho<sup>-1</sup>) foi estatisticamente superior às demais alturas de corte. A altura de corte de 80 cm resultou no menor número de folhas (com 195,3 folhas perfilho<sup>-1</sup>). A altura de corte de 65 cm proporcionou produção de 221,6 folhas perfilho<sup>-1</sup> e não apresentou diferença significativa em relação às demais. A produção de folhas na presença e ausência da adubação potássica foi estatisticamente semelhante com 208,8 e 232,2 folhas perfilho<sup>-1</sup>, respectivamente. A massa seca do capim na altura de corte de 80 cm (52,72 gramas vaso<sup>-1</sup>) foi estatisticamente superior às demais. A produção obtida com o corte na altura de 65 cm (45,84 gramas vaso<sup>-1</sup>) foi estatisticamente superior à obtida no corte de 50 cm (30,72 gramas vaso<sup>-1</sup>). A produção de massa seca na presença e ausência de adubação potássica apresentou variação significativa, sendo superior na presença de K (46,64 gramas vaso<sup>-1</sup>), quando comparada à produção na ausência de K (40,63 gramas vaso<sup>-1</sup>).



Jesus (2021), em Rondonópolis, Mato Grosso, estudou, no período de junho a setembro, os efeitos da omissão dos macronutrientes primários (NPK) em capim. Mombaça (*Megathyrsus maximus*). O experimento foi conduzido em vasos, mantidos em casa de vegetação. O solo utilizado foi classificado como latossolo vermelho, com saturação por bases ajustada para 60%. As doses e fontes utilizadas na testemunha corresponderam a: 300 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples), 100 mg dm<sup>-3</sup> de nitrogênio (ureia) e 70 mg dm<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Todas as variáveis analisadas apresentaram diferenças significativas para as omissões e presença de nutrientes. A altura de plantas apresentada na adubação com NPK (0,52 m), na ausência de N (0,54 m) e na ausência de K (0,61 m) apresentou resultados estatisticamente semelhantes entre si e superiores à altura apresentada na ausência de P (0,22 m) e na ausência de NPK (0,29 m), as alturas na ausência de P e na de NPK foram semelhantes entre si. O número de perfilhos por vaso na presença de NPK correspondeu a 32 perfilhos por vaso, sendo estatisticamente superior aos demais. Os números de perfilhos por vaso na ausência de N, P, K e NPK corresponderam a, respectivamente 20, 16, 22 e 18 perfilhos por vaso, e esses resultados foram estatisticamente semelhantes entre si. O número de folhas por vaso foi estatisticamente superior aos demais na presença de NPK (101 folhas por vaso) e na ausência de K (81 folhas por vaso). Na ausência de N observaram-se 53 folhas por vaso, sendo estatisticamente superior à ausência de P (15 folhas por vaso) e à ausência de NPK (16 folhas por vaso), as quais foram estatisticamente semelhantes entre si. A massa seca de lâmina foliar na ausência de potássio (16,6 gramas por vaso) apresentou-se estatisticamente superior às demais. Na presença de NPK a produção de massa seca de lâmina foliar foi de 15,7 gramas por vaso, sendo superior à ausência de N (7,8 gramas por vaso), à ausência de P (0,5 gramas por vaso) e à ausência de NPK (0,8 gramas por vaso). Na ausência de P e de NPK a massa seca de folhas apresentou-se estatisticamente semelhante entre si. O número de folhas por perfilho na presença de NPK (3,3 folhas perfilho<sup>-1</sup>), ausência de K (3,7 folhas perfilho<sup>-1</sup>) e ausência de N (2,7 folhas perfilho<sup>-1</sup>) apresentou resultados estatisticamente semelhantes entre si e superior às demais. Na ausência de NPK e de P a produção de folhas por perfilho correspondeu a 0,9 e 1,0 folhas perfilho<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo estatisticamente semelhantes entre si e inferiores às demais. A taxa de aparecimento foliar na presença de NPK (0,11 folhas dia<sup>-1</sup>), na ausência de N (0,09 folhas dia<sup>-1</sup>) e na ausência de K (0,12 folhas dia<sup>-1</sup>) mostrou-se estatisticamente

semelhantes entre si e superiores às demais, enquanto a TApF na ausência de P ( $0,03 \text{ folhas dia}^{-1}$ ) e na ausência de NPK ( $0,03 \text{ folhas dia}^{-1}$ ) apresentou-se estatisticamente semelhante entre si e inferiores às demais.

#### **4.5 Importância do enxofre para o crescimento e qualidade das pastagens**

O enxofre desempenha papel crucial no desenvolvimento das plantas, atuando na síntese de aminoácidos sulfurados, como a cisteína, cistina e metionina presentes nas proteínas, às quais compõem a maior parte do S contido nas plantas. (Pedroso e Silva, 2022).

Nas pastagens, a disponibilidade adequada de enxofre, juntamente a outros macronutrientes, está diretamente relacionada à produtividade e à qualidade da forragem, influenciando a digestibilidade e o valor nutricional para os animais (Oliveira *et al.*, 2010). Monteiro, Colozza e Werner (2004) afirmaram que o efeito benéfico da aplicação de enxofre usualmente não ocorre mediante a aplicação exclusiva desse nutriente, sendo mais comum que essas respostas estejam vinculadas ao suprimento anterior e/ou simultâneo de pelo menos um outro macronutriente.

A ausência de enxofre, pode conduzir a planta à deficiência na assimilação de nitrogênio (Rodrigues *et al.*, 2015), à redução no crescimento foliar, à coloração amarelada das folhas e ao menor teor proteico, comprometendo as pastagens e, conseqüentemente o desempenho dos rebanhos.

As fontes mais utilizadas para fornecer enxofre às plantas são o superfosfato simples, que contém 12% de S-sulfato e o sulfato de amônio, com 24% de S-sulfato (Horowitz; Meurer, 2003). O gesso agrícola também é uma fonte de S e possui cerca 20% de Ca e 15% de S, na forma sulfatada ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) em sua composição (Mendonça; Castro e Rezende, 2023)

O gesso agrícola, além de contribuir para a correção de cálcio nos solos, contribui para redução da saturação por alumínio e fornece enxofre ao sistema (Fonseca *et al.*, 2023). O uso do gesso favorece o aprofundamento das raízes e permite às plantas superar veranicos e usar com eficiência os nutrientes adicionados no solo (Pereira, 2021). Ele promove, ainda, a melhoria da estrutura do solo, atuando como condicionador (Pedroso e Silva, 2022). Em sistemas de pastagem, a aplicação de gesso pode resultar em melhoria da produção de forragem e melhor aproveitamento nutricional.

A aplicação do enxofre como o gesso é, portanto, uma prática estratégica na adubação de pastagens, pois contribui simultaneamente para o condicionamento do solo e fornecimento de nutrientes proporcionando melhoria na produtividade e qualidade da forragem, refletindo diretamente no desempenho animal e na sustentabilidade do sistema de produção.

#### **4.5.1 Efeitos da adubação sulfatada e gessagem na produção de forragem**

Fonseca *et al.* (2023), em Peixoto de Azevedo, Mato Grosso, estudaram durante o período de março a junho os efeitos das doses 0, 500, 1000 e 2000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola nos capins: Mombaça (*Megathyrsus maximus*) e Ruziziensis (*Urochloa ruzizizensis*). Na área experimental, aplicou-se adubação nitrogenada composta por 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, parcelada em duas etapas: a primeira ocorreu aos 40 dias antes do corte, e a segunda, 25 dias antes do corte de uniformização. A *Urochloa ruzizizensis* na ausência de gesso produziu 6.000 kg ha<sup>-1</sup> de massa verde. Em resposta às doses de 500, 1000 e 2000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso a produção foi de 6.500, 6.400, 8.500 kg ha<sup>-1</sup> de massa verde. A produção de massa verde no capim Mombaça correspondeu a 3.550 kg ha<sup>-1</sup> em resposta à não aplicação de gesso. Na aplicação das doses de 500, 1.000 e 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso o capim Mombaça apresentou produção de 4.400, 4.000 e 3.900 kg ha<sup>-1</sup> de massa verde, respectivamente. A produção de massa seca do capim apresentou comportamento semelhante, variando na *Urochloa ruzizizensis* de 1.300 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca, na testemunha, para 1.600 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca na dose máxima de gesso aplicada. No capim Mombaça, a testemunha apresentou produção de 950 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca, e a máxima produção se deu na dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> de gesso, com a produção de 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca.

Paiva e Santos (2024), em Confresa, Mato Grosso, no período de agosto a julho, avaliaram os efeitos das doses 0, 730, 1.460 e 2.920 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola aplicadas em capim Braquiária (*Urochloa decumbens*). No momento da semeadura, realizou-se adubação com 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Após 40 dias da semeadura, ocorreu a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura. A produção de massa seca apresentou diferenças significativas apenas no primeiro corte. Enquanto a testemunha produziu 12.038 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca, sendo estatisticamente igual à produção da dose de 730 kg ha<sup>-1</sup> de gesso (8.516 kg ha<sup>-1</sup>), essas produções se mostraram estatisticamente superiores à aplicação de 1.460 e 2.920 kg ha<sup>-1</sup> de gesso (5.910 e 5.362 kg ha<sup>-1</sup> de MS). As produções no segundo corte não apresentaram

diferenças estatisticamente significativas. Na aplicação das doses de 0, 730, 1.460 e 2.920 kg ha<sup>-1</sup>, a produção de massa seca correspondeu a 3.970, 4.286, 4.826, 4.628 kg ha<sup>-1</sup>.

Pereira (2021), em Ituverava, São Paulo, analisou, no período de novembro de 2017 a abril de 2021, os efeitos das doses 0, 2.750, 5.500, 8.250 e 11.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso aplicados em capim-Mombaça (*Megathyrsus maximus*). Após cada ciclo de pastejo, ocorreu a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N durante a primavera/ verão e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N durante outono/ inverno. No período de janeiro de 2018 a março de 2021, foram realizadas seis coletas para avaliação da massa seca de raízes. Nas duas primeiras coletas realizadas, a massa seca de raízes não apresentou diferença significativa. Os resultados de janeiro de 2018 e janeiro de 2019, apresentaram para a testemunha 0,30 e 0,22 g dm<sup>-3</sup> de raízes, respectivamente. Para a dose de 2.750 kg ha<sup>-1</sup>, a massa seca de raízes foi respectivamente de 0,25 e 0,35 g dm<sup>-3</sup>. Para a dose de 5.500 kg ha<sup>-1</sup>, o volume de raízes foi de 0,28 e 0,32 g dm<sup>-3</sup> de solo. Na dose de 8.250 kg ha<sup>-1</sup>, o volume de raízes foi de 0,31 e 0,24 g dm<sup>-3</sup> de solo. Na aplicação da dose de 11.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso, a massa de raízes apresentada correspondeu a 0,28 e 0,29 g dm<sup>-3</sup> de solo. As doses apresentaram resultados estatisticamente significativos a partir da terceira coleta, realizada em julho de 2019. Avaliando as 4 coletas realizadas de julho de 2019 a março de 2021, as doses 5.500 (1,74, 1,76, 1,73, 1,77 g dm<sup>-3</sup> de solo), 8.250 (1,71, 1,74, 1,70, 1,75 g dm<sup>-3</sup> de solo), 11.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso (1,83, 1,80, 1,92, 1,76 g dm<sup>-3</sup> de solo) apresentaram produções estatisticamente iguais entre si e superiores às obtidas com as doses de 2.750 (0,71, 0,73, 0,70, 0,63 g dm<sup>-3</sup> de solo) e à testemunha (0,49, 0,52, 0,39, 0,55 g dm<sup>-3</sup> de solo). A aplicação da dose de 8.250 kg ha<sup>-1</sup> de gesso resultou na máxima produção de massa seca da forragem (39.620 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Nas doses de 5.500 e 11.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso a produção resultou em 33.040 e 33.130 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS, resultados estatisticamente iguais entre si. Na dose de 2.750 kg ha<sup>-1</sup> de gesso a produção foi superior à obtida na testemunha (19.760 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS) com resultados de 30.680 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS.

Pedroso e Silva (2022), em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, estudaram, no período de 110 dias, os efeitos das doses 0, 5.000, 10.000 e 15.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola nos capins. Basilisk (*Urochloa decumbens*), Marandu (*Urochloa brizantha*), Paiaguás (*Urochloa brizantha*) e Zuri (*Megathyrsus maximus*). O experimento foi realizado em vasos, distribuídos a pleno sol. A aplicação de gesso ocorreu 10 dias

após a semeadura. Aos 20 dias após a semeadura realizou-se a aplicação da formulação 40-80-30 kg ha<sup>-1</sup> de NPK. Para a variável massa seca de forragem, a interação doses x cultivar não foi estatisticamente significativa. Os resultados foram estatisticamente significativos apenas para as cultivares isoladamente. A maior produção de massa seca foi obtida na cultivar Paiguás (10.900 kg ha<sup>-1</sup>). Nas cultivares Marandu, Zuri e Basilisk, as respostas de produção não apresentaram variação significativa, correspondendo à 9.000, 9.000, 9.700 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente. Nas aplicações das doses de gesso, os resultados não apresentaram variação significativa para produção de MS, com produção de 9.400, 9.900, 9.600, 9.600 kg ha<sup>-1</sup> de MS, nas doses 0, 5.000, 10.000 e 15.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso, respectivamente. O número de perfilhos também não apresentou significância para a interação doses x cultivar, mas respondeu significativamente apenas para as cultivares isoladamente. O maior número de perfilhos foi produzido na cultivar Basilisk (38 perfilhos m<sup>-2</sup>), enquanto o capim Paiguás (25 perfilhos m<sup>-2</sup>) apresentou-se superior às cultivares Marandu (20 perfilhos m<sup>-2</sup>) e Zuri (21 perfilhos m<sup>-2</sup>). A relação folha/colmo apresentou-se estatisticamente significativa para as cultivares e para a interação doses x cultivar. Entre as cultivares, a maior resposta para a relação folha/colmo ocorreu para a cultivar Basilisk (1,4), seguida das cultivares Marandu (1,0) e Paiguás (1,1), que foram estatisticamente iguais entre si e superiores à cultivar Zuri (0,6). A relação folha/colmo não apresentou variação estatisticamente significativa para as aplicações de gesso, sendo 1,0, 1,1, 1,0, 1,1 nas doses de 0, 5.000, 10.000 e 15.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso, respectivamente. A cultivar Basilisk se ajustou ao modelo linear crescente para a variável relação folha/colmo com o aumento das doses de gesso, e apresentou-se superior às demais cultivares, sendo 1,3, 1,5, 1,3 e 1,7 para as doses 0, 5.000, 10.000 e 15.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso respectivamente. As cultivares Marandu e Paiguás apresentaram relação folha/colmo de 1,1 1,0, 1,1, 1,0 e 1,2, 1,2, 1,1, 1,2, respectivamente para as doses 0, 5.000, 10.000 e 15.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso, sendo estatisticamente superior à produção da cultivar Zuri (0,6, 0,7, 0,6, 0,6). Enquanto a concentração de N foliar não apresentou significância para a interação doses x cultivar, a aplicação das doses de gesso isoladas apresentou influência na concentração de N foliar, com crescimento linear ao aumento das doses. Na testemunha, a concentração de N foliar correspondeu a 17,017 g kg<sup>-1</sup> de N variando para 21,067 g kg<sup>-1</sup> de N na dose máxima de gesso aplicada. Entre as cultivares também houve variação significativa, sendo a máxima concentração de N obtida no

capim Marandu ( $21,6 \text{ g kg}^{-1}$  de N). Nas cultivares Paiaguás, Zuri e Basilisk a concentração correspondeu a  $18,4$ ,  $17,7$  e  $18,4 \text{ g kg}^{-1}$  de N, sendo estatisticamente semelhantes entre si.

Paula (2019), em Barra do Garças, Mato Grosso, no período de novembro a janeiro, avaliou os efeitos das doses 0; 100; 200; 300 e  $400 \text{ mg dm}^{-3}$  de N combinadas às doses de 0; 10; 20; 30 e  $40 \text{ mg dm}^{-3}$  de enxofre em capim Marandu (*Urochloa brizantha*), utilizando como fontes nitrato de amônio e sulfato de cálcio. A quantidade de cálcio foi equilibrada em todas as parcelas pela adição de cloreto de cálcio. O experimento foi conduzido em vasos, mantidos em casa de vegetação. A massa seca apresentou significância para a interação NxS. No primeiro corte, o máximo acúmulo ( $42 \text{ g vaso}^{-1}$  de MS) ocorreu na presença da dose máxima de N combinada à de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  de enxofre, enquanto a testemunha apresentou produção de, aproximadamente,  $23 \text{ g vaso}^{-1}$  de massa seca. No segundo corte a máxima produção de massa seca, aproximadamente  $42 \text{ g vaso}^{-1}$ , foi resposta à dose máxima de N combinada à dose de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  de S e a testemunha apresentou produção de, aproximadamente  $25 \text{ g vaso}^{-1}$  de MS. A interação NxS no primeiro corte não foi significativa para a concentração de N foliar nas folhas emergentes. Ocorreu efeito significativo na concentração de N foliar em folhas emergentes com o aumento das doses de N. A máxima concentração no primeiro corte correspondeu a  $114 \text{ g kg}^{-1}$  na dose máxima de N empregada no experimento ( $400 \text{ mg dm}^{-3}$ ), enquanto a testemunha apresentou  $52,2 \text{ g kg}^{-1}$ . A interação NxS foi significativa no segundo corte, com máximo acúmulo em resposta à associação das doses  $400 \text{ mg dm}^{-3}$  de N à de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  de S. O acúmulo obtido pela testemunha correspondeu a  $25 \text{ g kg}^{-1}$  de N. O acúmulo de N nas folhas maduras no primeiro corte apresentou interação significativa apenas com o aumento das doses de N. Na máxima dose de N, o acúmulo foi de  $116 \text{ g kg}^{-1}$  de N, correspondendo ao máximo acúmulo. Em contrapartida, a testemunha apresentou acúmulo de  $27,4 \text{ g kg}^{-1}$  de N. No segundo corte, a interação NxS foi significativa, apresentando máximo acúmulo nas doses de  $400 \text{ mg dm}^{-3}$  de N combinada à  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  de S, correspondendo ao acúmulo de  $132 \text{ g kg}^{-1}$  de N.

Santos *et al.* (2020), em Arapirina, Sergipe, no período de janeiro a setembro, pesquisaram os efeitos das doses 0 e  $494 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso agrícola em capim elefante (*Pennisetum purpureum*) das variedades Cameroon, Gramafante e Roxo. A adubação foi realizada com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de amônio,  $286 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato triplo e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de cloreto de potássio, conforme as recomendações

de adubação para o estado de Pernambuco. As variáveis foram avaliadas aos 128 e aos 213 dias após o plantio. A altura de plantas aos 128 DAP não apresentou significância para a interação cultivar x dose, ou para qualquer das variáveis isoladas (doses ou variedades). A altura dos capins Cameroon, Gramafante e Roxo na presença de gesso correspondeu, respectivamente, a 1,48, 1,53 e 1,55 m. Na ausência de aplicação de gesso, as alturas apresentadas pelos respectivos capins Cameroon, Gramafante e Roxo corresponderam a 1,47, 1,56, 1,42 m. Aos 213 dias, houve interação significativa entre dose x cultivar na altura de plantas. Com a aplicação de gesso, as alturas obtidas nos capins Cameroon, Gramafante e Roxo foram, respectivamente, 2,20, 2,00 e 1,78 m. Na ausência de aplicação de gesso, as alturas encontradas corresponderam a 1,95, 2,18, 1,78 m, para os capins Cameroon, Gramafante e Roxo. A variável diâmetro de colmo analisada aos 128 DAP, não foi significativa para a interação doses x cultivar na presença ou ausência de aplicação de gesso. Ocorreu variação significativa em diâmetro de colmos apenas para as variedades de capim isoladamente. Os capins Cameroon (0,0198 m) e Roxo (0,0204 m), apresentaram resultados estatisticamente semelhantes entre si e superiores ao Gramafante (0,019 m). Na não aplicação de gesso, Cameroon (0,0198 m) e Gramafante (0,0204 m) apresentaram resultados estatisticamente semelhantes entre si e superiores à variedade Roxo (0,0174 m). Aos 213 DAP, na aplicação de gesso, todas as variedades estudadas apresentaram resultados estatisticamente iguais entre si para a variável diâmetro de colmo, sendo 0,0223, 0,0213 e 0,0208 m para Cameroon, Roxo e Gramafante, respectivamente. Na ausência de aplicação de gesso, as variedades Cameroon (0,0213 m) e Gramafante (0,0202 m) foram estatisticamente iguais entre si e superiores à variedade Roxo (0,0184 m).

Cunha (2022), em Araguaína, Tocantins, estudou, no período de janeiro a maio dos anos de 2020 e 2021, os efeitos das doses 0, 14, 28 e 40 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre, aplicadas na forma de enxofre elementar (99% de S), nos capins Zuri, Massai, Tamani e Mombaça, (*Megathyrsus maximus*). A adubação realizada continha 100 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo. A variável altura de plantas apresentou resposta estatisticamente significativa entre as cultivares. As maiores alturas médias foram encontradas nas cultivares Mombaça (0,73 m) e Zuri (0,69 m), sendo estatisticamente semelhantes entre si e superiores às cultivares Massai (0,59 m) e Tamani (0,43 m). Para as doses de gesso aplicadas, a interação

dose x cultivar não foi estatisticamente significativa. As testemunhas apresentaram alturas de 0,69, 0,58, 0,44, 0,73 m para as cultivares Zuri, Massai, Tamani e Mombaça, respectivamente, enquanto na dose máxima de S, as alturas dos capins Zuri, Massai, Tamani e Mombaça foram, respectivamente: 0,69, 0,59, 0,43, e 0,73 m. Para a variável densidade populacional de perfilhos, a interação doses x cultivares não foi significativa. Contudo, as cultivares analisadas isoladamente apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. A maior DPP ocorreu nas cultivares Massai (871,50 perfilhos  $\text{m}^{-2}$ ) e Tamani (838,41 perfilhos  $\text{m}^{-2}$ ), sendo estatisticamente iguais entre si e superiores à Zuri (488,64 perfilhos  $\text{m}^{-2}$ ) e à Mombaça (284,705 perfilhos  $\text{m}^{-2}$ ). A massa seca total apresentou interação significativa para doses x cultivares. Ao avaliar as produções das testemunhas o capim Zuri (2.537,54  $\text{kg ha}^{-1}$  MS) diferiu apenas da produção do Massai (2.323,59  $\text{kg ha}^{-1}$  MS) e Tamani (2.371,77  $\text{kg ha}^{-1}$ ), enquanto o capim Mombaça (2.442,45  $\text{kg ha}^{-1}$  MS) não diferiu dos demais. O capim Zuri apresentou produção estatisticamente superior (2.687,9  $\text{kg ha}^{-1}$ ) em resposta à dose de 14  $\text{kg ha}^{-1}$ , seguido de Mombaça (2.536,96  $\text{kg ha}^{-1}$ ), Massai (2.330,30  $\text{kg ha}^{-1}$ ), e Tamani (2.381  $\text{kg ha}^{-1}$ ). Nas doses 28 e 40  $\text{kg ha}^{-1}$ , Zuri (2.650,23; 2.613,18  $\text{kg ha}^{-1}$ ), e Mombaça (2.606,67; 2.685,18  $\text{kg ha}^{-1}$ ), não diferiram entre si, porém foram superiores à Massai (2.324,28; 2.328,88  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e à Tamani (2.372,38; 2.433,65  $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Santos (2018), em Dracena, São Paulo, no período de janeiro a março, estudou os efeitos da aplicação das doses 0, 50, 100, 150 e 200  $\text{mg kg}^{-1}$  de S e das fontes: S elementar pastilhado (SEPA) (90,0% S, 10% Bentonita), fosfogesso (FG) (23,5% Ca; 16,9% S), gipsita (GI) (24,1% Ca; 16,9% S) e enxofre elementar em pó (SEPO) (95,0% S) em capim Piatã (*Urochloa brizantha*). A produção de massa seca da parte aérea e raízes apresentou significância para a interação doses x fontes. A produção de massa seca foliar resultante das testemunhas para aplicação de SEPA, FG, GI e SEPO correspondeu a 10,34, 10,64, 10,63, 10,46 gramas por vaso, respectivamente. A produção de massa seca de raízes, para SEPA, FG, GI e SEPO, correspondeu a 4,29, 4,50, 4,31, 4,44 gramas por vaso. As máximas produções de massa seca foliar para as fontes SEPA (23,11 gramas por vaso), FG (22,12 gramas por vaso), GI (22,08 gramas por vaso) e SEPO (24,06 gramas por vaso) ocorreram nas doses de 118  $\text{mg kg}^{-1}$ , 118  $\text{mg kg}^{-1}$ , 114  $\text{mg kg}^{-1}$ , 146  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Nos resultados de massa seca de raízes a fonte SEPO apresentou produção linear crescente, com produção máxima de 6,72 gramas por vaso. Para as fontes SEPA, FG



e GI, a produção máxima de massa seca de raízes ocorreu nas doses de 114, 89 e 104 mg kg<sup>-1</sup>, sendo, respectivamente 5,66; 5,57; e 5,76 gramas por vaso. O número de perfilhos por vaso apresentou efeito significativo para as fontes de enxofre. Na aplicação da fonte SEPO, ocorreu produção máxima de perfilhos (23,5), correspondendo ao aumento de 7,5% em relação à média das fontes SEPA (22), FG (21,5) e GI (21,5), que não diferiram entre si. A concentração dos nutrientes N e S apresentou resultados lineares crescentes para o uso das fontes. Na aplicação das fontes SEPO, FG e GI, a concentração de N e S foi elevada até a dose 140 mg kg<sup>-1</sup>. O incremento na concentração de N correspondeu a 17% se comparado à testemunha (22,3 g kg<sup>-1</sup>). Para o enxofre, o incremento correspondeu a 96, 68, 75%, respectivamente, em comparação à testemunha (1,3 g kg<sup>-1</sup>). A utilização da fonte SEPA proporcionou incrementos lineares na concentração de N e S, correspondendo aos incrementos de 10% para o N e 63% para o S em comparação à testemunha. A concentração do elemento potássio apresentou resultados diferentes para a aplicação das fontes. Nas fontes SEPO e FG, os resultados apresentaram ponto de mínimo nas doses de 125 e 155 mg kg<sup>-1</sup> de S, correspondendo à redução de 60 e 26% na concentração de K em relação à concentração na testemunha. As fontes SEPA e GI apresentaram reduções lineares, com redução de 18 e 59%, em relação à concentração na testemunha (43,69 g kg<sup>-1</sup>). Os resultados encontrados na relação N:S, associados aos pontos de máximo da massa seca para parte aérea do capim Piatã, corresponderam a 15,5:1 para o enxofre elementar pastilhado; 13:1 para o Fosfogesso; 10:1 para o Gipsita; 9,5:1 para o enxofre elementar em pó.

Faria (2019), em Barra do Garças, Mato Grosso, avaliou, no período de novembro a janeiro, o efeito da combinação das doses 0; 10; 20; 30; 40 mg dm<sup>-3</sup> de S e 0; 100; 200; 300; 400 mg dm<sup>-3</sup> de N em capim Marandu (*Urochloa brizantha*). O experimento foi conduzido em vasos, mantidos em casa de vegetação. As fontes utilizadas foram nitrato de amônio e sulfato de cálcio. Para a concentração de N nas folhas emergentes, não foi significativa a interação entre as doses de N e de S fornecidas nas adubações no primeiro e segundo cortes. A concentração de N nas folhas emergentes, em função das doses de N aplicadas em ambos os cortes, apresentou comportamento linear crescente. Na testemunha, as concentrações de N foliar, no primeiro e segundo cortes, corresponderam a 8,2 e 2,8 g kg<sup>-1</sup>. No primeiro e segundo cortes, os maiores valores de concentração de N foliar (15 e 11 g kg<sup>-1</sup>) ocorreram em resposta à maior concentração de N. Nas lâminas de folhas recém

expandidas do capim Marandu, não se observou interação significativa entre as doses de N e de S para o primeiro corte, sendo a interação significativa apenas no segundo corte. Através do estudo de superfície de resposta, constatou-se que a dose de N de  $400 \text{ mg dm}^{-3}$  associadas à dose de S de  $40 \text{ mg dm}^{-3}$  promoveu a máxima concentração de N nessas lâminas, ( $14,01 \text{ g kg}^{-1}$ ). As respostas significativas no primeiro corte corresponderam apenas às doses de N nas lâminas de folhas recém-expandidas, com concentração foliar de N apresentando-se linearmente crescente com as doses de N. Enquanto a testemunha apresentou concentração de  $6 \text{ g kg}^{-1}$ , na dose máxima de N a concentração foi de  $17 \text{ g kg}^{-1}$ . A concentração de N nas lâminas de folhas maduras não apresentou significância para interação entre as doses de N e de S nos dois cortes. As respostas significativas para essa variável ocorreram apenas para as doses de N, apresentando comportamento linear crescente. As testemunhas apresentaram concentração de  $8,2$  e  $3 \text{ g kg}^{-1}$ , enquanto a maior concentração ocorreu na dose de N de  $400 \text{ mg dm}^{-3}$ , para o primeiro e segundo cortes, respectivamente ( $18$  e  $13 \text{ g kg}^{-1}$ ). Para a concentração de S nas folhas emergentes, não se verificou interação significativa entre as doses de N e de S, no primeiro e segundo cortes. Nas folhas emergentes, a concentração de S foi significativa em função das doses isoladas de S, respondendo linearmente ao aumento das doses. Os maiores valores de concentração, no primeiro e segundo corte, foram de  $3$  e  $1,1 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, obtidos nas doses de  $30$  e  $40 \text{ mg dm}^{-3}$ , enquanto as testemunhas apresentaram concentração de  $2,48$  e  $0,64 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente no primeiro e segundo cortes. A concentração de S nas lâminas de folhas recém-expandidas apresentou significância para interação entre as doses de N e de S apenas para o primeiro corte. A dose máxima de concentração foi de  $3,2$  a  $3,6 \text{ g kg}^{-1}$ , proporcionada em resposta à combinação de N de  $300 \text{ mg m}^{-3}$  e  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  de S. A concentração de S nas lâminas de folhas maduras apresentou significância para interação entre as doses de N e de S nos dois cortes. A dose de N de  $400 \text{ mg dm}^{-3}$  associada à dose de S de  $40 \text{ mg dm}^{-3}$  promoveu a máxima concentração nessas lâminas, no primeiro e segundo cortes, e correspondeu a  $5,13$  e  $1,90 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente.

#### **4.6 Calagem em pastagens**

A calagem é definida por Andrade (1991), como a aplicação de calcário em quantidade pré-estabelecida de acordo com as exigências do solo, as exigências da cultura e a produtividade esperada. É uma prática que consiste na adição de corretivos

cálcicos ou calcomagnesianos com objetivo de elevar o pH do solo e fornecer cálcio e magnésio ao sistema (Costa et al, 2004).

De acordo com Costa et al (2004), é uma prática agrícola que melhora as condições do solo, principalmente de solos ácidos, pois diminui a concentração de íons  $H^+$ , aumenta a concentração de íons  $OH^-$ , diminui a solubilidade e toxicidade do alumínio e ferro e aumenta as concentrações de Ca e Mg, resultando em condições favoráveis para o crescimento das plantas forrageiras.

De acordo com Buchelt e Zandonadi (2018), a acidez do solo limita as espécies forrageiras. Portanto, a correção do solo com a utilização de calcário apresenta benefícios físicos e químicos para as características do solo, proporcionando melhorias do perfil e, conseqüentemente, pode influenciar a produção das plantas forrageiras.

Gonçalves et al. (2017) reforçaram que a acidez do solo em conjunto com a toxidez do alumínio são fatores que limitam a produtividade e a qualidade nutricional das culturas. Porém, para Lange et al. (2016) a acidez do solo não é o principal limitante no desenvolvimento das culturas, mas sim os baixos níveis de fósforo disponível no solo.

Andrade (1991) apontou que os estudos realizados com a adição de calcário em pastagens, principalmente os conduzidos a campo, apresentam respostas pouco expressivas das forrageiras a essa aplicação.

Cruz, Ferreira e Luchetta (1994) descreveram que os estudos sobre calagem têm se mostrado contraditórios, pois os resultados apresentaram variações dentro de espécies semelhantes e entre espécies, o que ocorre devido as diversas variáveis que interferem nos resultados.

#### **4.6.1 Efeitos da calagem na produção de forragem**

Souza et al. (2020), em Rorainópolis, Roraima, no período de agosto a fevereiro, avaliaram os efeitos das aplicações de: calagem + nitrogênio + potássio (CNK); calagem mais nitrogênio, fósforo e potássio (CNPk) e nitrogênio e potássio (NK) em capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*). Incorporaram-se com grade 1.300 kg de calcário calcítico (PRNT 86%), incubados por 50 dias. A saturação por bases foi elevada para 60%. Na adubação, aplicaram-se 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Na variável altura de plantas, a aplicação de calagem, adubação nitrogenada, fosfatada e potássica (CNPk), no primeiro corte avaliado,

apresentou altura estatisticamente significativa (1,68 m) quando comparada às demais (CNK= 1,04 m e NK=0,86 m). No segundo corte, não apresentaram diferenças significativas entre CNK (1,16 m) e CNPK (1,25 m), porém, os valores superaram aqueles registrados em NK (0,95 m). No terceiro corte, as diferenças não se apresentaram estatisticamente significativas entre os manejos adotados na correção do solo e adubação, com 0,84, 0,95 e 0,82 m em CNK, CNPK e NK, respectivamente. Avaliando os três cortes em cada tipo de manejo, constatou-se que a altura das plantas do CNK no primeiro e no segundo cortes (1,04, 1,16 m) não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram valores superiores ao encontrado no terceiro corte (0,84 m). Nas parcelas que receberam CNPK, a maior altura do capim ocorreu no primeiro corte (1,68 m), seguido pelo segundo e terceiro corte (1,25 e 0,95 m). Nos tratamentos que não receberam calagem não se obteve diferença estatisticamente relevante para altura das plantas (0,86, 0,95 e 0,82 m). Na variável número de perfilhos, avaliadas no primeiro corte, CNK (72,81 perfilhos  $m^{-2}$ ) e CNPK (87,88 perfilhos  $m^{-2}$ ), não apresentaram diferença estatisticamente significativas entre si, tendo valores superiores a NK (25,69 perfilhos  $m^{-2}$ ). No segundo corte, CNPK (84,38 perfilhos  $m^{-2}$ ) apresentou-se estatisticamente superior aos demais tratamentos (CNK= 42,00 e NK=45,13 perfilhos  $m^{-2}$ ). No terceiro corte CNK (57,06 perfilhos  $m^{-2}$ ) e CNPK (72,06 perfilhos  $m^{-2}$ ) foram estatisticamente semelhantes, mas CNPK se apresentou estatisticamente superior a NK (42,00 perfilhos  $m^{-2}$ ). Em CNK, obteve-se o maior número de perfilhos no primeiro corte (72,81 perfilhos  $m^{-2}$ ). Em CNPK, não apresentou-se diferença significativa entre o número de perfilhos registrados no primeiro (87,88 perfilhos  $m^{-2}$ ) e segundo cortes (84,38 perfilhos  $m^{-2}$ ), porém, os valores do primeiro corte superaram os valores registrados no terceiro corte (72,06 perfilhos  $m^{-2}$ ). Em NK a densidade máxima de perfilhos ocorreu no segundo e terceiro corte, respectivamente (45,13 e 42,00 perfilhos  $m^{-2}$ ). A variável massa seca da parte aérea (MS) apresentou diferença significativa entre CNK, CNPK e NK. No primeiro e segundo cortes CNPK apresentou maior produção (4.200 e 6.400  $kg\ ha^{-1}\ MS$ ) quando comparada à CNK (1.225 e 4.000  $kg\ ha^{-1}\ MS$ ) e NK (400 e 2.550  $kg\ ha^{-1}\ MS$ ). No terceiro corte CNK, CNPK, NK não apresentaram diferenças estatísticas, com produção respectiva de 1.180, 2.105, 890  $kg\ ha^{-1}\ MS$ . Diante dos resultados, verificou-se que em todas as avaliações, a maior massa seca de forragem foi registrada no segundo corte. Na adubação completa (NPK) associada à correção do solo (CNPK), obteve-se diferença estatisticamente significativa nos cortes um

(4.200 kg ha<sup>-1</sup> MS) e três (2.105 kg ha<sup>-1</sup> MS). Na adubação apenas com NK, não se verificou diferença estatística no primeiro e terceiro cortes (400 e 890 kg ha<sup>-1</sup> MS).

Amorim *et al.* (2025) estudaram, em Itapetinga, Bahia, os efeitos da aplicação de 0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada na “Quinta Aproximação - Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais” (341 kg ha<sup>-1</sup> de N, 611 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 103 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), na ausência e presença de calagem, em capim Marandu (*Urochloa brizantha*). O experimento ocorreu no período de março a junho, utilizando como fontes ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Na calagem utilizaram calcário dolomítico na dose de 167,5 kg ha<sup>-1</sup> (PRNT 90%), incubado por 30 dias. O experimento foi conduzido em vasos, mantidos em casa de vegetação. Avaliaram a saturação por bases do solo antes e depois da prática de calagem, com resultados respectivos de 19% e 21%. Não foi significativa a interação entre calagem e adubação. No número de folhas vivas por perfilho, a prática de calagem não influenciou estatisticamente, mantendo-se em 4 folhas perfilho<sup>-1</sup>, na presença e ausência de calagem. Nas doses de 150 e 200% da dose recomendada, ocorreu o maior número de folhas vivas (4,2 folhas perfilho<sup>-1</sup>). Na variável taxa de aparecimento foliar, os resultados não apresentaram diferenças estatisticamente significativas na presença ou ausência de calagem, correspondendo a, respectivamente, 0,17 folhas dia<sup>-1</sup> e 0,18 folhas dia<sup>-1</sup>. Na avaliação das doses a taxa de aparecimento foliar apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima em 173,6% da dose recomendada, o que correspondeu a 0,18 folhas dia<sup>-1</sup>, enquanto a testemunha apresentou TApF de 0,16 folhas dia<sup>-1</sup>. Nas variáveis número de perfilhos por vaso, número de perfilhos por planta, e massa seca não se verificaram diferenças estatisticamente significativas para a presença ou ausência de calagem. Na presença de calagem a produção de perfilhos por vaso correspondeu a 43,7; enquanto, na ausência de calagem a produção correspondeu a 40,9 perfilhos por vaso. O número de perfilhos por planta na presença de calagem correspondeu a 10,9, enquanto na ausência de calagem a produção correspondeu a 10,2. Na presença de calagem a produção de massa seca total correspondeu a 20,3 gramas por vaso; enquanto na ausência de calagem a produção de massa seca correspondeu a 20,1 gramas por vaso. As variáveis número de perfilhos por vaso, número de perfilhos por planta, e massa seca apresentaram diferença estatisticamente significativa com a adubação. O número de perfilhos por vaso apresentou comportamento quadrático e o ponto de máximo (62,2 perfilhos por vaso) ocorreu em resposta à aplicação de 246,9%

da dose recomendada. Porém, dentro do intervalo estudado a máxima produção foi em 200% (60,7 perfilhos por vaso); enquanto a testemunha apresentou produção de 14,9 perfilhos por vaso. Na produção de perfilhos por planta ocorreu comportamento quadrático com ponto de máximo que ocorreria na dose de 257% com a produção de 16 perfilhos planta<sup>-1</sup>. Dentro do intervalo estudado, o máximo produzido apresentou-se em 200% da dose recomendada com produção de 14,44 perfilhos planta<sup>-1</sup>. A produção de massa seca apresentou resposta linear crescente com o aumento das doses, a testemunha apresentou produção de 9,38 gramas de massa seca por vaso, enquanto a dose de 200% da recomendação apresentou produção de 29,4 gramas de massa seca por vaso.

Lima Filho (2017), em Labrea, Amazonas, estudou, no período de outubro a abril, o efeito da aplicação da dose de 7.522 kg ha<sup>-1</sup> de calcário recomendada pela 5ª Aproximação da recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes de Minas Gerais, em conjunto com a aplicação de 50, 75 e 125% da dose recomendada em *Urochloa humidicola*. O calcário utilizado foi o calcário dolomítico (PRNT 92,54%), incubado por 90 dias. O experimento foi conduzido em vasos, mantidos em casa de vegetação. Na avaliação da saturação por bases do solo, o valor inicial era de 6,74%, porém, não foi informado no trabalho a V% atingida após a calagem. Na aplicação de 50% da dose recomendada, os resultados de número de perfilhos (8,45 perfilhos vaso<sup>-1</sup>) e número de folhas (10,80 folhas perfilho<sup>-1</sup>) apresentaram-se superiores às demais aplicações. Na testemunha, os resultados para número de perfilhos por vaso e número de folhas por perfilho corresponderam a, respectivamente, 2,33 e 5,00. Na aplicação de 100, 75 e 125% da dose, os resultados para número de perfilhos foram estatisticamente semelhantes entre si (6,09; 4,37 e 4,20 perfilhos vaso<sup>-1</sup>). No número de folhas por perfilho, padrão semelhante de resultado foi observado, sendo que a aplicação de 100, 75 e 125% da dose resultou em números de folhas por perfilhos estatisticamente semelhantes entre si (7,40; 7,80 e 8,00 folhas perfilho<sup>-1</sup>). Na produção de massa seca não ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre as doses de calcário aplicadas, sendo 10,4 gramas de massa seca por vaso aplicação de 100% da dose, 12,1 gramas de massa seca por vaso em 50% da dose, 10,7 e 10,0 gramas de massa seca por vaso em 75 e 125% da dose, respectivamente. Nas aplicações de calcário, os resultados se mostraram estatisticamente superiores à testemunha que apresentou produção de 5,9 gramas de massa seca por vaso.

A avaliação dos efeitos de dois sistemas de práticas de correção do solo nos atributos e produção de capim Marandu (*Urochloa brizantha*), foi conduzida por Amorim (2017), em Francisco de Sá, Minas Gerais por dois anos após a correção (outubro de 2013 a novembro de 2015). O sistema 1 consistiu na adição de  $1.200 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário e  $750 \text{ kg ha}^{-1}$  de óxido de cálcio e magnésio, incorporados na camada de 0-20 e incubados por um ano. O sistema 2 foi implantado em duas áreas, uma área não irrigada e uma irrigada por pivô central com aplicação de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de óxido de cálcio e magnésio incorporados na camada de 0-20 e incubados por um ano. As fontes utilizadas foram calcário calcinado (PRNT de 105%, 33% CaO e 19% MgO) e óxido de cálcio e magnésio (PRNT de 180 %, 60% CaO e 30% MgO). A V% inicial do solo camada 0-10 e 10-20 cm era de 37 e 32%, respectivamente. A aplicação de calcário elevou a V% para 54% na camada de 0-10 cm e 48% na camada de 10-20 cm. A aplicação de óxido de cálcio e magnésio elevou a saturação por bases para 54% na camada de 0-10 cm e 49% na camada de 10-20 cm no sistema 1. Na testemunha, a saturação por alumínio correspondeu a 30,67% e 57% nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. A aplicação de calcário ajustou a saturação por alumínio para 7 e 15% nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. A aplicação de óxido de cálcio e magnésio ajustou a saturação por alumínio para 11 e 19% nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. O  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  da testemunha era de 4,73 na camada de 0-10 cm e 4,70 na camada de 10-20 cm, a aplicação de calcário e óxido de cálcio e magnésio não alteraram significativamente o pH do solo, mantendo-os com a aplicação de calcário em 5,13 e 5,10 para as camadas de 0-10 e 10-20 cm. Com a aplicação de óxido de cálcio e magnésio, o pH manteve-se em 4,8 e 4,77 nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. A produção de massa seca da parte aérea correspondeu a  $9.033 \text{ kg ha}^{-1}$  na adição de calcário e  $9.336 \text{ kg ha}^{-1}$  na adição de óxido de cálcio e magnésio, sendo estatisticamente semelhantes entre si. Os resultados de massa seca obtidos na testemunha não foram apresentados. A aplicação dos corretivos promoveu uma elevação na percentagem de cátions trocáveis da CTC total do solo o que resultou em incremento médio de 9,03% e 15,65% em cálcio; 6,21% e 5,32% em magnésio e 1,69% e 2,26% em potássio nas camadas de 0-10 e 0-20 cm, respectivamente, para o tratamento com calcário em relação à testemunha. No segundo sistema a V% da testemunha apresentou-se em 38 e 30% nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. A aplicação de óxido de cálcio em área não irrigada elevou a V% para 76 e 61%, enquanto na área irrigada a V%

variou para 91 e 88%. Na testemunha a saturação por alumínio era de 32 e 48%, respectivamente, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, na área não irrigada, com a presença de adubação a saturação por bases passou a ser 5,67 e 9,00% nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Na área irrigada a saturação por alumínio foi 0% em ambas as camadas. O  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  da testemunha era de 5,00 e 4,70 para as camadas de 0-10 e 10-20 cm. Com a adubação na ausência de irrigação o pH foi de 5,07 e 4,98 nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, não apresentando diferença estatística em comparação à testemunha, enquanto na presença de adubação e irrigação o pH foi de 6,69 e 6,64 para as camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. Nas avaliações em sequeiro a produção de massa seca foi de 9.670,0 kg ha<sup>-1</sup> de MS, enquanto na presença de irrigação a produção foi de 11.538,8 kg ha<sup>-1</sup> de MS, porém não há como comparar com a situação inicial pois não foram apresentadas informações de produção da testemunha.

Costa *et al.* (2021), em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, estudaram, no período de setembro a novembro, os efeitos da aplicação de fosfato natural reativo de Bonito nas profundidades: 0 cm (superfície), 10 cm, 20 cm, 30 cm, combinada à saturações por bases de 40%, 50%, 60%, além de uma avaliação sem a adição de calagem, em capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*). O experimento foi conduzido em vasos, mantidos em condição de campo. Como fonte de aplicação utilizou-se calcário dolomítico (PRNT= 100%, CaO = 28%, MgO = 21,5%, PN = 103%), nas doses de 580 kg ha<sup>-1</sup> para saturação por bases de 40%, 930 kg ha<sup>-1</sup> para saturação por bases de 50% e, 1.290 kg ha<sup>-1</sup> para saturação por bases de 60%, incubados por 35 dias. A adubação realizou-se com 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia e 60 kg ha<sup>-1</sup> de KCl. Na avaliação de saturação por bases a condição inicial do solo era de 23,3% de saturação por bases. Os resultados para profundidade de aplicação do fosfato reativo de Bonito não apresentaram diferença estatisticamente significativa nas variáveis massa seca total e na relação folha/colmo, se comparadas à testemunha. Na aplicação de fosfato em superfície, e nas profundidades de 10, 20 e 30 cm as produções respectivas corresponderam a 1,80, 1,77, 1,57, 1,74 gramas de matéria seca por vaso, enquanto a testemunha apresentou produção de 1,79 gramas de matéria seca por vaso. Na relação folha/colmo os resultados foram de 1,4 para a testemunha, 1,42 na aplicação de fosfato em superfície e 1,41, 1,42 e 1,43 nas profundidades de 10, 20 e 30 cm. A aplicação de calcário apresentou diferenças estatisticamente significativas para as variáveis produção de massa seca e relação folha/colmo se comparadas à



testemunha. Na V% de 40% o resultado se mostrou estatisticamente superior às demais saturações por base com a produção de 1,93 gramas de matéria seca por vaso. Na V% de 50% o resultado foi estatisticamente semelhante à testemunha na produção de massa seca com produção de 1,14 gramas de massa seca por vaso e 1,35 gramas de massa seca por vaso, respectivamente. Na V% de 60% o resultado foi estatisticamente inferior às demais saturações por bases, com a produção de 0,60 gramas de massa seca por vaso. Foi observada interação estatisticamente significativa entre as doses de calcário e as profundidades de aplicação de fósforo para as variáveis comprimento de folhas e número de perfilhos. No comprimento das folhas o resultado foi estatisticamente superior nas combinações de: ausência de calagem e de fosfato (0,0465 m), ausência de calagem com aplicação de fosfato em superfície (0,0415 m) e ausência de calagem com fosfato aplicado em 10 cm (0,0341 m). A combinação de ausência de calagem e aplicação de fosfato nas profundidades de 20 cm (0,0196 m) e 30 cm (0,0280 m), V% de 50% com aplicação de fosfato nas profundidades de 20 cm (0,0308 m) e 30 cm (0,0364 m) e na V% de 60% com a aplicação de fosfato em todas as profundidades (0,0248, 0,0261, 0,0244, 0,0276, 0,0243 m) os resultados foram estatisticamente iguais entre si e inferiores às demais combinações. O número de perfilhos foi estatisticamente superior nas combinações de: ausência de calagem e de fosfato (3,0 perfilhos por vaso), ausência de calagem com aplicação de fosfato em superfície (2,67 perfilhos por vaso) e ausência de calagem na profundidade de 10 cm (1,0 perfilhos por vaso), V% de 40% com aplicação de fosfato em todas as profundidades (2,33, 2,33, 2,22, 3,11 e 3,78 perfilhos por vaso), V% de 50% na ausência de fosfato (1,33 perfilhos por vaso), V% de 50% com aplicação de fosfato em superfície (1,67 perfilhos por vaso), V% de 50% com aplicação de fosfato a 10 cm de profundidade (2,11 perfilhos por vaso) e V% de 60% com aplicação de fosfato a 10 cm de profundidade (0,22 perfilhos por vaso). Nas combinações: ausência de calcário e aplicação de fosfato em 20 e 30 cm (0,00 e 0,67 perfilhos por vaso, respectivamente), V% de 50% nas profundidade de 20 e 30 cm (0,22 e 1,22 perfilhos por vaso, respectivamente), na V% de 60% na ausência de fosfato (0,00 perfilhos por vaso), e em superfície, 20 e 30 cm (0,33, 0,33 e 0,33 perfilhos por vaso, respectivamente) os resultados foram estatisticamente iguais entre si e inferiores às demais combinações.

Vieira (2023), em Lages, Santa Catarina, estudou, nos meses de dezembro de 2022 a fevereiro de 2024, os efeitos da adição de calagem e calagem combinada à

adubação de fosfato monoamônico (MAP) em pastagem natural. O solo anteriormente à adição de calagem apresentou  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  de 4,8 e V% de 14,96%. Na correção do solo realizou-se a aplicação de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico PRNT (85%), incubados por 60 dias. A adubação era composta por  $95 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de K e  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de P. Nas parcelas que se avaliou a adição de calcário +MAP aplicaram-se  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  de MAP. Na avaliação da cobertura da área, as plantas foram classificadas de acordo com a presença de: palha fina, palha grossa e plantas indesejáveis como carqueja (*Baccharis trimera*) e caraguata (*Eryngium horridum*). A porcentagem de gramíneas de palha fina foi de 77,34% na testemunha, 70,38 na presença de calcário e 49,03 na presença de calcário + MAP. A porcentagem de gramíneas de palha grossa foi de 15,06% na testemunha, 23,45% na presença de calcário e 46,33% na presença de calcário + MAP. A presença de carqueja foi de 6,49%, na testemunha, 8,2% na presença de calcário e 3,65 em calcário + MAP, enquanto a planta caraguata apresentou 36% de presença na testemunha e na aplicação de calcário e 0,87% na presença de calcário+MAP. Na produção de massa seca total a testemunha apresentou produção de  $1.956,42 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, enquanto na presença de calcário ocorreu a produção de  $2.120,02 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, correspondendo ao incremento de 7% em relação à testemunha. A produção na combinação de calcário e MAP correspondeu a  $2.076,25 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, correspondendo ao incremento de 5% em relação à testemunha. A altura das pastagens na testemunha apresentou resultado de 0,1377 m; na presença de calcário a altura foi de 0,162 m, e na presença de calcário + MAP foi de 0,164 m de altura.

Em Alta Floresta, Mato Grosso, Buchelt e Zandonadi (2018) avaliaram, no período de outubro de 2007 a março de 2010, os efeitos da aplicação das doses de 0, 400, 800, 1.600,  $3.200 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico,  $1.600 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico + NPK ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) e  $1.500 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso agrícola + NPK ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) na produção de capim Marandu (*Urochloa brizantha*). Como fontes para a adubação, utilizaram-se sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. Na avaliação inicial, a V% do solo era de 21%. Para elevar a saturação por bases à 45%, foram aplicados  $1.600 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico. A produção de massa seca apresentou diferença estatisticamente significativa entre as doses aplicadas. A produção da testemunha correspondeu a  $25.200 \text{ kg ha}^{-1}$  de massa seca. A maior produção estatisticamente significativa ocorreu em resposta à aplicação

de gesso agrícola + NPK com 35.100 kg ha<sup>-1</sup> de MS, correspondendo ao incremento de 28% em relação à testemunha. Na aplicação de calcário+ NPK a produção apresentou resultados de 33.200 kg ha<sup>-1</sup> de MS, correspondendo ao incremento de 24% em comparação à testemunha e déficit de 5% em relação à aplicação de gesso+NPK. A produção de massa seca nas parcelas que receberam apenas calcário apresentaram resultados respectivamente de 28.100, 27.300, 25.600, 26.200 kg ha<sup>-1</sup> de MS nas doses de 400, 800, 1.600 e 3.200 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico.

Andrade *et al.* (2018), em Paraguaçu Paulista, São Paulo, avaliaram, no período de setembro a novembro, os efeitos da aplicação de fontes de N associadas à calagem, distribuídos nas combinações: testemunha; ureia + calagem; ureia - calagem; nitrato de amônio + calagem; nitrato de amônio – calagem; nitrocálcio + calagem; nitrocálcio – calagem, aplicados em capim Tanzânia (*Megathyrus maximus*). O experimento foi conduzido em vasos, mantidos em condição de campo. A correção realizou-se utilizando calcário dolomítico (PRNT= 83,44; CaO = 31,33%; MgO = 18,05%) em quantidade para elevar a V% de 58 a 70%, incubado por 30 dias. A adubação nitrogenada foi realizada 25 dias após a implantação do experimento, com a adição de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N das respectivas fontes. Nas variáveis massa seca e número de perfilhos, a aplicação de N apresentou diferença estatisticamente significativa em comparação à testemunha. Porém, a aplicação de calcário não apresentou diferença significativa das aplicações de N avulsas. Por sua vez, a produção da testemunha correspondeu a 2,93 gramas de massa seca por vaso, a produção de massa seca na presença de ureia correspondeu a 15,24 gramas de massa seca por vaso na presença de calagem e 15,57 gramas de massa seca por vaso na ausência de calagem. Nas aplicações de nitrato de amônio, a presença e ausência de calagem resultaram nas produções respectivas de 16,94 e 18,56 gramas de massa seca por vaso. Na presença de nitrocálcio, com e sem a aplicação de calagem, a produção foi de 15,61 e 15,73 gramas de massa seca por vaso, respectivamente. O número de perfilhos da testemunha correspondeu a 9 perfilhos por vaso. As aplicações com ureia produziram 23 e 22 perfilhos por vaso na presença e ausência de calagem, respectivamente. Com aplicações de nitrato de amônio e nitrocálcio a produção de perfilhos, na presença e ausência de calagem, correspondeu a 24, 22, 23 e 22 perfilhos por vaso, respectivamente.

Em Araguatins Tocantins, Souza *et al.* (2021) avaliaram, no período de novembro a abril, a aplicação de fósforo nas doses de 0, 30, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

na presença e ausência de calagem, em capim Mombaça (*Megathyrsus maximus*). Na correção do solo, a fonte utilizada foi calcário dolomítico (PRNT 80%), aplicado na dose de  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , incubado por 70 dias. Como fonte de fósforo utilizou-se superfosfato simples. Na situação inicial do solo, a V% era de 62,02%; porém não foi informada a V% após a aplicação do calcário. Na variável altura de plantas, não ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre a presença de fósforo e a presença e ausência de calagem. Na testemunha, a altura de plantas foi de 0,887 m, nas doses de 30, 80 e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  com calagem as alturas corresponderam a 0,912, 0,912 e 0,887 m. Na presença de calagem e ausência de adubação fosfatada a altura correspondeu a 0,962 m, enquanto na ausência de calagem nas doses de 30, 80 e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  as alturas foram de 0,925, 0,937 e 0,925 m. A produção de massa seca apresentou diferença estatisticamente significativa com as aplicações de fósforo, porém não apresentou variações significativas na presença de calcário. Na testemunha e na dose de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de P combinada à ausência de calcário, as produções foram de 2.335,32 e  $1.853,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, respectivamente, sendo estatisticamente iguais entre si e inferiores às demais produções. Na ausência de calcário as doses de 80 e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de P apresentaram, respectivamente, a produção de 2.672,8 e  $2.101,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, sendo estatisticamente iguais entre si e entre as aplicações de fósforo na presença de calagem. A produção de massa seca, na presença de calagem e ausência de fósforo, resultou em  $1.706,44 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, sendo inferior às demais aplicações na presença de calagem. Nas doses de 30, 80 e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de P com adição de calagem as produções corresponderam a 2.426,49, 2.660,16 e  $1.961,57 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, respectivamente.

#### 4.7 Micronutrientes em pastagens

Os micronutrientes, embora requeridos em menores quantidades quando comparados aos macronutrientes, exercem funções essenciais no metabolismo das plantas forrageiras. Esses elementos participam de diversas reações enzimáticas e processos fisiológicos, como a fotossíntese, a respiração, a síntese de proteínas e a formação de tecidos vegetais, sendo indispensáveis para o bom desempenho das espécies forrageiras (Costa, 2024).

O boro nas plantas participa do metabolismo de carboidratos; do transporte de açúcares pela membrana; da síntese de ácidos nucleicos e fito hormônios; e da

germinação de grão de pólen e crescimento do tubo polínico (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).

O cloro atua nas células-guarda durante a abertura e o fechamento dos estômatos (Marschner, 2012). Participa como cofator da enzima ATPase (Geifus, 2018).

O cobre é responsável por ativar a enzima Rubisco na fase bioquímica da fotossíntese (Baracho *et al.*, 2019). Atua como participante da enzima SOD (Superóxido Dismutase), que protege as plantas dos radicais livres (Zhang *et al.*, 2017).

O ferro é constituinte de proteínas que transportam elétrons na cadeia de transporte de elétrons (CTE) da mitocôndria, e é constituinte das proteínas ferredoxina e leghemoglobina e das enzimas catalase e peroxidase (Murgia *et al.*, 2022).

O manganês participa de ligações energéticas entre o ATP e o complexo enzimático requerido na fotossíntese e na fotólise da água (Ávila *et al.* 2006). Atua na ativação das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase e peroxidase, responsáveis pela inativação de radicais livres (Yachandra *et al.*, 1996). Participa da ativação de enzimas que atuam na redução do nitrogênio (Shu *et al.*, 2019), e é cofator constituinte do sistema de formação e ativação das auxinas. (Ma *et al.*, 2022).

O molibdênio atua nas reduções de enxofre e nitrogênio, atuando nas enzimas sulfito redutase e nitrito redutase. (Kovács *et al.*, 2015). Enquanto o níquel é o constituinte da urease (Barcelos *et al.*, 2018).

O zinco é o nutriente responsável por participar da síntese de auxina atuando como cofator enzimático da produção de triptofano. (Ibrahim e Ramadan, 2015). Participa também da redução do nitrogênio, ativando enzimas (Demetin *et al.*, 2007). Atua na SOD e na fase bioquímica da fotossíntese como parte da enzima anidrase carbônica. (Zhang *et al.*, 2018). Atua no metabolismo dos carboidratos, proteínas e ribossomos (Dechen, 1988).

A deficiência de micronutrientes no solo pode resultar em desequilíbrios nutricionais, afetando o vigor das plantas e a qualidade da forragem, portanto, assim como os macronutrientes, é necessário que o sistema solo-planta esteja em equilíbrio.

#### **4.7.1 Efeitos da aplicação de micronutrientes na produção de forragem**

Em Uberlândia, Minas Gerais, no período de novembro a março, Borges (2019) avaliou os efeitos da aplicação de fertilizante foliar (14% de N, 12% de P, 12% de K,

0,38% de Mg, 10,2% de S, 0,24% de Cu, 0,18% de Mn e 0,63% de Zn) na dose de  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  nos capins Marandu (*Urochloa brizantha*), Mulato II (*Urochloa ruziziensis* x *B. decumbens* x *B. brizantha*), Mavuno (*Urochloa brizantha* x *B. ruziziensis*) e BRS Ipyporã (*Urochloa brizantha*). Na aplicação, o adubo foi diluído em 0,5 litro de água e aplicado 42 dias após a emergência das plantas. No momento do plantio, aplicaram-se  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como superfosfato simples. O experimento foi avaliado aos 15 e 45 dias após a aplicação foliar. Na presença de adubação foliar a produção de massa seca total dos capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã correspondeu a 8.398, 7.817, 6.093, 6.419  $\text{kg ha}^{-1}$  de MS, respectivamente, sendo estatisticamente semelhantes a testemunha. A produção de massa seca na ausência de adubação correspondeu a 8.188, 8.175, 5.553 e 7.184  $\text{kg ha}^{-1}$  de MS nos capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã, respectivamente. Nas variáveis Índice de Área Foliar (IAF) e interceptação luminosa, os resultados não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, em comparação à testemunha ou aos valores apresentados para as medições aos quinze ou quarenta e cinco dias pós aplicação em qualquer dos capins avaliados. Aos 15 dias pós aplicação, o IAF dos capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã, na presença de adubação foliar correspondeu aos valores de 5,15, 4,99, 4,36 e 4,53, respectivamente. Na ausência de aplicação foliar o IAF, aos 15 dias correspondeu a 5,03, 4,79, 4,58 e 4,49, respectivamente para os capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã. Aos 45 dias pós aplicação, os capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã apresentaram IAF de 4,22, 5,01, 4,37 e 4,84, respectivamente na presença de adubação foliar, enquanto na ausência de adubação foliar os valores de IAF apresentados nos capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã foram de: 3,20, 6,29, 5,59 e 5,20, respectivamente. Os resultados para interceptação luminosa avaliados aos 15 dias pós aplicação, na presença de adubação foliar corresponderam a 98,52, 98,20, 97,05 e 97,62% nos capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã, respectivamente. Na ausência de aplicação foliar, aos 15 dias, a interceptação luminosa correspondeu a 98,42, 98,10, 97,50 e 97,42% nos capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã, respectivamente. Aos 45 dias na presença de aplicação foliar a interceptação luminosa correspondeu a 82,72, 78,12, 75,27 e 83,50% nos capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã. Na ausência de aplicação foliar a interceptação luminosa foi de 66,22, 91,22, 85,17 e 83,72%, respectivamente para os capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã.

Oliveira (2020), em Serranópolis, Goiás, estudou, no período de dezembro a fevereiro, os efeitos da aplicação de boro nas doses 0, 0,25, 0,5, 0,75 e 1 kg ha<sup>-1</sup> nos capins Zuri (*Megathyrsus maximus*), Massai (*Megathyrsus maximus*), Piatã (*Urochloa brizantha*), Marandu (*Urochloa brizantha*) e MG-5 (*Urochloa brizantha*). No momento da semeadura realizou-se adubação com 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. A aplicação foliar com boro ocorreu aos 30 dias após a emergência. Como fonte de boro aplicou-se o octaborato de sódio (135 g L<sup>-1</sup> de B). A produção de massa seca de parte aérea dos capins nas doses de 0,750 e 1 kg ha<sup>-1</sup> de B não diferiu estatisticamente, mas apresentou-se superior às demais doses. A produção dos capins Zuri, Massai, Piatã, Marandu e MG-5 na aplicação de 0,750 kg ha<sup>-1</sup> resultou em 5.762, 5.913, 6.353, 6.891, 6.849 kg ha<sup>-1</sup> de MS, enquanto na aplicação de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B as produções corresponderam a 5.583, 5.803, 6.267, 6.738 e 6.563 kg ha<sup>-1</sup> de MS. Na dose de 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de B, as produções de massa seca corresponderam a 5.343, 5.395, 5.617, 5.962 e 5.980 kg ha<sup>-1</sup> de MS, resultados estatisticamente inferiores às doses de 0,750 e 1 kg ha<sup>-1</sup> de B e superiores à produção da testemunha (4.299, 4.393, 4.522, 4.969, 4.857 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e à dose de 0,250 kg ha<sup>-1</sup> de B (4.946, 5.074, 5.331, 5.503, 5.323 kg ha<sup>-1</sup> de MS). Os resultados da produção de massa seca de cada capim em função das doses de B indicaram que os capins do gênero *Urochloa* (cv Marandu e MG-5) apresentaram diferenças significativas de produtividade em qualquer das doses de B, aplicadas, se comparadas aos demais capins. O teor de proteína bruta na massa seca apresentou diferenças significativas com a aplicação de boro. No capim Massai, a aplicação de 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de B (12,5% kg<sup>-1</sup> de MS) mostrou resultados estatisticamente semelhantes às doses de 0,75 (15,0% kg<sup>-1</sup> de MS) e 1 kg ha<sup>-1</sup> de B (13,0% kg<sup>-1</sup> de MS). Nos capins Zuri, Piatã, Marandu e MG-5 os resultados na dose de 0,75 kg ha<sup>-1</sup> de B (19,2, 16,2, 17,5, 15,0% kg<sup>-1</sup> de MS) apresentaram-se estatisticamente semelhantes aos obtidos na dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B (17,2, 12,5, 17,0 e 13,2% kg<sup>-1</sup> de MS). Na avaliação do teor de proteína bruta na massa seca nos capins Zuri, Massai, Piatã, Marandu e MG-5 os teores corresponderam a respectivamente, 7,2, 5,5, 7,5, 7,0 e 6,5% kg<sup>-1</sup> de MS na testemunha e 9,8, 9,0, 9,7, 10,8 e 9,5% kg<sup>-1</sup> de MS na dose de 0,250 kg ha<sup>-1</sup>. Os resultados na testemunha e na dose de 0,250 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram-se estatisticamente semelhantes entre si e inferiores às demais doses nos capins Zuri e Piatã. Nos capins Massai, Marandu e MG-5 as respostas da testemunha apresentaram-se estatisticamente inferiores às demais doses.

Teixeira (2016), em Dracena, São Paulo, estudou, em casa de vegetação, no período de agosto a novembro, os efeitos da aplicação de: quelato de zinco nas doses 0, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0, 8,0 l ha<sup>-1</sup>, sulfato de zinco na dose de 4,0 l ha<sup>-1</sup>, coquetel 1 (composto por 3% N, 15% de P, 8% de K, 1% de Mg, 0,2% de B, 0,3% de Cu, 1% de Mn, 0,05% de Mo e 2% de Zn (densidade 1,38 g ml<sup>-1</sup>)) e coquetel 2 (composto por 5% N, 4,3% S, 0,3% B, 0,3% Cu, 3% de Mn e 5% Zn (densidade de 1,34 g ml<sup>-1</sup>)) em capim. Mombaça (*Megathyrsus maximus*) nos solos Neossolo Quartzarênico e Argissolo. O volume de calda preparada para aplicação foi de 200 l ha<sup>-1</sup>. Em cada vaso aplicou-se em média 5 ml por vaso das caldas da solução nutritiva preparada. Em todos os vasos realizaram-se aplicações de 50 ml de solução da adubação composta por 300 mg dm<sup>-3</sup> de N (nitrato de amônio), 180 mg dm<sup>-3</sup> de P (fosfato de cálcio monobásico), 150 mg dm<sup>-3</sup> de K (sulfato de potássio), 61,5 mg dm<sup>-3</sup> de S (sulfato de potássio), 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de B (ácido bórico), 0,1 mg dm<sup>-3</sup> de Mo (ácido molibídico), 3 mg dm<sup>-3</sup> de Mn (sulfato de manganês monohidratado) e 0,25 ml de solução composta por 1 mg dm<sup>-3</sup> de Cu (sulfato de cobre pentahidratado), 10 mg dm<sup>-3</sup> de Fe (sulfato de ferro heptahidratado). As soluções de zinco avaliadas foram aplicadas 17 dias pós germinação e uma semana após cada corte, totalizando 3 cortes. Para a variável perfilhamento não se verificaram diferenças estatisticamente significativas para as doses de Zn. Nos cortes 1, 2 e 3 encontrou-se 31,04, 36,39 e 40,89 perfilhos por vaso na aplicação de quelato de Zn, 35,75, 36,37 e 37,87 perfilhos por vaso na aplicação de sulfato de zinco, 32,35, 36,25 e 41,25 perfilhos por vaso na aplicação do coquetel 1, e 32,25, 37,50 e 40,75 perfilhos por vaso na aplicação do coquetel 2. No perfilhamento do capim no solo Neossolo Quartzarênico e no Argissolo observaram-se diferenças estatisticamente significativas nos cortes. O capim no Argissolo apresentou maior produção de perfilhos nos cortes 1, 2 e 3 (33,20, 39,62 e 44,12 perfilhos por vaso), quando comparado aos capins implantados no Neossolo (28,87, 33,16 e 37,66 perfilhos por vaso). A produção de massa seca total não apresentou diferença significativa com as doses de Zn. A produção de massa seca correspondeu a 80,71, 82,19, 82,61 e 81,70 gramas de massa seca por vaso, respectivamente na aplicação de: quelato, sulfato de zinco, coquetel 1 e coquetel 2. Para a produção no Neossolo e no Argissolo constatou-se diferença estatisticamente significativa para massa seca, no Argissolo (82,52 gramas de massa seca por vaso) apresentou-se estatisticamente superior à do Neossolo (78,90 gramas de massa seca por vaso).



Gonçalves *et al.* (2018), em Seropédica, Rio de Janeiro, avaliaram os efeitos das fontes ulexita, fertilizante organomineral (a base de ulexita e turfa) e boráx aplicada nas doses de 0, 1, 3, 6, 9 e 12 kg ha<sup>-1</sup> de B em capim Marandu (*Urochloa brizantha*) implantado em dois solos (latossolo vermelho amarelo textura argilosa e planossolo háplico textura arenosa). Antes do plantio aplicou-se uma solução contendo todos os nutrientes, com exceção do boro e as fontes de boro foram aplicadas e incorporadas a 10 cm de profundidade antes da semeadura. A adubação de cobertura ocorreu 17 dias após a emergência com 200 mg vaso<sup>-1</sup> de N e 120 mg vaso<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Realizou-se amostragem aos 42 dias após a emergência. Na produção de massa seca não se verificou variação estatisticamente significativa para qualquer das fontes ou doses em ambos os solos. No latossolo vermelho amarelo, as doses de 0, 3, 6, 9 e 12 kg ha<sup>-1</sup> de B pela fonte ulexita apresentaram produção de 45, 48, 50,53 e 54 gramas de massa seca por vaso, enquanto no planossolo háplico os valores de produção dessa fonte corresponderam a 28, 30,31, 33 e 34 gramas de massa seca por vaso. Nos resultados da fonte fertilizante organomineral para as doses 0, 3, 6, 9 e 12 kg ha<sup>-1</sup> de B a produção correspondeu a 48, 50, 52, 54 e 55 g vaso<sup>-1</sup> de MS no latossolo vermelho amarelo, enquanto a produção dessa fonte no planossolo háplico resultou em 30, 32, 33, 34 e 35 0 gramas de massa seca por vaso. A fonte boráx no latossolo vermelho amarelo, quando aplicada nas doses de 0, 3, 6, 9 e 12 kg ha<sup>-1</sup> de B atingiu produção de 47, 52, 54, 56 e 57 g vaso<sup>-1</sup> de MS, enquanto no planossolo háplico resultou respectivamente, 32, 34, 35, 36 e 37 gramas de massa seca por vaso.

#### **4.9 A adubação em pastagens integradas**

A integração de sistemas agropecuários é uma modalidade de produção que busca integrar componentes agrícolas, pecuários e florestais em um mesmo local, o que permite diferentes arranjos (Rhoden e Scherer, 2022). Essa forma de uso do solo potencializa o uso dos recursos naturais e eleva a produtividade e a rentabilidade por unidade de área (Maccari, 2016). Esse sistema permite diversificar a produção, pois combina a rotação de culturas, a recuperação do solo e das pastagens degradadas com o aumento da eficiência de uso dos recursos (Moraes *et al.*, 2014).

As pastagens dos sistemas integrados apresentam dinâmicas diferentes quando comparada às pastagens convencionais. Isso acontece devido ao sinergismo entre os componentes dos sistemas produtivos (Carvalho *et al.*, 2010). Dessa forma,

o manejo da adubação acontece visando todo o sistema e não mais apenas a cultura isolada (Assmann *et al.*, 2018), o que resulta em um sistema de produção menos intensivo no uso de nutrientes, pois considera não mais somente a adubação, mas também a ciclagem promovida pela atividade biológica do solo (Assmann *et al.*, 2018).

O manejo da adubação dentro de sistemas integrados prioriza a adubação da pastagem no inverno visando a produção animal e a cultura subsequente através da ciclagem dos nutrientes, o que permite a antecipação da adubação da cultura de grãos, minimizando os custos de produção e os impactos ambientais (Assmann *et al.*, 2018; Bortolli, 2016; Sartor *et al.*, 2014).

Bonini *et al.* (2016), em Andradina, São Paulo, avaliaram, após dois anos da implantação do sistema integrado, a produção de capim Marandu (*Urochloa brizantha*) e os atributos físicos e químicos do solo nos seguintes sistemas de produção: Integração Lavoura Pecuária (ILP), Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) em duas conformações do componente floresta, ILPF (1) com árvores de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*, clone I-224) plantadas em linhas simples, com distância entre linhas de 17 a 21 m e entre plantas de 2 m, na densidade de 200 árvores ha<sup>-1</sup> e ILPF (2), com árvores de eucalipto plantadas em linhas triplas, em espaçamento de 3x2 m, e espaçamento entre linhas triplas de 19 m, em média, na densidade de 500 árvores ha<sup>-1</sup>; e plantio exclusivo de eucaliptos, em espaçamento 3x2 m. As correções e adubações no componente floresta realizaram-se no momento da implantação, a qual ocorreu no mês de julho do ano 0, com 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de calcário, 700 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, 350 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (04-30-16) na cova e adubação de cobertura de 37 kg ha<sup>-1</sup> de N, 3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B em volta da coroa das mudas. Em dezembro do ano 0, realizou-se a semeadura da cultivar de soja BMX com 300 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 04-30-16. Após 45 dias, efetuou-se adubação de cobertura com 200 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 00-20-20. A colheita ocorreu em maio do ano 1. O híbrido de milho DKB 390 e o capim Marandu foram semeados em dezembro do ano 1, com adubação de 310 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 08-28-16. Aos 20 dias após a emergência do milho, realizou-se a adubação de cobertura com 92 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia. A colheita do milho ocorreu em março do ano 2, tendo-se deixado o capim para o estabelecimento da pastagem. Em outubro do ano 2 realizaram-se os cortes de avaliação e a nova análise de solo. No momento da implantação no ano 0, o solo apresentava teor de matéria orgânica de 15 g dm<sup>-3</sup>, P (método de resina) de 3 g dm<sup>-3</sup>, pH (CaCl<sub>2</sub>) 4,8, K, Ca e Mg de 1,8, 7 e 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e H+Al de 19 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, e a V%

era de 42%. A análise de solo do ano 2 indicou incremento nos teores de MO, Ca, Mg e P do solo em comparação com a análise inicial. Verificou-se também diferença significativa entre os sistemas estudados para MO, P, K e Mg. A matéria orgânica no sistema ILP correspondeu a  $21 \text{ g dm}^{-3}$  e mostrou-se superior ao sistema que apresentava apenas eucaliptos ( $15 \text{ g dm}^{-3}$ ). Os sistemas ILPF 1 e 2 apresentaram matéria orgânica de  $20 \text{ g dm}^{-3}$  e mostraram-se estatisticamente semelhantes aos demais. A quantidade de fósforo presente no solo mostrou-se estatisticamente superior em ILP ( $15 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Os sistemas ILPF 1 e 2 e apenas floresta apresentaram fósforo de 9, 7 e  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  respectivamente, e mostraram-se estatisticamente semelhantes entre si e inferior ao ILP. O magnésio do solo mostrou-se superior aos demais no sistema ILP ( $9,42 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). O ILPF 2 apresentou magnésio de  $9,04 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , sendo estatisticamente semelhante ao ILP e ao ILPF 1 ( $7,45 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). O sistema ILPF1 mostrou-se semelhante ao ILPF 2 e ao componente florestal isolado. Esse componente florestal apresentou  $6,79 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg. O potássio no solo mostrou-se estatisticamente superior aos demais no componente florestal isolado, com  $2,38 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . ILP, ILPF 1 e 2 apresentaram potássio de 1,28, 1,45 e  $1,51 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente, sendo estatisticamente semelhantes entre si. O teor de cálcio não apresentou diferença significativa entre os sistemas, porém mostrou-se superior à análise inicial, correspondendo a 14, 11, 12 e  $13 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente para ILP, ILPF 1 e 2 e apenas floresta. A produção de forragem não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os sistemas e correspondeu a 9.903, 9.090 e  $9.167 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS nos sistemas ILP, ILPF 1 e 2, respectivamente.

Maccari (2016), em Abelardo Luz, Santa Catarina, pesquisou no período de outubro de 2012 a abril de 2014 as influências do manejo das pastagens de sorgo forrageiro integrado à Papuã (*Brachiaria plantaginea*) e aveia preta na nutrição nitrogenada do milho em sistemas de Integração Lavoura Pecuária (ILP). O sistema foi conduzido em três ciclos produtivos, sendo a fase I a implantação da pastagem de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) e Papuã (*Urochoa plantaginea*); e a fase II a produção da aveia preta (*Avena strigosa*); e a fase III o cultivo do milho. Os objetivos do ciclo 1 e 2 foram de avaliar a produção de pastagens submetidas à adubação nitrogenada (0 e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) e à altura do dossel (30 e 60 cm no ciclo 1 e 15 e 30 cm no ciclo II). No ciclo III, estudou-se a interação entre os fatores: altura de dossel da pastagem (AA - Alta Altura e BA - Baixa Altura), adubação nitrogenada aplicada na

pastagem (0 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N), doses de N aplicadas no milho (0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) e dias após semeadura do milho (46, 53, 60, 67, 76 e 103). O sorgo (híbrido ADV 2800 (bmr)) foi implantado no ano 0 em sistema de plantio direto após dessecação da cobertura da área. A pastagem de papuã reestabeleceu-se no ano 0 utilizando o banco de sementes do solo. A adubação de implantação correspondeu a 530 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (08-20-20) (42,4 kg ha<sup>-1</sup> de N, 106 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 106 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). A adubação de cobertura correspondeu a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicado na forma de ureia. O período de avaliação dessa pastagem foi de 65 dias, considerados em 3 ciclos de aproximadamente 22 dias. Não se verificou interação significativa entre altura do dossel e as doses de adubação nitrogenada para qualquer parâmetro avaliado. A massa de forragem apresentou variação significativa para as variáveis altura de dossel e período de avaliação. Na altura de dossel de 60 cm, a produção de massa seca correspondeu a 4.896,03 kg ha<sup>-1</sup> de MS, e na altura de 30 cm, correspondeu a 4.299,32 kg ha<sup>-1</sup> de MS. No terceiro período de avaliação, compreendido entre 22/03 e 12/04, foi obtida a produção de 5.233 kg ha<sup>-1</sup> de MS, sendo estatisticamente superior ao primeiro período avaliado (08/02 a 01/03) (4.022 kg ha<sup>-1</sup> de MS). O segundo período avaliado apresentou produção de aproximadamente 4.600 kg ha<sup>-1</sup> de MS, não diferindo significativamente entre períodos 1 e 3. A composição do pasto no primeiro período foi de aproximadamente 28% de colmos de sorgo, 32% de folhas de sorgo, 18% de material morto e 15% de papuã. No segundo período de avaliação, a composição correspondeu a aproximadamente 24% de colmos de sorgo, 5% de folhas de sorgo, 17% de material morto e 50% de papuã. No terceiro período aproximadamente 17% eram de colmos de sorgo, 3% folhas de sorgo, 20% material morto e 55% de papuã. Para o segundo ciclo produtivo, a pastagem de sorgo e papuã foi dessecada e após 7 dias da dessecação realizou-se a semeadura da aveia em sistema de plantio direto. Não se realizou adubação de plantio, porém, dois meses após a semeadura, realizou-se a adubação de cobertura com 200 kg ha<sup>-1</sup> de N nas parcelas em que essa variável era analisada. Esse pasto foi avaliado em dois períodos, sendo o primeiro de 09/07 a 08/08 e o segundo de 09/08 e 06/09. Observou-se interação significativa entre adubação nitrogenada e altura de dossel para a quantidade de folhas verdes e material morto. No pasto mantido a 30 cm com adubação nitrogenada, a porcentagem de folhas correspondeu a aproximadamente 23%, sendo estatisticamente inferior à porcentagem de folhas apresentada pelo pasto mantido a 30 cm na ausência de

adubação nitrogenada (aproximadamente 37%). A porcentagem de material morto mostrou-se maior no pasto mantido a 30 cm na presença de adubação nitrogenada (aproximadamente 72%). Na ausência de adubação, a porcentagem de material morto correspondeu aproximadamente a 54%. No pasto mantido a 15 cm na ausência de adubação nitrogenada, a proporção de folhas correspondeu a 30%, resultado estatisticamente semelhante ao apresentado no pasto a 15 cm com adubação nitrogenada (30% de folhas). No pasto mantido a 15 cm, a proporção de material morto correspondeu a 60% na presença e ausência de adubação nitrogenada. O percentual de colmos apresentou variação significativa com a adubação nitrogenada e os períodos de avaliação. Com a utilização de 0 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, as porcentagens de colmo foram de 11,26% e 7,18%, respectivamente. No primeiro período de avaliação, a porcentagem de colmo correspondeu a 13,73% e no segundo a 4,71%. A massa de forragem não apresentou variação significativa com a adubação nitrogenada no primeiro período de avaliação, sendo 2.820 kg ha<sup>-1</sup> de MS na ausência de adubação e 3.298 kg ha<sup>-1</sup> de MS na presença de adubação. No segundo período de avaliação observou-se redução significativa da massa de forragem. Na ausência de adubação nitrogenada, a massa de forragem variou de 2.820 para 1.212 kg ha<sup>-1</sup> de MS (redução de 57%). Na presença de adubação nitrogenada, a variação foi de 3.298 para 912,49 kg ha<sup>-1</sup> de MS (redução de 72,4%). O terceiro ciclo produtivo iniciou-se com a implantação da lavoura de milho após dessecação do pasto de aveia preta. Na adubação de implantação do milho, utilizaram-se 400 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (08-20-20), o que corresponde a 32 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A adubação nitrogenada na cultura do milho realizou-se em dose única, 34 dias após a semeadura, utilizando como fonte a ureia, aplicada de acordo com as doses de N estabelecidas. Os cortes para avaliação realizaram-se aos 46, 53, 60, 67, 76 e 103 dias após a semeadura. Observou-se efeito significativo na MS acumulada e no teor de N na planta para as épocas de aplicação do N (nitrogênio aplicado nas pastagens (NP) e nitrogênio aplicado somente na cultura do milho (NG)), as doses de N aplicadas no milho e dias após a semeadura. Utilizando o NP, a MS acumulada correspondeu a 17.900 kg ha<sup>-1</sup> e, quando o N aplicou-se somente na cultura (NG), o acúmulo de MS reduziu para 15.900 kg ha<sup>-1</sup>, resultando em diferença de acúmulo de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de MS. O teor médio de N na cultura correspondeu a 1,85% para NP e de 1,65% para NG. Durante o desenvolvimento da cultura, a MS acumulada variou de 1.850 a 16.940 kg ha<sup>-1</sup> de MS e o teor médio de N variou de 25,5 g kg<sup>-1</sup> a 10,1 g kg<sup>-1</sup> dos 46

aos 103 DAS, respectivamente. Independente da utilização de NP ou NG, quando se aplicou o N em cobertura na cultura do milho, verificou-se incremento linear na produção de MS e nos teores de N na planta inteira. O maior acúmulo de MS ( $18.249,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ), atingiu-se na maior dose de N aplicada, os teores de N na planta inteira atingiram os maiores níveis quando se aplicou aproximadamente  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  (1,99%). Na testemunha sem adubação, a produção correspondeu a  $15.768,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS e a 1,45% de N acumulado na planta inteira. Observou-se significância da interação entre altura de dossel e as épocas de aplicação de N. Nos pastos mantidos em alta altura (AA) (60 cm na fase I e 30cm na fase 2), na ausência de adubação nitrogenada nas pastagens (NG) a massa seca acumulada mostrou-se estatisticamente menor ( $6.900 \text{ kg ha}^{-1}$ ) quando comparada aos pastos mantidos em baixas alturas (30 e 15 cm) com (NP) ( $7.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e sem nitrogênio na pastagem (NG) ( $7.300 \text{ kg ha}^{-1}$ ). O pasto em AA e NP apresentou produção estatisticamente semelhante à BA (NG e NP) com produção de  $7.900 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS. A utilização de NP aumentou os teores de N no milho, independente da utilização do NG. Quando se utilizou o NP o teor de N atingiu  $16,5 \text{ g kg}^{-1}$ , enquanto em NG, o teor de N correspondeu a  $12,7 \text{ g kg}^{-1}$ . Os maiores teores de N obtidos em NP podem ser atribuídos ao efeito residual do NP. A partir da aplicação de N de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , os teores de N encontrados no milho mostraram-se semelhantes em NP e NG.

Lopes *et al.* (2017) avaliaram, em Guarapuava, Paraná, na safra de 2011/2012 o efeito da aplicação de doses de nitrogênio em três épocas (em cobertura na pastagem de inverno; em pré-semeadura e em cobertura no milho) na produtividade de grãos e nos componentes de rendimento do milho, em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA). A parcela principal consistiu nas doses de 0; 75; 150 e  $225 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, aplicados na pastagem de aveia + azevém. Nas subparcelas, utilizaram-se 0 e  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em pré-semeadura do milho, e em cobertura utilizaram-se 0; 75; 150; 225 e  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura no milho, correspondendo aos fatores Inverno (I), Pré-semeadura (aplicado 16 dias antes da semeadura do milho (PS)) e Verão (V), respectivamente. Como fonte de N utilizou-se ureia. A pastagem foi implantada em maio com adubação de base de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , sendo as respectivas fontes o superfosfato triplo e o cloreto de potássio. O pastejo ocorreu no período de agosto a outubro e, logo após a saída dos animais, ocorreram as adubações de pré semeadura e a dessecação da pastagem com herbicida. A semeadura do híbrido de milho (30F53RR) ocorreu no dia

1º de novembro, em semeadura direta sem adubação nitrogenada. Na ausência de aplicação de N no verão, a produtividade alcançada de milho correspondeu a 4.176 kg ha<sup>-1</sup> de grãos. Nas doses de 75, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N no inverno ocorreu produção de 7.248, 8.017 e 11.965 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de milho, respectivamente. Verificou-se aumento de 74, 92 e 186% em comparação à área que não recebeu N em qualquer das épocas. Das doses de N aplicadas no verão, obteve-se respostas lineares na produtividade de grãos com a adubação nitrogenada em pré-semeadura (PS). Assim, com aplicação de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N em pré-semeadura (PS), com 0 kg ha<sup>-1</sup> de N no inverno e no verão, a produtividade de grãos correspondeu a 7.148 kg ha<sup>-1</sup> de grãos. A maior produtividade ocorreu em resposta à: ausência de aplicação de N em pré-semeadura (PS), ausência de aplicação de N no inverno e com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N no verão (V), obtendo-se 13.406 kg ha<sup>-1</sup> de grãos. Na aplicação de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N em pré-semeadura (PS), na ausência de nitrogênio no inverno e com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N no verão (V), obteve-se a produtividade de 12.771 kg ha<sup>-1</sup> de grãos.

Ferrazza (2016), em Pato Branco, Paraná, avaliou, no período de maio de 2013 a abril de 2014, os efeitos da adubação antecipada de potássio em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), na produção de massa seca da pastagem de aveia e azevém e nos rendimentos da cultura da soja. Os fatores estudados consistiram em pasto com presença e ausência de pastejo e as épocas de aplicação de potássio (sendo na soja ou na forrageira). A área utilizada no experimento estava sendo utilizada com SIPA, e nos dois anos anteriores à análise recebeu sucessão de soja no verão e aveia preta e azevém no inverno. A aveia preta (*Avena sativa* cv IAPAR 61) foi semeada em maio de 2013 e o azevém se estabeleceu pelo banco de sementes do solo. A adubação de base correspondeu a 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e a adubação de cobertura realizou-se com 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, aplicados com a fonte ureia. Nas parcelas de pastagem em que K foi avaliado, a adubação potássica (95 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando como fonte o cloreto de potássio) realizou-se em cobertura no início do perfilhamento da aveia e azevém. Na soja a adubação de K ocorreu utilizando 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicado na semeadura, utilizando como fonte o formulado 6-12-16. Em cobertura utilizou-se 35 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio. Nas pastagens em que o pastejo foi utilizado, adotou-se o sistema de pastejo rotativo com entrada a 25 cm de altura e saída a 15 cm de altura. Os animais eram bovinos Charolês com aproximadamente 250 kg de peso vivo. Para a semeadura da soja, no final do mês de outubro de 2013,

realizou-se a dessecação e, na primeira semana de novembro, semeou-se a soja (*Glycine max* cv. Dom Mario 5.9i), a adubação de fósforo para a cultura constou de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Nas produções de massa seca total, massa seca residual e teor de potássio na massa seca não apresentaram significâncias para a interação pastejo x época de aplicação. A produção de massa seca total apresentou variação estatisticamente significativa para o fator pastejo. Nas áreas em que não se realizou pastejo a massa seca ( $9.260 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS) foi superior à produção da área que foi pastejada ( $7.825,60 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS). A época de aplicação não apresentou diferença estatisticamente significativa para esse fator. A aplicação de K na pastagem apresentou produção de  $8.680 \text{ kg ha}^{-1}$ , enquanto a aplicação de K na soja apresentou produção de  $8.405 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS. A massa seca residual apresentou variação significativa no fator pastejo. A área sem pastejo apresentou massa seca residual de  $9.260 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, sendo superior à área pastejada. Na área pastejada a produção de massa seca residual resultou em produção de  $3.833 \text{ kg ha}^{-1}$ . A época de aplicação de potássio não apresentou diferenças significativas para a massa seca residual. Na aplicação de K na pastagem, a massa seca residual correspondeu a  $6.621 \text{ kg ha}^{-1}$ , comparada a  $6.471 \text{ kg ha}^{-1}$  apresentada nas áreas em que K foi aplicado na soja. Na concentração de potássio na massa seca residual não se verificou variação significativa para qualquer dos fatores analisados. Na área que foi pastejada, o teor de K na massa seca residual correspondeu a  $20,1 \text{ g kg}^{-1}$  e nas áreas sem pastejo, o teor foi de  $19,4 \text{ g kg}^{-1}$ . Nas épocas de aplicação de potássio, o teor com a aplicação de K na pastagem correspondeu a  $20,4 \text{ g kg}^{-1}$  em comparação ao  $19,1 \text{ g kg}^{-1}$  obtido com a aplicação de K na soja. O teor de potássio no solo após a fase da pastagem apresentou interação significativa entre pastejo x profundidade de amostragem e entre época de aplicação x profundidade de amostragem. O teor de K apresentou variação estatisticamente significativa na avaliação em profundidade. Na ausência de pastejo, o teor de K na camada de 0-2,5 cm correspondeu a  $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , sendo estatisticamente superior ao teor de K encontrado em profundidade semelhante na presença de pastejo ( $0,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e aos teores nas demais profundidades. As profundidades de 2,5-7,5 cm, 7,5-15 cm e 15-30 cm apresentaram resultados próximos nas áreas com e sem pastejo, correspondendo a, respectivamente 0,45 e 0,40, 0,23 e 0,25 e 0,19 e 0,20  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O teor de K no solo, em conjunto ao fator aplicação na pastagem ou soja, apresentou variação para as profundidades de 0-2,5 e 2,5-7,5 cm. Na camada de 0-2,5 cm na presença de K na pastagem, a concentração



de de K no solo correspondeu a  $0,76 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na aplicação de K na soja, a concentração de K no solo na camada de 0-2,5 correspondeu a  $0,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na profundidade de 2,5-7,5 cm a concentração de K no solo na presença de K na pastagem correspondeu a  $0,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na profundidade de 2,5-7,5 cm a concentração de K no solo na presença de K na soja foi de  $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Independente dos fatores analisados, a concentração de K reduziu conforme o avanço em profundidade. Após aveia e azevém, a concentração de K nas profundidades de 0-2,5, 2,5-7,5, 7,5-15 e 15-30 cm corresponderam a, respectivamente 0,63, 0,44, 0,27 e  $0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . A concentração de K no solo após a soja nas profundidades de 0-2,5, 2,5-7,5, 7,5-15 e 15-30 cm corresponderam foram de, respectivamente 0,55, 0,29, 0,17 e  $0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . A produção de soja não apresentou diferenças estatisticamente significativas para o fator pastejo, sendo  $3.344 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos de soja na ausência de pastejo e  $3.264,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos de soja na presença de pastejo. Também não se verificou significância para a interação pastejo x época de aplicação. A produtividade de grãos na aplicação de K na soja ( $3.439,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos de soja) mostrou-se superior à produção apresentada com a aplicação de K na pastagem  $3.170 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos de soja.

Em Rondonópolis, Mato Grosso, Pires (2024) avaliou a produtividade da soja e da forragem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA), formado por rotação soja-bovinos de corte. Avaliaram-se as estratégias de adubação de: Adubação convencional (fósforo e potássio na semeadura da soja- AC); adubação convencional aplicada em conjunto à adubação nitrogenada na fase de pastagem - AC+N); adubação de sistemas, com P e K na fase pastagem (AS) e; adubação de sistemas em conjunto à adubação nitrogenada na fase pastagem (AS+N). O período de análises abrangeu as safras de 2021/2022 e 2022/2023. A área experimental recebeu sucessão soja-milho por mais de 15 anos até o início do experimento. A integração lavoura pecuária alternou cultivo de soja (*Glycine max*) na safra (outubro a fevereiro), com pastagem de capim Piatã (*Urochloa brizantha*) na segunda safra (abril a agosto). A adubação com P e K foi realizada em duas épocas, de acordo com as avaliações: na segunda safra (quando o pasto possuía 10 cm de altura) ou na safra (na semeadura da soja). As doses corresponderam a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Como fontes de nutrientes, utilizaram-se superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação nitrogenada ocorreu apenas nas parcelas em que se avaliaram N, aplicada na dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  utilizando como fonte o nitrato de amônio, aplicado

em conjunto com 26 kg ha<sup>-1</sup> de cálcio e 10,8 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre. Nas estratégias de adubação ocorreram influências estatisticamente significativas nos níveis de P e K do solo. A concentração de P inicial do solo era de 30,8 mg dm<sup>-3</sup>. As concentrações de P nas adubações AS+N, (65 mg dm<sup>-3</sup>), AS (58 mg dm<sup>-3</sup>) e AC+N (59 mg dm<sup>-3</sup>) apresentaram resultados semelhantes entre si e superiores à adubação convencional (AC) (50 mg dm<sup>-3</sup>). A concentração de P disponível no solo na AS+N apresentou-se 31% superior à AC. A concentração de K inicial do solo era de 69,2 mg dm<sup>-3</sup>, e as concentrações de K no solo, após às adubações AS+N (105 mg dm<sup>-3</sup>) e AS (95 mg dm<sup>-3</sup>) apresentaram-se estatisticamente semelhantes entre si e superiores às demais. A concentração de K na adubação de AC+N (90 mg dm<sup>-3</sup>.) não apresentou diferença estatisticamente significativa das adubações com AS, AS+N e AC (75 mg dm<sup>-3</sup> em todas). A concentração de K disponível no solo apresentou incrementos de 38% se comparada à adubação de sistema nitrogenada (AS+N) e à adubação convencional (AC). A produtividade da forragem e da soja apresentaram diferenças significativas com as adubações. A produtividade da forragem nas adubações AC+N (10.243 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e AS+N (10.582 kg ha<sup>-1</sup> de MS) se mostraram estatisticamente semelhantes entre si e superiores às demais. A adubação convencional (AC) resultou na menor produção (9.021 kg ha<sup>-1</sup> de MS). A adubação AS (9.651 kg ha<sup>-1</sup> de MS) não apresentou diferenças significativas das demais. O rendimento da soja nas adubações de AC+N (4.089 kg ha<sup>-1</sup> de grãos), AS (3.974 kg ha<sup>-1</sup> de grãos) e AS+N (4.055 kg ha<sup>-1</sup> de grãos) apresentaram-se estatisticamente semelhantes entre si e superiores à AC (3.759 kg ha<sup>-1</sup>).

Farias *et al.* (2024), em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, avaliaram a produção de soja e de pastagem em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) constituído por soja e azevém anual pastejado e não pastejado, combinados a dois momentos de aplicação de fertilizantes, sendo o primeiro aplicado na semeadura da soja (adubação da cultura) e o segundo aplicado no estabelecimento da pastagem (adubação do sistema). A avaliação ocorreu na safra de 2017 e 2018. A adubação nitrogenada foi realizada com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia, aplicada uma única vez durante o estabelecimento do azevém. O período de pastejo ocorreu de junho a outubro em ambos os anos avaliados. O pasto foi mantido a 25 cm de altura. Após o período de pastejo o pasto foi dessecado. A semeadura da soja ocorreu após a dessecação e foi realizada em sistema de plantio direto. Para todos os componentes avaliados a interação pastejo x aplicação não foi significativa. A massa de forragem

do pasto apresentou variação significativa para o componente pastejo e para o componente período da adubação. A massa seca nas áreas que não foram pastejadas apresentaram produção de 7.897 kg ha<sup>-1</sup> de MS com a adubação na pastagem e 6.629 kg ha<sup>-1</sup> de MS com a adubação na cultura. A área pastejada apresentou produção de 9.395 kg ha<sup>-1</sup> de MS com a adubação do Sistema e 8.061 kg ha<sup>-1</sup> de MS com a adubação da cultura. Em ambos os sistemas (com e sem pastejo) a maior produção ocorreu na presença da adubação no Sistema. Entre a área pastejada e não pastejada as maiores produções foram para a área pastejada. A produção de soja apresentou significância para a interação pastejo x aplicação, sendo estatisticamente superior na presença de pastejo na aplicação da adubação do sistema (4.537 kg ha<sup>-1</sup> de MS) e na adubação da cultura (4.652 kg ha<sup>-1</sup> de MS). Na ausência de pastejo as produções foram de 2.920 kg ha<sup>-1</sup> de MS com adubação do sistema e 2.877 kg ha<sup>-1</sup> de MS com adubação da cultura.

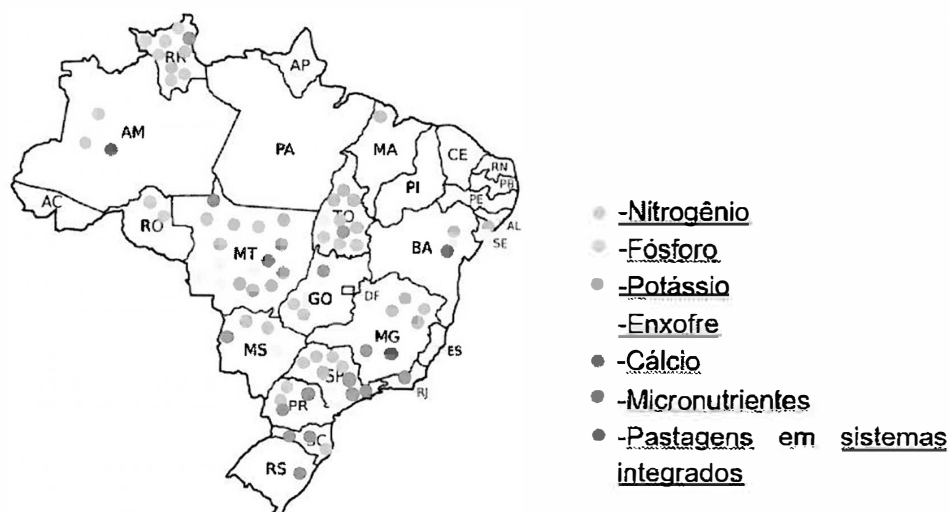
## 5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

No período de 2015-2025, o número total de trabalhos de pesquisa que avaliaram os efeitos da adubação em pastagens tropicais foi de 78. Destes, 24 estudaram nitrogênio, 14 potássio, 11 fósforo, 9 enxofre, 9 envolvendo a prática de calagem, 4 micronutrientes e 6 com relação à adubação em pastagens integradas. O perfil dos estudos, de acordo com o nutriente está ilustrado na Figura 1.



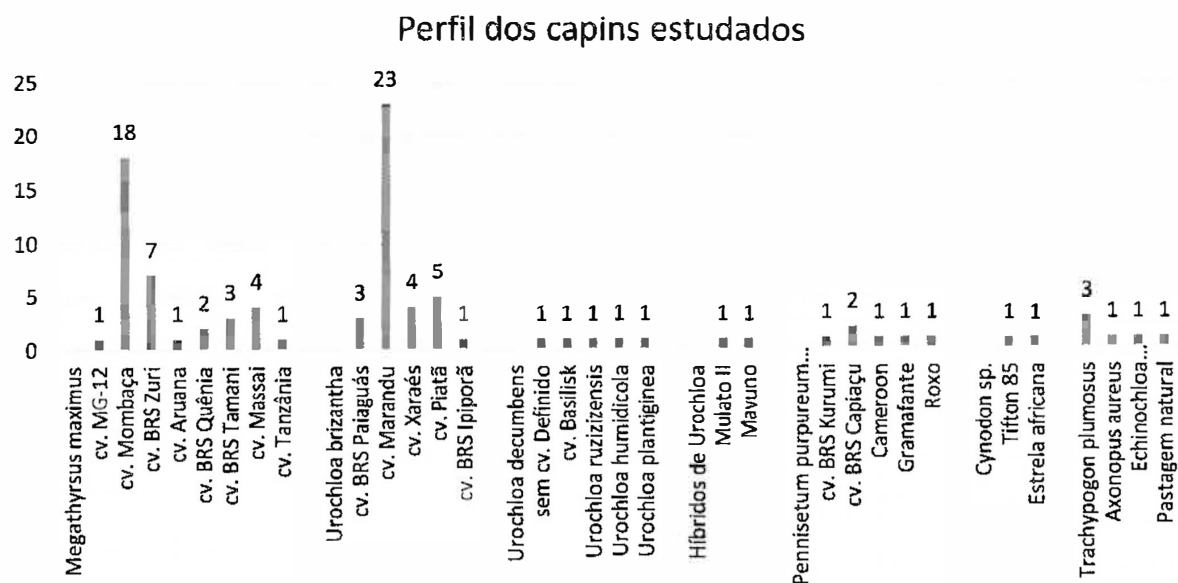
**Figura 1-** Perfil dos artigos por tipo de nutriente  
Fonte: Do próprio autor

Ao se avaliar a distribuição geográfica das pesquisas, verificou-se que a região Centro Oeste liderou o número de estudos, com o total de 24. Destas, 17 foram realizadas no estado do Mato Grosso, 4 no Mato Grosso do Sul e 3 no estado de Goiás. A segunda região com maior número de pesquisas foi a região Norte, que apresentou 24 trabalhos, distribuídos da seguinte maneira: 10 no Tocantins, 9 em Roraima, 3 no Amazonas e 2 em Rondônia. A região Sudeste apresentou 17 pesquisas, com 10 no estado de São Paulo, 6 em Minas Gerais e 1 no Rio de Janeiro. A região Sul totalizou 8 trabalhos, 4 no estado do Paraná, 3 em Santa Catarina e 1 no Rio Grande do Sul, com destaque para as pastagens naturais e pastagens em sistema integrado. A região Nordeste apresentou o menor número de trabalhos (5), sendo, 2 no estado da Bahia, 2 no estado de Sergipe e 1 no estado do Maranhão. A distribuição geográfica, de acordo com o nutriente de estudo estão ilustradas na Figura 2.



**Figura 2-** Distribuição geográfica dos estudos por tipo de nutriente.  
Fonte: Do próprio autor

Ao realizar o levantamento dos capins estudados nas 78 pesquisas, verificou-se que os capins mais frequentes nos estudos são *Megathyrus maximus* cv. Mombaça e *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O perfil completo dos capins avaliados nos estudos está ilustrado na Figura 3



**Figura 3-** Perfil numérico dos capins estudados  
Fonte: Do próprio autor

## 5.1 Nitrogênio

As plantas forrageiras apresentam respostas produtivas à adubação, sendo esse um dos pontos centrais na intensificação da pecuária de maneira equilibrada e sustentável. Os estudos revisados demonstram que a otimização desse recurso depende intrinsecamente do nutriente, da dose, da fonte utilizada, bem como do manejo da pastagem, com variações significativas entre espécies e regiões.

Os trabalhos avaliados apontam que a adubação nitrogenada foi fundamental para o aumento na produção de massa seca. As doses e fontes variaram com a espécie forrageira, o local e o manejo utilizado, porém apresentaram em sua maioria acréscimo de produção. Alguns autores encontraram ponto de máxima resposta bem definidos, enquanto outros observaram potencial produtivo ainda não maximizado. Bono, Rufino e Gonçalves (2019) e Martins, Pereira e Kikuti (2022) encontraram ponto de máxima resposta do capim Marandu nas doses de 120 e 122,4 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em contrapartida, Delevatti *et al.* (2019) e Silva (2015) não identificaram o teto produtivo, registrando respostas lineares em doses superiores a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Essa diferença apresentada para o mesmo cultivar é um indicativo da interação genótipo x ambiente x manejo. Quando a dose de máxima resposta produtiva ocorreu em doses mais baixas (120 kg ha<sup>-1</sup>) em relação às doses mais altas aplicadas sugere que outros fatores limitaram a produção, como pluviosidade, temperatura e/ou características do solo. Por outro lado, o fato das plantas forrageiras apresentarem respostas lineares em doses acima de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N confirmam o elevado potencial produtivo dessas espécies quando o local não apresenta fatores restritivos à produção. O capim Paiaguás (*Urochloa brizantha* cv. Paiaguás) também apresentou resposta linear de produção até a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de N (Nascimento *et al.*, 2019), reforçando o potencial produtivo das plantas forrageiras tropicais quando não há limitante adicional.

No trabalho de Mariani *et al.* (2018) a produção de massa seca em *Megathyrsus maximus* cv. MG-12 apresentou resposta linear com as doses variando de 0 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N. Abreu *et al.* (2020), em *Megathyrsus maximus* cv. Zuri, relataram produção máxima na dose de 647,3 kg ha<sup>-1</sup> de N, mesmo com a adição de doses mais altas. Observaram que embora o capim Zuri tenha atingido sua máxima produção na dose de 647,3 kg ha<sup>-1</sup> de N, a eficiência no uso do nitrogênio foi reduzido com o aumento das doses, sendo inferior a 15% na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> e inferior a 10% na dose máxima de 800 kg ha<sup>-1</sup>. O trabalho de Costa *et al.* (2017) corrobora o apontado

por Abreu *et al.* (2020), já que também apresenta diminuição da eficiência de uso e recuperação do nitrogênio com o aumento das doses aplicadas. Nesse trabalho a eficiência de uso e recuperação apresentadas pela testemunha com a ausência de aplicação de N foram de 67% e 76%, respectivamente, reduzindo para 11% e 24% na máxima dose de N aplicadas. Esses resultados reforçam que mesmo com potencial produtivo elevado, doses altas de fertilizante nitrogenado podem resultar em perdas elevadas, por conta da diminuição no potencial de uso do insumo. Portanto, a recomendação das doses de N deve levar em conta não só a perspectiva de aumento da produção de forragem, mas também a máxima eficiência econômica e ambiental.

A importância do nitrogênio deve ser considerada além da produção de massa seca, pois ele atua como o principal modulador da arquitetura e morfogênese da pastagem, fatores diretamente ligados à capacidade de suporte e persistência das plantas.

Esse nutriente estimula o perfilhamento, que age como indicador da saúde estrutural do pasto. Nascimento *et al.* (2019) e Domingues *et al.* (2021) obtiveram aumentos de 101,6 e 24% na densidade de perfilhos em pastagens, respectivamente. De forma similar, Vilela, Rodrigues e Jesus (2016) e Martins, Pereira e Kikuti (2022) confirmaram o aumento da densidade de perfilhos em Mombaça e Marandu. Contudo, a omissão de fósforo se mostrou mais prejudicial ao perfilhamento que a ausência de N (Jesus, 2021) ressaltando que N atua em conjunto ao P para maior vigor vegetativo.

No eixo vertical, o nitrogênio estimula a expansão celular e o alongamento de folhas e colmos, resultando em maior altura de plantas (Nascimento *et al.*, 2019; Barbosa, 2019; Nascimento *et al.*, 2019). Essa elevação em altura deve ser gerenciada, pois é acompanhada não só pelo crescimento das folhas mas também de colmos (Sales *et al.*, 2016), o que pode comprometer o valor nutritivo da forrageira. Matos (2017) demonstrou que a aplicação única de N minimiza esse efeito, promovendo menor produção de colmos em comparação ao parcelamento (aplicado em duas e quatro vezes).

Fatores morfogênicos, como taxa de aparecimento foliar, taxa de expansão, senescência e filocrono estão diretamente relacionados ao crescimento da planta e consequentemente são influenciados pela adubação. Abreu *et al.* (2020) e Oliveira (2019) observaram maiores taxas de alongamento e aparecimento foliar com o incremento da adubação nitrogenada, fato que diminuiu o filocrono e acelerou a renovação foliar, diminuindo o tempo de vida das folhas. De forma similar aos outros

autores, Sales *et al.* (2016) observaram maior aparecimento de folhas, com acréscimo no número de folhas vivas por perfilho em função do incremento das doses de N na adubação.

O valor nutritivo foi avaliado em poucos trabalhos de pesquisa, no período estudado. Devido ao nitrogênio ser constituinte principal das proteínas, o incremento desse nutriente eleva o teor de proteína bruta nas forragens (Santini *et al.*, 2016; Galindo *et al.*, 2018; Delevatti *et al.*, 2019). Porém, nem todos os trabalhos encontraram correlação entre a adição de nitrogênio e a elevação do teor de proteína. Azevedo (2018) estudou a aplicação das fontes de N em doses que variaram de 0 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de N e os resultados apontaram que não houve aumento nos teores de proteína bruta com o aumento das doses de N. A fibra em detergente neutro (FDN) apresentou variação positiva com o aumento das doses de N nos trabalhos de Galindo *et al.* (2018) e Azevedo (2018), fato que pode estar relacionado ao aumento na produção de colmos das plantas forrageiras testadas. No trabalho de Matos (2017) foi avaliada a interferência da adubação com ureia aplicada de maneira singular e parcelada (aplicação em duas e quatro vezes) no capim estrela africana e foi concluído que o parcelamento não alterou o valor nutritivo da forragem.

A concentração de nutrientes foliares nas plantas após adubação foi avaliada por poucos trabalhos revisados no período. Em todos os trabalhos analisados que avaliaram a influência da adubação nitrogenada na concentração de N foliar, foi verificado que houve incremento em N na concentração foliar com o aumento das doses aplicadas (Costa *et al.*, 2017; Galindo *et al.*, 2018; Santini *et al.*, 2016). No trabalho de Galindo *et al.* (2018), as doses de N variaram de 0 a 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de N e foram aplicadas na forma de ureia e nitrato de amônio, e as avaliações mostraram que a aplicação da dose máxima de nitrato de amônio proporcionou maior acúmulo de N foliar, quando se comparado a ureia com a testemunha (ausência de aplicação de N). Santini *et al.* (2016) avaliaram as fontes ureia, ureia protegida e nitrato de amônio aplicadas nas doses de 0 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, e mostraram que a concentração de N foliar não apresentou variação significativa para as fontes, porém nitrato de amônio apresentou maior valor de N foliar (18,53 g folha<sup>-1</sup>) que ureia (17,46 g folha<sup>-1</sup>) e ureia protegida (16,6 g folha<sup>-1</sup>). Em relação às doses aplicadas a dose máxima resultou em maior concentração de N (21,66 g folha<sup>-1</sup>). Nos trabalhos analisados, a concentração de fósforo foliar não apresentou variação nem para as doses de N nem para as fontes (Galindo *et al.*, 2018; Santini *et al.*, 2016). Porém, houve variação significativa na



concentração foliar de K para doses e fontes de N (Galindo *et al.*, 2018; Santini *et al.*, 2016). No trabalho de Santini *et al.* (2016) foi apontada máxima concentração de potássio na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, porém não houve variação significativa para as fontes aplicadas. Diferentemente de Santini *et al.* (2016), Galindo *et al.* (2018) encontraram maior concentração foliar de K para as máximas doses de N aplicadas no período das águas e da seca. Galindo *et al.* (2018) encontraram variação na concentração de K foliar para o uso das fontes, na seca a fonte ureia proporcionou a maior concentração e nas águas o máximo acúmulo foi proporcionado pela aplicação de nitrato de amônio.

Em termos de uso de fontes de fertilizantes nitrogenados, diversos autores revisados avaliaram o efeito da aplicação das fontes ureia, ureia protegida e sulfato de amônio para as plantas forrageiras. Nos trabalhos de Bortoluzzi *et al.* (2017) e Mariani *et al.* (2018) foram avaliadas as diferenças obtidas em produção com a aplicação de ureia e sulfato de amônio. Bortoluzzi *et al.* (2017) obtiveram maiores produções de massa seca a partir do segundo corte da forrageira com o uso da fonte sulfato de amônio, que também proporcionou maior número de folhas por perfilho e maior número de perfilhos. Diferente de Bortoluzzi *et al.* (2017), Mariani *et al.* (2018) não encontraram diferenças produtivas entre as fontes avaliadas. Oliveira (2019) estudaram os efeitos da aplicação de ureia, ureia protegida e sulfato de amônio e obtiveram maiores valores em número de perfilhos, duração de vida das folhas e número de folhas vivas com o uso de sulfato de amônio, enquanto a ureia protegida mostrou resultados semelhantes ao nitrato de amônio na taxa de alongamento foliar. Bono, Rufino e Gonçalves avaliaram o efeito das fontes ureia, ureia protegida, sulfato de amônio e da combinação de ureia + sulfato de amônio na produtividade da planta forrageira, com as fontes aplicadas em doses que variaram de 0 a 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os resultados apontaram que ureia protegida resultou na maior produção de massa seca; enquanto a combinação ureia + sulfato de amônio apresentou maior produção que as aplicações isoladas de ureia e sulfato de amônio até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>. A aplicação de sulfato de amônio apresentou maior produção de massa quando-comparada à aplicação de ureia.

No trabalho de Oliveira (2019), a aplicação de sulfato de amônio proporcionou maior velocidade de crescimento do capim avaliado, o que resultou em aumento no número de cortes o que representa aumento no número de ciclos de pastejo no ano. A capacidade de suporte do pasto foi avaliada por Patzlaff, Zulpo e Rossi (2020) em

pastagem com adubação nitrogenada seguindo a recomendação do Manual de adubação e calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Eles testaram a dose recomendada de  $391 \text{ kg ha}^{-1}$  e a aplicação de meia dose e do dobro da dose, e verificaram que a capacidade de suporte na aplicação da dose recomendada foi de  $4,84 \text{ UA ha}^{-1}$  e superior às demais ( $4,24$  e  $4,03 \text{ UA ha}^{-1}$ ), fato que se justifica pela maior produção de massa seca. Silva (2015) avaliou a aplicação de fósforo e potássio com a adição de nitrogênio variando de 0 a  $225 \text{ kg ha}^{-1}$  nas quatro estações do ano e verificou que no verão e no outono a capacidade de suporte apresentou diferença significativa com a adição de nitrogênio, sendo superior na dose máxima ( $3,88 \text{ UA ha}^{-1}$  e  $2,73 \text{ UA ha}^{-1}$ ), enquanto na primavera e no outono a variação na capacidade de suporte não foi significativa com o aumento das doses de N.

## 5.2 Fósforo

Jesus (2021) verificou que a ausência de aplicação de fósforo foi prejudicial ao perfilhamento do capim Mombaça. O fósforo age como alicerce no sistema produtivo das pastagens, atuando primariamente na formação e vigor do sistema radicular e do perfilhamento. Dessa forma, sua carência pode afetar diversos fatores, prejudicando o desenvolvimento das plantas forrageiras.

A aplicação de fósforo é diretamente relacionada com a melhoria das características estruturais do pasto. Dentre os trabalhos analisados, os autores verificaram que a aplicação de fósforo proporcionou aumento no número de perfilhos. Vieira *et al.* (2019), ao avaliarem a adição das doses de 0 a  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na cultivar MG-5, concluíram que a dose de máxima resposta para o perfilhamento nas avaliações realizadas aos 20, 40 e 60 dias após a semeadura ocorreram nas doses de 557, 604 e  $606 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , respectivamente. Nessas doses, o aumento no número de perfilhos foi de aproximadamente 58, 68 e 58%. De modo semelhante, Costa *et al.* (2022), Costa *et al.* (2024) e Costa *et al.* (2025) aplicaram doses que variaram de 0 a  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , na forma de superfosfato triplo nos capins Massai, Tamani e Quênia, e observaram máxima densidade de perfilhos nas doses de 80,8, 82,1 e  $88,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Além de influenciar no perfilhamento, os trabalhos analisados apontaram que a adição de fósforo contribuiu para o aumento de massa seca de raízes nos capins (Carvalho Neto 2023; Oliveira, 2023; Costa *et al.*, 2024). Carvalho Neto (2023) e Oliveira (2023) estudaram a produção em vasos das cultivares Kurumi e Capiáçu,

respectivamente. Ambos os autores aplicaram doses de  $P_2O_5$  variando de 0 a  $60 \text{ mg dm}^{-3}$  de  $P_2O_5$ , e verificaram aumentos na produção de massa seca de raiz. No entanto, Carvalho Neto (2023) atingiu o pico de produção na dose de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$ , enquanto Oliveira (2023) verificou que não houve diferença significativa entre a aplicação de P e a testemunha (ausência de P).

Outro fator relevante da adubação fosfatada, observados nos trabalhos de Costa *et al.* (2022), Costa *et al.* (2024) e Costa *et al.* (2025), foi a influência do P na arquitetura foliar do dossel. Costa *et al.* (2024) e Costa *et al.* (2025) verificaram aumento no tamanho médio de folhas, sendo máximo na aplicação das doses de 81,7 e  $82,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , respectivamente. Costa *et al.* (2022) verificaram aumento no número de folhas por perfilho com a aplicação de P, sendo máximo na dose de  $66,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  (4,55 folhas por perfilho). Esse fato é corroborado por Costa *et al.* (2024), que na dose de  $108,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  observaram o máximo número de folhas por perfilho (6,4 folhas por perfilho). Outro aspecto da arquitetura do dossel que apresentou influência com a adição de P foi a altura da planta forrageira (Vieira *et al.* 2019; Rodrigues *et al.*, 2020). Vieira *et al.* (2019) avaliaram a adição de  $P_2O_5$  nas doses de 0 a  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  no momento do estabelecimento da cultivar MG-5. Os autores verificaram altura máxima de plantas (0,62; 1,06 e 0,98 m) aos 20, 40 e 60 dias pós semeadura, com a aplicação das doses de 557, 604 e  $606 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . De modo semelhante, Rodrigues *et al.* (2020) estudaram a adubação do capim Marandu com doses de P variando de 0 a  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  combinadas às saturações por base de 25, 45 e 65% em quatro cortes. Rodrigues *et al.* (2020) verificaram que a dose de P de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  combinada à saturação por bases de 65% proporcionou máxima altura (0,41 e 0,44 m) em dois dos quatro cortes. Os demais cortes apresentaram efeito linear da altura com o aumento das doses e saturações, sendo na combinação  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  com 65% de V% (0,38 e 0,49 m, respectivamente).

O aumento da massa seca de raízes melhora a capacidade da planta em explorar o solo. Esse fato, aliado à mudança na arquitetura do dossel, permite maior produção de massa de forragem. Os trabalhos de Costa *et al.* (2018), Costa *et al.* (2022) e Costa *et al.* (2024) verificaram aumento na massa seca das forragens *Trachypogon plumosus*, Massai e Tamani. As máximas produções de massa seca foram obtidas com as doses de 90, 101,7 e  $72,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  (as doses aplicadas

variaram de 0 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), com produções respectivas de 3.421, 3.990 e 3.831 kg ha<sup>-1</sup> de MS.

Assim como na adubação nitrogenada, a eficiência de utilização do nutriente apresentou redução com o aumento das doses (Costa *et al.*, 2018, 2024). Costa *et al.* (2018) verificaram concentração máxima de P foliar (1,73 g kg<sup>-1</sup> de P foliar) na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Costa *et al.* (2024) também analisaram concentração foliar de fósforo e verificaram valor máximo (2,18 g kg<sup>-1</sup> de P foliar) na dose de 89,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Carneiro *et al.* (2017) e Oliveira (2021) pesquisaram a influência da aplicação das fontes de P nas plantas forrageiras tropicais. Carneiro *et al.* (2017) estudaram a aplicação das fontes UFT (composto de farinha de carne e ossos), fosfato natural, superfosfato simples e Basifós nas doses de 0, 35, 70, 140, 210 e 280 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em capim Marandu. A altura de plantas, o número de perfilhos e a massa seca de forragem apresentaram variação com as fontes e doses. A altura máxima (0,75 m) ocorreu em resposta às doses de 202 e 162 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas com as fontes UFT e fosfato natural, respectivamente. A máxima densidade de perfilhos ocorreu em resposta à dose de 218 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado com a fonte Basifós. A máxima produção de massa seca (4.600 kg ha<sup>-1</sup>) ocorreu em resposta à dose de 280 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado com a fonte UFT. Oliveira (2021) avaliou as fontes superfosfato simples e fosfato natural de Arad aplicados nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> combinados a NK. O autor verificou que a altura máxima (0,65 m) ocorreu em resposta à superfosfato simples aplicado na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> combinado a NK (60 kg ha<sup>-1</sup> de N e K). Na aplicação de fosfato Arad a altura máxima (0,505 m) ocorreu em resposta à dose de 50 kg ha<sup>-1</sup>. Na aplicação da fonte supersimples a produção máxima de perfilhos (553 perfilhos m<sup>-2</sup>) ocorreu em resposta à dose de 75 kg ha<sup>-1</sup>. Na aplicação de Arad ocorreu em resposta à dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> a produção de 500 perfilhos m<sup>-2</sup>, sendo o máximo produzido.

### 5.3 Potássio

A adição de potássio demonstrou contribuir para a produção de massa seca em diversas espécies. Reis *et al.* (2024) verificaram o efeito das doses de 0 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de potássio nos capins Massai, Mombaça, Zuri e Tamani e concluíram que a produção de massa seca nos capins avaliados foi superior com a adição de potássio, sendo o máximo produtivo de 2.865, 2.228, 1.882, 2.180 kg ha<sup>-1</sup> de massa

seca, respectivamente nas doses de 82, 120, 72 e 81 kg ha<sup>-1</sup> de K. Costa *et al.* (2016) estudaram o efeito das doses de K variando de 0 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de K em *Trachypogon plumosus*, com máximo produtivo na dose de 97 kg ha<sup>-1</sup> (2.755 kg ha<sup>-1</sup> de MS). Costa *et al.* (2019) estudaram o efeito das doses variando de 0 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de K em *Axonopus aureus*, com máximo produtivo na dose de 180,7 kg ha<sup>-1</sup> (1.727,3 kg ha<sup>-1</sup> de MS). Santos (2019) avaliou a aplicação de doses de K variando de 0 a 640 kg ha<sup>-1</sup>, em capim Faixa Branca e concluiu que a aplicação desse nutriente promoveu incrementos na produção de forragem, com máximo produtivo em resposta à dose de 502 kg ha<sup>-1</sup> de K (27.146 kg ha<sup>-1</sup> de MS). Contudo, nem todos os autores verificaram variação significativa de produção de massa seca com adição de potássio. Lopes *et al.* (2018) estudaram o efeito da aplicação das doses de K variando de 0 a 350 kg ha<sup>-1</sup> de K em capim Marandu e não verificaram efeitos estatisticamente significativos para a produção de massa seca. Esse fato é corroborado por Oliveira (2022), que estudou a aplicação combinada de N e K em capim Piatã e Xaraés e não verificou efeitos estatisticamente significativos na produção de massa seca.

Assim como Oliveira (2022), diversos autores estudaram os efeitos da interação entre nitrogênio e potássio na produção das plantas forrageiras. Motta *et al.* (2023) estudaram a aplicação das doses de 140 e 280 mg dm<sup>-3</sup> de N combinadas a doses de K que variaram de 0 a 280 mg dm<sup>-3</sup> nos capins Zuri e Mombaça, e verificaram que na ausência de K, ambos os capins apresentaram menor produção de massa seca. Na adição de potássio à adubação nitrogenada, a produção de massa seca do capim Mombaça correspondeu a 88 gramas de massa seca por vaso na presença de 140 mg dm<sup>-3</sup> de N e 280 mg dm<sup>-3</sup> de K e 108 gramas de massa seca por vaso na presença de 280 mg dm<sup>-3</sup> de N e 280 mg dm<sup>-3</sup> de K. Na cultivar Zuri, a produção apresentou o mesmo comportamento. Souza (2020) avaliou a adubação combinada, composta por doses de N que variaram de 0 a 100 kg ha<sup>-1</sup> na presença e ausência de K (0 e 25 kg ha<sup>-1</sup>) em capim Marandu. O autor verificou que a aplicação isolada de potássio (0 kg ha<sup>-1</sup> de N e 25 kg ha<sup>-1</sup> de K) contribuiu no incremento da produção de massa seca de forragem em 6%. A aplicação de N na presença de K ocasionou incrementos lineares em massa seca da forragem, produzindo um total de 10.662 kg ha<sup>-1</sup> de MS na presença da máxima dose de N e K.

Além da produção de massa seca, Santos (2019) e Araújo (2015) avaliaram a quantidade de material morto presente na pastagem. Santos (2019) verificou que a adição de potássio reduziu a porcentagem de material morto em 12% (apresentado

para a testemunha) para 3% na dose máxima de K. Esse fato é corroborado pelos dados apresentados por Araújo (2015), que estudou Capião e Canarana submetidos à adição de nitrogênio nas doses de 0 a 200 mg dm<sup>-3</sup> combinados as doses de 10 e 30 mg dm<sup>-3</sup> de K. Araújo (2015) verificou que, para ambos os capins a adição de K na dose de 30 mg dm<sup>-3</sup> demonstrou estabilização na porcentagem de material morto, se aplicada em conjunto com doses de N. No entanto, na presença da dose de 10 mg dm<sup>-3</sup> em conjunto com doses de N acarretou elevação linear na quantidade de material morto presente na pastagem. Contudo, devido à pequena quantidade de trabalhos avaliados no período, que continham análise de material morto, não se pode afirmar que a adição de K diminuirá a quantidade de material morto em todas as espécies de plantas forrageiras.

Além da produção de forragem, a arquitetura do dossel forrageiro foi avaliada. Costa *et al.* (2016), Costa *et al.* (2019) e Santos (2019) verificaram densidade máxima de perfilhos na presença de K aplicado nas doses 105,1, 164,2 e 327 kg ha<sup>-1</sup> de K. Com a aplicação de potássio combinado a nitrogênio, Motta *et al.* (2023) verificaram aumento no número de perfilhos por vaso no capim Zuri, sendo superior na dose máxima de N e K (280 mg dm<sup>-3</sup> de N e 280 mg dm<sup>-3</sup> de K). Para o capim Mombaça, não houve variação significativa do número de perfilhos com a aplicação de N e K. Souza *et al.* (2020) observaram resposta máxima de perfilhos na combinação de 54 kg ha<sup>-1</sup> de N e 25 kg ha<sup>-1</sup> de K. Cabral *et al.* (2017) estudaram os efeitos da adubação potássica em cobertura no capim Mulato II, nas doses de 0 e 70 kg ha<sup>-1</sup> de K, e verificaram aumento de produção no número de perfilhos na presença de potássio.

A altura dos perfilhos foi estudada por Santos (2019), Oliveira (2022) e Faria *et al.* (2015). Santos (2019) verificou máxima altura (0,43 m) do capim Faixa branca com a aplicação da dose de 540 kg ha<sup>-1</sup> de K, correspondendo ao aumento de 34% em comparação à ausência de adubação potássica. Faria *et al.* (2015) estudaram a influência da adubação com 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e K combinada a doses de P que variaram de 0 a 280 kg ha<sup>-1</sup> em capim Mombaça e verificaram que a máxima altura do capim ocorreu na presença da adubação com NK combinada à dose de 201 kg ha<sup>-1</sup> de P.

Costa *et al.* (2016) e Costa *et al.* (2019) estudaram a adição de K em doses que variaram de 0 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de K (Costa *et al.*, 2016), e 0 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de K (Costa *et al.*, 2019), e verificaram que a adição de potássio até as doses de 106,5 e 152 kg ha<sup>-1</sup> de K, respectivamente, apresentaram resposta máxima na produção de folhas

por perfilho. Diferentemente dos autores citados, Motta *et al.* (2023) não verificaram influência significativa da adubação potássica na produção de folhas por perfilho nos capins Mombaça e Zuri.

Os resultados de aparecimento foliar apresentados por Soares *et al.* (2019), constataram que a adubação potássica apresentou diminuição no aparecimento foliar. Os autores trabalharam com doses de K que variaram de 0 a 120 kg ha<sup>-1</sup> em capim Piatã. No trabalho o aparecimento foliar apresentou redução linear com o aumento das doses de K. Os autores encontraram também aumentos lineares na duração de vida das folhas com as doses de potássio. Esse fator conduziu à diminuição na senescência foliar da pastagem. Essas respostas diferem de Costa *et al.* (2016) e Costa *et al.* (2019), que verificaram aumento na taxa de aparecimento de folhas. Para Costa *et al.* (2016) e Costa *et al.* (2019) a senescência foliar apresentou incrementos lineares com as doses de K. Araújo (2015), estudando a interação entre N e K, verificou que a dose de 10 mg dm<sup>-3</sup> de K associada ao incremento das doses de N aumentou a senescência foliar de 3,32 cm dia<sup>-1</sup> para 6,78 cm dia<sup>-1</sup> na dose máxima de N. Com a aplicação da dose de 30 mg dm<sup>-3</sup> de K, a taxa de senescência se manteve estável mesmo quando associada à incremento das doses de N.

Assim como nos demais nutrientes, a eficiência de utilização do potássio pela planta apresentou redução com o aumento das doses aplicadas (Costa *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2019). Cardoso (2016) avaliou a aplicação de potássio nas doses 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 mg kg<sup>-1</sup> em capim Marandu nos solos: Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), Chernossolo Argilúvico Órtico abrupto saprolítico (MTor), Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico típico (PVa), Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), Nitossolo Vermelho eutroférrico latossólico (NVef). No estudo verificou que com o aumento da concentração de K no solo a concentração de K foliar na planta apresentou aumentos, que foram sendo reduzidos conforme o aumento no número de cortes aumentava, em comportamento padrão observado para todos os solos avaliados. Costa *et al.* (2016) e Costa *et al.* (2019) apontaram que o teor de K foliar apresentou máxima resposta (18,86 e 18,73 g kg<sup>-1</sup> de K foliar), nas doses de 63,92 e 110,2 kg ha<sup>-1</sup> de K, respectivamente.

## 5.4 Enxofre

Os trabalhos que avaliaram produção de massa seca com a aplicação de gesso ou fontes sulfatadas apresentaram divergências nos resultados. Fonseca *et al.* (2023) avaliaram a produção de forragem na aplicação de gesso. Os autores aplicaram as doses de 0, 500, 1.000 e 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso nos capins Mombaça e *Bracchiaria ruziziensis* e verificaram aumento de produção na massa seca em ambos os capins. A produção de *Urochloa ruziziensis* apresentou produção máxima de 1.600 kg ha<sup>-1</sup> de MS na dose máxima de gesso. O capim Mombaça também apresentou incrementos na produção, sendo a produção máxima na dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> de gesso. Paiva e Santos (2024) estudaram a aplicação das doses de 0, 730, 1.460 e 2.920 kg ha<sup>-1</sup> de gesso em *Urochloa decumbens*, avaliada em dois cortes. Foram obtidas diferenças significativas de produção apenas no primeiro corte, a dose de 730 kg ha<sup>-1</sup> foi estatisticamente semelhante à testemunha e superior às produções das demais doses. Pereira (2021) estudou a aplicação de gesso nas doses de 0, 2.750, 5.500, 8.250 e 11.000 kg ha<sup>-1</sup> em capim Mombaça e a produção de massa seca se mostrou estatisticamente superior às demais na dose de 8.250 kg ha<sup>-1</sup> com produção de 39.620 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

No entanto, nem todos os trabalhos verificaram incrementos de produção de massa seca do capim com a aplicação de gesso. Pedroso e Silva (2022) avaliaram a produção de forragem (Basilisk, Marandu, Paiguás e Zuri) com a aplicação de gesso (0, 5.000, 10.000 e 15.000 kg ha<sup>-1</sup>) e verificaram que não foi significativa a interação entre cultivares x doses na produção de massa seca. A aplicação das doses isoladas de gesso também não apresentou influência estatística na massa seca das forragens.

A interação nitrogênio x enxofre é crucial para a eficiência metabólica da planta. O trabalho de Paula (2019) avaliou a produção de capim Marandu em função das doses de S (0, 10, 20, 30, 40 mg dm<sup>-3</sup>) associadas às doses de 0, 100, 200, 300 e 400 mg dm<sup>-3</sup> de N. Os máximos ganhos de produção de MS ocorreram nas combinações de N e S, com 400 mg dm<sup>-3</sup> de N e 20 mg dm<sup>-3</sup> de S no primeiro corte e 400 mg dm<sup>-3</sup> de N com 30 mg dm<sup>-3</sup> de S no segundo corte.

Santos (2018) estudou a aplicação das fontes enxofre elementar pastilhado (SEPA), fosfogesso (FG), gipsita (GI) e enxofre elementar em pó (SEPO) em capim Piatã. A produção máxima de massa seca de forragem ocorreu com a aplicação das fontes SEPA, FG, GI e SEPO nas respectivas doses 118, 118, 114 e 146 mg kg<sup>-1</sup>. No estudo, também foram avaliadas as produções de raízes, respectivamente às



fontes SEPA, FG, GI e SEPO nas doses 114, 89, 104 e 200 mg kg<sup>-1</sup>, sendo que para a fonte SEPO a produção apresentou crescimento linear. A produção de raízes também foi analisada por Pereira (2021), que avaliou a aplicação de gesso (0, 2.750, 5.550, 8.250 e 11.000 kg ha<sup>-1</sup>) em capim Mombaça. O autor verificou que a aplicação da dose de 5.550 kg ha<sup>-1</sup> apresentou resultados estatisticamente iguais às doses mais elevadas e se mostrou superior à testemunha e à dose de 2.750 kg ha<sup>-1</sup>.

Em contraste com nitrogênio e fósforo, a influência de enxofre na altura da planta e na produção de perfilhos é menos evidente. Pedroso e Silva (2022) e Cunha (2022) não verificaram influência da aplicação de gesso e enxofre, isoladamente, na produção de perfilhos e altura da pastagem. No entanto, não é possível afirmar que não há correlação entre esses parâmetros devido à escassez de trabalhos avaliados que abrangem esses estudos.

Nos resultados apresentados por Santos *et al.* (2020) é possível verificar que a aplicação de gesso (0 e 494 kg ha<sup>-1</sup>) em três variedades de capim elefante (Cameroon, Gramafante e Roxo) não apresentou influência para a variável altura aos 128 dias em qualquer dos capins avaliados. No entanto, a avaliação realizada aos 213 dias apontou influência da aplicação de gesso na altura do capim Cameroon, que atingiu altura máxima em resposta à aplicação de gesso.

Pedroso e Silva (2022) verificaram que a aplicação de gesso elevou linearmente a concentração de N foliar, correspondendo ao incremento de 19% se comparado à testemunha. Faria (2019) avaliou o efeito da aplicação das doses de 0 a 40 mg dm<sup>-3</sup> de enxofre combinada às doses de N (variando de 0 a 400 mg dm<sup>-3</sup>) na concentração de nutrientes em capim Marandu. O autor verificou que a concentração de nitrogênio em folhas emergentes não apresentou significância da interação N x S. Em folhas recém-expandidas, a concentração foliar de N variou apenas para o segundo corte, apresentando máximo acúmulo na combinação de 400 mg dm<sup>-3</sup> de N com 40 mg dm<sup>-3</sup> de S. Em folhas maduras, a concentração de N não mostrou significância para a interação N x S em qualquer dos cortes. A concentração de enxofre foliar em folhas emergentes se mostrou significativa apenas para a aplicação de enxofre (30 e 40 mg dm<sup>-3</sup>). Em folhas recém-expandidas, a máxima concentração de S ocorreu em resposta à combinação 300 mg dm<sup>-3</sup> de N com 30 mg dm<sup>-3</sup> de S. Folhas maduras apresentaram máxima concentração de enxofre no segundo corte na presença das doses de 400 mg dm<sup>-3</sup> de N e 40 mg dm<sup>-3</sup> de S.

Santos (2018), trabalhando com as fontes SEPA, FG, GI e SEPO, também avaliou a concentração de nutrientes. No estudo, a fonte SEPA resultou em incrementos lineares na concentração de N e S com a aplicação das doses, correspondendo aos aumentos de 10% de N e 63% de S em relação à testemunha. As fontes FG, GI e SEPO apresentaram incrementos na concentração até a dose de  $140 \text{ mg dm}^{-3}$ , correspondendo à aumento de 17% de N em relação à testemunha e 96, 68 e 75% de S em relação à testemunha das respectivas fontes. A concentração de K apresentou redução linear com o aumento das doses de S nas fontes de SEPA e GI, correspondendo à redução de 18 e 59% em comparação à testemunha. As fontes FG e SEPO apresentaram redução máxima de 26% e 60% na concentração de K, nas doses de 155 e  $125 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente.

A relação nitrogênio:enxofre no tecido das plantas forrageiras, nessa revisão, foi apresentada apenas por Santos (2018), que apresentou relação N:S para as fontes de SEPA, FG, GI e SEPO correspondentes a: 15,5:1, 13:1, 10:1 e 9,5:1, respectivamente.

### 5.5 Calagem

A aplicação de calcário é realizada visando melhorias em aspectos do solo como acidez e saturação por bases. Amorim (2017) avaliou no período de 2 anos uma pastagem de capim Marandu e identificou que a prática promoveu alteração de pH e elevação da CTC do solo. O autor avaliou também a aplicação de calcário combinada à aplicação de óxidos de cálcio e magnésio e a aplicação apenas de óxidos em sistemas de sequeiro e irrigado. Amorim (2017) concluiu que a produção de massa seca da forragem apresentou incrementos com a correção do solo e que a produção de forragem foi maior na presença de óxidos de cálcio e magnésio. Em sistemas irrigados, a produção pós correção mostrou-se superior à de sequeiro, visto que, além da correção do solo, a limitação de crescimento por ausência de água foi resolvida.

Outros trabalhos presentes nesta revisão avaliaram os efeitos da correção do solo na produção de forragem e obtiveram resultados diversos. Andrade *et al.* (2018) avaliaram a adição de calagem em conjunto à adubação nitrogenada com três fontes. As produções de massa apresentaram aumento com o incremento de nitrogênio, contudo, não houve diferença significativa com a adição de calcário. Semelhante a esse estudo, Souza *et al.* (2021) avaliaram a correção do solo realizada em conjunto com aplicação do macronutriente primário fósforo. Os autores constataram que a

massa de forragem apresentou incrementos com as doses de fósforo, porém não apresentou ganhos significativos com a adição de calagem em conjunto à adubação fosfatada. Os autores apontaram também que a aplicação apenas de calagem apresentou os menores resultados em comparação as aplicações que continham fósforo. Esses dados sugerem que a prática de calagem não é a principal prática para a elevação de produção e que deve estar associada a um conjunto de outras práticas, como a adubação. Nesse contexto, Souza *et al.* (2020) avaliaram a produção de forragem com a adubação com NPK associada à calagem em comparação à adubação com NK e calagem e à adubação apenas com NK em capim Mombaça. Os resultados mostraram-se superiores em massa seca para adubação NPK e calagem. Os resultados de Amorim *et al.* (2025) diferiram dos apresentados por Souza *et al.* (2020), já que a adição de adubação com NPK associada à calagem não apresentou diferença significativa na produção de massa. A aplicação de calagem isolada também não apresentou diferenças significativas na produção. Lima Filho (2017) estudou a aplicação de calagem na dose de 7.522 kg ha<sup>-1</sup> e a aplicação de 50, 75 e 125% da dose. O autor observou que não houve diferença significativa na produção de massa seca para as doses aplicadas. A calagem deve ser realizada em pastagens já formadas apenas após análises de solo, para verificar a necessidade e evitar aplicações em excesso que possam vir a causar desbalanço nutricional.

O impacto da correção do solo na estrutura do pasto (perfilhamento e altura) também apresentou divergências na literatura levantada. Souza *et al.* (2020) verificaram que a produção de perfilhos do capim Mombaça, com a aplicação de calcário em conjunto à adubação, foi superior às demais em todos os cortes. Lima filho (2017) verificou que a aplicação de 50% da dose de calcário (3.761 kg ha<sup>-1</sup>) proporcionou aumento na produção de perfilhos de *Urochloa humidicola* em comparação às doses de 75, 100 e 125% de calcário. Andrade *et al.* (2018) e Amorim *et al.* (2025) não verificaram influência da aplicação de calcário no número de perfilhos dos capins avaliados.

A altura da forragem é um parâmetro morfológico importante, já que está relacionada à taxa de acúmulo do pasto e é um indicativo para o manejo do pastejo. A influência da calagem nesse parâmetro, assim como no perfilhamento e na produção de massa, apresentou resultados dependentes do manejo nutricional combinado, contudo também apresentou divergências. Souza *et al.* (2020) verificaram que a adubação em conjunto com a calagem apresentou maior altura no capim em

dois dos três cortes realizados. Em contrapartida, Souza *et al.* (2021), não verificaram influência da calagem combinada à adubação fosfatada nos incrementos em altura da forragem.

### 5.6 Micronutrientes

A adubação com micronutrientes em pastagens é uma prática que deve ser realizada como um ajuste fino da nutrição do pasto. Os micronutrientes, embora requeridos em pequenas quantidades, são essenciais para diversos processos na planta. A aplicação deve ser priorizada quando os demais componentes da nutrição, (os macronutrientes, por exemplo) estiverem em equilíbrio, para que possam expressar seus resultados.

Na literatura pesquisada do período de 2015-2025 foram encontrados poucos trabalhos que avaliaram a aplicação de micronutrientes em pastagens. Essa escassez pode ser resultado da expressão máxima de deficiência dos macronutrientes, que geram respostas mais drásticas e visíveis e limitam a produção antes mesmo que a deficiência em micronutrientes se torne o fator restritivo principal. Esse cenário direciona a maior parte das pesquisas para os macronutrientes.

Os autores Oliveira (2020) e Gonçalves *et al.* (2018) avaliaram o micronutriente boro para plantas forrageiras. Oliveira (2020), pesquisou as doses de 0, 0,25, 0,5 e 0,75 e 1,00 kg ha<sup>-1</sup> de boro nos capins Zuri, Massai, Piatã, Marandu e MG-5. O autor concluiu que, para os capins Marandu e MG-5, a proteína bruta da forragem respondeu significativamente a todas as doses de boro, sendo a menor concentração de proteína obtida na testemunha. Para os capins Zuri e Piatã, as doses de 0,75 e 1 kg ha<sup>-1</sup> de boro apresentaram produção de proteína estatisticamente iguais entre si e superiores à testemunha e à dose de 0,25 kg ha<sup>-1</sup>, que foram estatisticamente iguais entre si. Para o capim Massai, a produção foi estatisticamente semelhante com a aplicação das doses de 0,5 0,75 e 1,00 kg ha<sup>-1</sup> de boro. A produção de massa seca da forragem foi superior na aplicação das doses de 0,75 e 1 kg ha<sup>-1</sup> de B, estatisticamente semelhantes entre si e superiores às demais. Gonçalves *et al.* (2018) não verificaram aumento na produção de massa do capim com a aplicação de boro. Os autores avaliaram diversas fontes do nutriente (ulexita, fertilizante organomineral a base de ulexita e turfa, e bórax) aplicadas em doses que variaram de 0 a 12 kg ha<sup>-1</sup> em capim Marandu e concluíram que a aplicação de boro, mesmo após adubação de base ser realizada, não afetou a produção de massa seca da forragem.

Teixeira (2016) avaliou o micronutriente zinco aplicado em forragens. O autor estudou a aplicação de fontes: quelato de zinco (0, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0 e 8 l ha<sup>-1</sup>), sulfato de zinco (4 l ha<sup>-1</sup>) e coquetel 1 (3% N, 15% P, 8% K, 1% Mg, 0,2% B, 0,3% Cu, 1% Mn, 0,05% Mo e 2% de Zn) e coquetel 2 (5% N, 4,3% S, 0,3% B, 0,3% Cu, 3% Mn, 5% Zn) em capim Mombaça e verificou que as doses e fontes não proporcionaram diferenças significativas na produção de massa seca ou perfilhamento da forragem para as doses e fontes testadas. De maneira semelhante, Borges (2019) avaliou a aplicação foliar de solução composta por macros (N, P, K, Mg, S) e micronutrientes (Cu, Mn e Zn) nos capins Marandu, Mulato II, Mavuno e Ipyporã, e não verificou diferenças significativas em massa seca de forragem para a aplicação em qualquer dos capins avaliados.

### **5.7 Adubação em pastagens integradas**

Os sistemas de integração Lavoura-Pecuária e Lavoura-Pecuária-Floresta representam modelos de produção que, por combinar fatores, exigem estratégias de manejo diferenciadas. Nesses sistemas, as pastagens deixam de atuar como componente individual para ser parte integrante do sistema.

Dessa forma, as adubações e manejos realizados em cada componente não devem ser visualizadas de forma isolada, visto que o manejo nutricional deve abranger e sustentar o equilíbrio de todos os demais componentes integrados. Consequentemente, a adubação da pastagem passa a ser tratada como um sistema integrado, diferenciando-se dos manejos e adubações dos modelos de pastagem convencionais.

Farias *et al.* (2024) compararam a adubação realizada na cultura (soja) com a adubação efetuada no sistema (pasto), avaliando a produtividade de soja e azevém (pastagem). A produção de massa seca da forragem foi estatisticamente superior com a aplicação de adubação em sistema, sendo 14% superior se comparada à adubação direcionada apenas à cultura. Além disso, a produtividade da soja em sistema pastejado (com adubação na cultura e em sistema) foi superior à obtida no sistema não pastejado, indicando que pode haver benefícios residuais da adubação e do pastejo na cultura subsequente.

Pires (2024) analisou a produtividade da cultura da soja e do capim Piatã com quatro bases de manejo: adubação convencional (P e K na soja) (AC), convencional com N adicionado na pastagem (AC+N), adubação de sistema com P e K na fase de

pastagem (AS) e adubação de sistema com N adicionado na pastagem (AS+N). As estratégias de adubação interferiram na produtividade da pastagem. As adubações AC+N e AS+N foram estatisticamente iguais entre si e superiores às demais. A adubação convencional sem adição de N apresentou menor produção, reforçando a importância do nitrogênio na produção de forragem. A produtividade da soja foi superior nos manejos AC+N, AS e AS+N em comparação com o manejo AC. Esse estudo demonstrou que as estratégias de adubação influenciaram na concentração residual de nutrientes no solo. Os teores de P em AS+N, AS e AC+N foram estatisticamente superiores à AC, sendo que AS+N foi 31% superior à AC em concentração de P no solo. A concentração de K foi estatisticamente superior em AS+N e AS, com aumento de 38% na concentração de K no solo e no manejo AS+N em relação à AC.

Diferente de Pires (2024), Ferraza (2016) realizou estudos para verificar os rendimentos de forragem de inverno (aveia e azevém) e de soja com a aplicação antecipada de potássio em sistemas integrados. O autor verificou que a produtividade da soja foi superior (7%) na aplicação de potássio aplicado na cultura em comparação à produção de soja com aplicação de K na forragem. Essa divergência pode estar relacionada à suscetibilidade do K à lixiviação ou fixação em determinados tipos de solos ou pela demanda de K pelas forrageiras de inverno, que não deixaram residual de nutriente suficiente no solo para a cultura da soja. O estudo verificou que a massa seca de forragem não apresentou variação significativa com a aplicação de potássio na pastagem ou na cultura.

Maccari (2016) estudou as respostas produtivas da cultura do milho quando submetida à adubação nitrogenada na pastagem (sorgo forrageiro + papuã + aveia preta) e na cultura. A produtividade do milho foi superior quando realizada adubação nitrogenada na pastagem, correspondendo a incrementos de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos em comparação à adubação apenas na cultura. A concentração de nitrogênio na planta mostrou-se superior quando realizada a adubação nitrogenada na pastagem, se comparado a adubação apenas na cultura.

Bonini *et al.* (2016) estudaram milho e capim Marandu implantados nos sistemas: ILP, ILPF com linha simples de eucalipto e ILPF linha tripla de eucaliptos. Para a avaliação, utilizaram também um sistema apenas com floresta. As características do solo, como matéria orgânica e concentrações de Mg, P e K apresentaram diferenças entre os sistemas. O teor de matéria orgânica no sistema

ILP foi superior ao componente floresta isolado. Os sistemas ILPF mostraram-se estatisticamente semelhantes aos demais. Os teores de P e Mg, no sistema ILP, apresentaram-se superiores aos demais. A concentração de K apresentou redução nos componentes ILP e ILPF sendo superior apenas no componente floresta isolado.

## 6.0 APRECIÇÃO FINAL

De acordo com os trabalhos revisados, foi possível verificar que o maior número das pesquisas envolvendo adubação em pastagens tropicais referem-se aos macronutrientes.

No período analisado (2015-2025), as pesquisas com a temática de adubação em pastagens se concentraram nas regiões Centro Oeste, Sudeste e Norte do país, com maior número de estudos nos estados de Mato Grosso, São Paulo, Roraima e Tocantins.

Os capins *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça e *Urochloa brizantha* cv. Marandu foram as espécies que apresentaram maior frequência de ocorrência nos trabalhos de pesquisa analisados.

A principal forma de aplicação da adubação em pastagens encontrada na literatura foi a adubação de cobertura, com exceção para as pesquisas que avaliaram estabelecimento de pastagens, práticas de correção do solo e aplicação de micronutrientes.

Foi identificado que a adubação promove melhoria em características produtivas e estruturais das pastagens. No entanto a otimização desse recurso depende intrinsecamente do nutriente, da dose, da fonte utilizada, bem como do manejo da pastagem, apresentando variações significativas entre espécies e regiões.

De forma geral, as aplicações de nitrogênio promoveram, em sua maioria, aumento na produção de massa seca da forragem, maiores perfilhamento e altura das plantas, além de acelerar a renovação foliar. As aplicações de fósforo aumentaram a densidade populacional de perfilhos, e a massa seca de raízes, proporcionando também incrementos em altura e massa seca total. A adubação potássica contribuiu para aumento de massa seca e número de perfilhos da forragem, além de diminuir a presença de material morto. A aplicação de enxofre apresentou resultados menos evidentes que os demais, mas quando associada ao suprimento de nitrogênio, contribuiu para elevação na produção de forragem. A correção do solo com a prática de calagem melhora aspectos do solo, porém não é a prática principal na melhoria dos aspectos produtivos das pastagens. Observou-se um padrão de eficiência de utilização dos macronutrientes, que se apresentou reduzida à medida que as doses de nutrientes foram incrementadas.

Dentro do período de estudo, poucas pesquisas foram encontradas com a temática de micronutrientes nas pastagens. Os trabalhos disponíveis apontaram que



a aplicação de boro contribuiu para o aumento na proteína bruta. Avaliações demonstraram que não ocorreu aumento na produção de massa seca da forragem com a aplicação de boro ou zinco.

A adubação de pastagens em sistemas integrados também foi contemplada nessa revisão. Embora o número de trabalhos sobre pastagens integradas no período de 2015-2025, na literatura levantada, tenha sido pouco expressivo, os resultados apontaram que a adubação nas pastagens em sistemas integrados pode promover aumento na concentração residual de nutrientes nos solos para as próximas culturas. A produtividade da soja não apresentou aumento significativo com adubação na pastagem, porém a produtividade do milho apresentou incrementos positivos com essa estratégia de adubação. A concentração de nitrogênio na planta de milho também foi maior na presença de adubação nas pastagens do que se comparada à adubação somente na cultura.

A adubação nas plantas forrageiras é capaz de promover melhorias nos sistemas de pastagens. Contudo, os resultados são dependentes de diversas variáveis. Se realizada em conjunto às boas práticas de manejo e acompanhamento da propriedade, pode melhorar a produtividade dos sistemas a pasto, tornando-o equilibrado e sustentável, contribuindo para a diminuição da degradação das áreas.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, M. J. I.; Paula, P. R. P.; TAVARES, V. B.; CIDRINI, I. A.; NUNES, H. de O.; EMILIANO, W. J. C.; SOUZA, W. L.; COELHO, R. MAIA; NEIVA JÚNIOR, A. P.; TOMAZ, C. E. de P. Morfogênese, características estruturais e acúmulo de forragem do *Megathyrus maximus* BRS Zuri submetido a adubação nitrogenada. In: **Boletim de Indústria Animal- BIA- Forragicultura e Pastagens**. Nova Odessa, v. 77, p. 1-17, 2020.
- AMORIM, S. S.; PIRES, A. J. V.; FRIES, D. D.; CRUZ, N. T.; RIBEIRO, A. S.; CONCEIÇÃO, F. J.; FERREIRA, E. P. L.; SILVA, H. S. Efeitos de protocolos de adubação sobre as características morfológicas e produtivas de *Urochloa brizanthabrizantha* cv. Marandu. **Revista Aracê**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 3, p. 14,576-14,597, 2025.
- AMORIM, I. J. F. Corretivos e correção de solo para pastagens no norte de Minas Gerais. 2017, 58 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Minas Gerais- Campus Montes Claros. Montes Claros. 2017
- ANDRADE, R. P.; REIS, W. JANEGITZ, M. C.; CALDAS FILHO, E. S. Correção de acidez do solo e fontes de nitrogênio na produção e perfilhamento do capim Tanzânia. **Revista cultivando o saber**. (s.l), v. 11, n. 4, p. 1-8. 2018.
- ANDRADE, I. F. Calagem para pastagens. **Informe Agropecuário**, v. 15, n. 171, p. 34-37, 1991.
- ARAÚJO F.F. - Disponibilização de fósforo, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado. **Acta Scientiarum, Agronomy**, vol. 33, n. 2, p. 355-360, 2011.
- ARAÚJO, I. G. R. **Desempenho do capim-açu e do capim canarana em função da adubação com Nitrogênio e Potássio**. 2015.41 f. Tese ( Doutorado em Ciência do solo), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CARNE. **Beef report 2024**: perfil da pecuária no Brasil. São Paulo, 2024. 106 p. Disponível em: <<https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>>. Acesso em: 18 ago. 2025
- ASSMANN, T.S.; MARTINICHEN, D.; LIMA, R. C.; LEVINSKI-HUF, F.; ZORTEA, T.; ASSMANN, A. L.; MORAES, A.; ALVES, S. A. Adubação de sistemas e ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária. In: SOUZA, E. D. *et al.* **Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil**. Tubarão: Copiart, 2018. p.67-84.
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P.; FACIOLLI, F. S. Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. **Acta Scientiarum, Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 535-543, out./dez. 2006.

AZEVEDO, F. S. de. **Adubação nitrogenada e alturas de resíduos pós pastejo em capim aruana**. 2018. 25 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de Curso bacharel em Zootecnia),- Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

BARBOSA, F. da. S.; **Estratégia de aplicação de fertilizantes nitrogenados e potássicos em pastagens**. 2019. 39 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de Curso Bacharel em Zootecnia),- Campus Universitário de Araguaína- Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2019.

BARROS, I. T.M. D. **Adubação nitrogenada e potássica no capim marandu**. 2020. 20 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de Curso bacharel em Zootecnia)- Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2020.

BARACHO, D. H.; SILVA, J. C.; LOMBARDI, A. T. The effects of copper on photosynthesis and biomolecules yield in *Chlorolobion braunii*. **Journal of Phycology**, [s.l], v. 55, n. 6, p. 1335-1347, 2019.

BARCELOS, J. P. Q.; REIS, H. P. G.; GODOY, C. V.; GRATÃO, P. L.; FURLANI JUNIOR, E.; PUTTI, F. F.; CAMPOS, M.; REIS, A. R. Impact of foliar nickel application on urease activity, antioxidant metabolism and control of powdery mildew (*Microspheera diffusa*) in soybean plants. **Plant Pathology**, [s.l], v. 67, n. 7, p. 1502-1513, 2018

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Sistema radicular do capim-marandu, considerando as combinações de doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 821–828, 2006.

BERNARDI, A.; SILVA, A. W. L.; BARETTA, D. Estudo metanalítico da resposta de gramíneas perenes de verão à adubação nitrogenada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.70, p.545-553 mar. 2018. Disponível em:  
<<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/mnYv7vhYkRP3wxsqkQKkp4s/abstract/?lang=pt>>  
Acesso em: 4 ago. 2025

BEZERRA, M. G. da S.; **Crescimento e acúmulo de nutrientes do capim marandu e resposta às adubações nitrogenada e fosfatada**. 2019.61 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água)- Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

BEZERRA, A.L.L.; LIMA, I.M.A.; NASCIMENTO, B.L.M.; AQUINO, B.F. Influência da calagem na adsorção de fósforo em diferentes solos do estado do Ceará. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, vol. 9, n. 4, p. 1-5, 2013.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1289–1297, 2006.

BONINI, C. S. B.; LUPATINI, G. C.; ANDRIGHETTO, C.; MATEUS, G. P.; HEINRICHS, R.; ARANHA, A. S.; SANTANA, E. A. R.; MEIRELLES, G. C. Produção de forragem e atributos químicos e físicos do solo em sistemas integrados de produção agropecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1695-1698, 2016

BONO, J.A.M.; RUFINO, R. S.; GONÇALVES, R.C. Fertilizantes Nitrogenados em Cobertura para Pastagem Marandu (*Urochloa brizantha*) no Mato Grosso do Sul. **UNICIÊNCIAS**, v.23, n.2, p.127-132, 2019.

BORGES, G. S. **Adubação foliar no estabelecimento dos capins Marandu, Manuvo, Mulato II e Ipyporã**. 2019. 27 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Zootecnia). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2019

BORTOLUZZI, F. M.; CABRAL, C. E. A; MACHADO, R. A.F.; ABREU, J.G.; CABRAL, C. H. A.; BARROS, I. V. Fosfato natural reativo aplicado em épocas distintas e associados a fertilizantes nitrogenados afetam a produção de capim Marandu. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.74, n.1, p.9-16, 2017.

BORTOLLI, M. A. **Adubação de sistemas: antecipação de adubação nitrogenada para a cultura do milho em integração lavoura-pecuária**. Tese (Doutorado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2016

BRITTO, R. A. **Adubação fosfatada como estratégia de manejo para o diferimento do pasto**. 2021. 36 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de Curso bacharel em Zootecnia)- Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína, Araguaína, 2021

BUCHELT, A. C.; ZANDONADI, R. Uso de corretivos e fertilizantes em pastagens no bioma amazônico. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 6, p. 631-638. 2018.

CABRAL, C. E. A.; PESQUEIRA-SILVA, L. C. R.; BARROS, L. V.; BEHLING NETO, A.; ABREU, J. G.; CABRAL, C. H. A.; SILVA, F. G.; GALATI, R. L.; FIORI, A. M. R.; SILVA JUNIOR, C. A. Defoliation height and potassium fertilization of Mulato II grass. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 2719–2726, 2017.

CAMPOS, N. R. F.; THEODORO, G. F.; ARAÚJO, A. R.; MONTAGNER, D. B. Adubação de pastagens e manejo do pastejo como estratégia para intensificar a produção animal. In: **ANAIS DA X MOSTRA CIENTÍFICA FAMEZ**. 10,2017. *Campo Grande*. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), 2017.

CARDOSO, S. S. **Crescimentos sucessivos de capim- Marandu em diferentes solos submetidos à fertilização potássica**. 2016. 30 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016,

CARNEIRO, J. S. S., SILVA, P. S. S., SANTOS, A. C. M., FREITAS, G. A., SILVA, R. R. Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na

adubação de formação. **Journal Bioenergy Food Science.**, v.4, n.1, p.12-25, 2017.

CARVALHO NETO, D.M. **Efeito da adubação fosfatada no desenvolvimento inicial da cultivar brs kurumi (*Pennisetum purpureum*)**. 21 f. 2023. Dissertação (Trabalho de conclusão de Curso bacharel em Zootecnia)- Universidade Federal do Amazonas Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia, Parintins 2023.

CARVALHO, P. C. F.; BARRO, R. S.; BARTH NETO, A.; NUNES, P. A. A.; MORAES, A.; ANGHINONI, I.; BREDEMEIER, C.; BAYER, C.; MARTINS, A. P.; KUNRATH, T. R.; SANTOS, D. T.; CARMONA, F. C.; BARROS, T.; SOUZA FILHO, W.; ALMEIDA, G. M.; CAETANO, L. A. M.; CECAGNO, D.; ARNUTI, F. DENARDIN, L. G. O.; BONETTI, J. A.; TONI, C. A. G.; BORIN, J. B. M. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, n.2, p.259-273, 2010.

COSTA, N.A. da; CARVALHO, L.O.D.M.; TEIXEIRA, L.B. Manejo das pastagens cultivadas. In: CARVALHO, L.O.D.M.; COSTA, N.A. da. (Ed.). **Sistemas de pastejo rotacionado intensivo: manual técnico**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1998. Cap. 1, p. 9-17.

COSTA, N. L.; MORAES, A. de; CARVALHO, P. C. de F.; MAGALHÃES, J. A. Rendimento de forragem e morfogênese de *Trachypogon plumosus* sob níveis de potássio. **PUBVET**, Paraná, v.10, n.5, p. 394-398, 2016.

COSTA, N.L.; GIANLUPPI, V.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; MAGALHÃES, J. A. Índice de nutrição nitrogenada em pastagens de *Trachypogon plumosus* nos cerrados de Roraima. **PUBVET**, Paraná, v.11, n.8, p. 825-831, 2017.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; GIANLUPPI, V.; BENDAHAN, B.; MAGALHÃES, J. A. Produtividade de forragem e micorrização de pastagens de *Trachypogon plumosus* sob adubação fosfatada. **PUBVET**, Paraná, v.12, n.10, p.1-6, 2018.

COSTA, N L.; JANK, L., MAGALHÃES, J. A., BENDAHAN, A. B., RODRIGUES, B. H. N., SANTOS, F. J. de S. Morfogêneses de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani sob níveis de adubação fosfatada. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.17, n.6. p.1-15, 2024.

COSTA, N. de L.; JANK, L., MAGALHÃES, J. A., BENDAHAN, A. B., RODRIGUES, B. H. N., SANTOS, F. J. de S. Produtividade de forragem e respostas morfogênicas de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Quênia sob adubação fosfatada. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.18, n.7, p. 01-16, 2025.

COSTA, N. L.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. S. Acúmulo de forragem e morfogênese de *Axonopus aureus* sob adubação potássica. **Research, Society and Development**. Itabira v. 8, n. 8. p.1-12, 2019

COSTA, K. C. G.; TORRES, F. E.; KRAESKI, M. J.; ZANUNCIO, A. S.; BENTEO, G. L. Fosfatagem e calagem no desenvolvimento do capim Mombaça. **Research, Society and Development**. Itabira, v. 10, n. 13, p. 1-14. 2021

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; RODRIGUES, A. N. A.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J.A.. **Calagem e adubação de pastagens**. In: *Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. p. 84-119.

COSTA, M. M. M. N. **Micronutrientes na agricultura**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2024. 32 p. (Documentos, 297).

COSTA, N. L., JANK, L.; MAGALHÃES, J. A.; BENDAHAN, A. B. Produtividade de forragem e morfogênese de *Megathyrus maximus* × *M. infestum* cv. Massai sob fertilização fosfatada. **PubVet**, Paraná, v. 16, n. 6, p. 1–6, 2022.

COUTINHO, E. L. M.; SILVA, A. R.; MONTEIRO, F. A.; RODRIGUES, L. R. A. Adubação potássica em forrageiras. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 21., 2004, Piracicaba. Anais ... Piracicaba: FEALQ, 2004. p.219-277.

CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; LUCHETTA, S. Efeito da calagem sobre a produção de matéria seca de três gramíneas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 303-312, 1994. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4178/1469>>. Acesso em: 07 out. 2025.

CUNHA, D. S. **Características agronômicas, estruturais e valor nutritivo de cultivares de *Megathyrus maximus* sob doses de enxofre**. 2022. 66f. Tese (Doutorado em Ciência Animal Tropical). Universidade Federal do Tocantins-Câmpus Universitário de Araguaína. Araguaína. 2022.

DEBOVI, V.V.C. **Efeito da adubação nitrogenada sobre o pasto de capim Marandu no período seco**. 2020. 26 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de Curso bacharel em Zootecnia)- Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2020.

DELEVATTI, L. M, CARDOSO, A. S., BARBERO, R. P., LEITE, R. G., ROMANZINI, E. P., RUGGIERI, A. C, REIS, R. A.. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 9, p. 7596, 2019.

DEMETIN, S.; ARNOUX, P.; FRANGIONI, B.; GROSSE, S.; LÉGER, C.; BURLAT, B.; GUIGLIARELLI, B.; SABATY, M.; PIGNOL, D. Access to the active site of Periplasmic Nitrate Reductase: insights from site-directed mutagenesis and Zinc inhibition studies. **Biochemistry**, [s.l.], v. 46, n. 34, p. 9713-9721, 2007.

DECHEN, A.R. Micronutrientes: funções nas plantas. In: FERREIRA, M.E. (Coord.). **SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA**, 1., Jaboticabal, 1988. **Anais...** Jaboticabal, 1988. p. 111-132.

DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazonia Oriental, 2014. 36 p. (Documentos, 402).

DOMINGUES, A. A. *et al.* Nitrogen fertilization of BRS Paiaguás grass: production and nutrition. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 8, n. 2, e5918, 2021.

EMBRAPA. **EMBRAPA pastagens**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/home>>. Acesso em: 18 ago. 2025.

FARIA, A. J. G.; FREITAS, G. A.; GEORGETTI, A. C. P.; FERREIRA JUNIOR, J.M.; SILVA, M. C. A.; SILVA, R. R. Adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça sobre a adubação fosfatada. **Journal of Bionergy and Food Science**. (S. l.), v. 2, n.3, p. 98-106, 2015.

FARIA, R. C. **Alterações nutricionais no capim Marandu adubado com doses de nitrogênio e enxofre**. 2019. 35f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso bacharel em Agronomia). Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Barra do Garças, 2019.

FARIA, A. J. G.; FREITAS, G. A.; GEORGETTI, A. C. P.; FERREIRA JUNIOR, J.M.; SILVA, M. C. A.; SILVA, R. R. Adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça sobre a adubação fosfatada. **Journal of Bionergy and Food Science** (S. l.), v. 2, n.3, p. 98-106, 2015.

FARIAS, G. D.; DUBEUX JR, J. C. B.; SAVIAN, J. V.; DUARTE, L. P.; MARTINS, A. P.; TIECHER, T.; ALVES, L. A.; CARVALHO, P. C. F.; BREMM, C. Integrated crop-livestock system with system fertilization approach improves food production and resource-use efficiency in agricultural lands. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 40, n. 39, 2024.

FERREIRA, N.R.; SILVA, K.T.F. da; LINO, W.S.; RIBEIRO, N.V.N.; CRUZ, R.S. da; ARAUJO, R.P. Formação e manejo de pastagens. In: **JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO**, 11., 2020, Tocantins. Tocantins: Instituto Federal do Tocantins, 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/356737604\\_FORMACAO\\_E\\_MANEJO\\_DE\\_PASTAGENS](https://www.researchgate.net/publication/356737604_FORMACAO_E_MANEJO_DE_PASTAGENS)>. Acesso em: 18 ago. 2025.

FERRAZZA, J. M. **Antecipação da adubação potássica da soja aplicada na pastagem hiberna em sistemas integrados de produção agropecuária**. 2016. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

FERRO, M. M.; ZANINE, A. M.; FERREIRA, D. J.; SOUZA, A. L.; GERON, L. J. V. **Reservas orgânicas em gramíneas tropicais sob pastejo**. *American Journal of Plant Sciences*, v. 6, n. 14, p. 2269–2280, 15 set. 2015

FONSECA, F.; PEREIRA, G. M.; COSTA, H. A.; LAUXEN, I.C.; CORREA, K. M. S.; LOCHETTI, L. V.; KIST, L. T.; PAULINO, W. M.; SMAK, W. O.; SOUZA, L. C. D.; SANTIN, J. C.; CLEMENTE, R. A.; ALMEIDA, A. P. F.; BARBOSA, P. L. Ganho de matéria seca e verde em duas variedades de capim sob diferentes doses de gesso agrícola. **Nativa**, Sinop, v.12 n.2, p.73-88. 2023.

FURLANI, Â. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (org.). *Fisiologia vegetal*. 2. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2012. cap. 2, p. 40–75.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-Mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. **Revista de Agricultura Neotropical**, Mato Grosso do Sul, v. 5, n. 3, p. 1-9, 2018.

GALINDO, F.S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; DUPAS, E.; CARVALHO, F.C. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal (SCAP)**, Portugal, v.41, n.4, p.900-913, 2018.

GEIFUS, C-M. Review on the significance of chlorine for crop yield and quality. **Plant Science**, [ s. l], v. 270, p. 114-122, 2018.

GONÇALVES, R. G. M.; DIAS, R. C.; TEIXEIRA, P. C.; POLIDORO, J. C.; ZONTA, E. Avaliação de diferentes fontes e doses de boro no cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: ZUFFO, A. M.; STEINER, F. (Org.). **Elementos da Natureza e Propriedades do Solo**. v. 5. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018. cap. 3, p. 18-24

GONÇALVES, G. K.; POZZEBON, N. J.; AGUER, J. L. T.; CALEFFI, H. V.; SARTURI, J. E. da C.; MENDES, F. B.; KATAYAMA, R. S. Produtividade e qualidade nutricional da cultivar de azevém BRS Ponteio submetido a diferentes tipos de adubação. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 19, n. 1, p. 70-87, 2017

GUARDA, V. D. A.; QUEIROZ, F. M.; MONTEIRO, H. C. Diferimento de pastagens : ajustando a alimentação do rebanho para a época seca do ano. Palmas, **Embrapa Pesca e Aquicultura**, p.2, 2015.

GURGEL, A.L.C.G.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B.; ARAUJO, A.R. de; VÉRAS, E.L.L.; BRIXNER, B.M.; RODRIGUES, J.G.; PEREIRA, M.G. Uso do nitrogênio em pastagens tropicais. In: **MOSTRA CIENTÍFICA FAMEZ/UFMS**, 11., 2018. Campo Grande. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2018. Disponível em: <<https://famez.ufms.br/mostrafamez2018/>>. Acesso em: 18 ago. 2025.

HERLIN, V.R.; LUZ, P. H. C.; FORMIGONI, I. B.; ROLNIK, D. P. **Adubação de pastagens saiba o por que?** v. 4, n. 1, p. 64–75, 2016. Embrapa, s.d. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354377/1743400/Adubacao+de+Pastagens.pdf/4c4ad52e-4c49-4804-adc3-f7dd0f7107ce?version=1.0>. Acesso em: 18 ago. 2025

HOROWITZ, N.; MEURER, E.J. Oxidação do enxofre elementar em Argissolo do



Estado de São Paulo. In: Congresso brasileiro de ciência do solo, 29. Ribeirão preto, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto, Universidade Estadual de São Paulo, 2003.

IBRAHIM, E. A.; RAMADAN, W. A. Effect of zinc foliar spray alone and combined with humic acid or/and chitosan on growth, nutrient elements content and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants sown at different dates. **Scientia Horticulturae**, [s.l], v. 184, p. 101-105, 2015.

JESUS, N. C. M de. **Omissão de macronutrientes primários na implantação do capim Mombaça**. 2021, 23 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso graduação em Zootecnia). Universidade Federal de Rondonópolis. Instituto de ciências agrárias e tecnológicas. Rondonópolis. 2021

KOVÁCS, B.; PUSKÁS-PRESZNER, A.; HUSZVAI, L.; BÓDI, E. Effect of molybdenum treatment on molybdenum concentration and nitrate reduction in maize seedlings. **Plant Physiology and Biochemistry**, [s.l], v. 96, p. 38-44, 2015.

LANGE, A.; DIEL, D.; CARVALHO, F. F.; MACHADO, R. A. F.; ZANUZO, M. R.; SILVA, A. da; BUCHELT, A. C. Fontes de fósforo na adubação corretiva em arroz de terras altas em cultivo de primeiro ano. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 14, n. 1, p. 67-75, 2016

LIMA FILHO, H. A. **Calagem em áreas de pastagens com quicuío- da-amazônia (Brachiária humidicola )**. 2017. 2017, 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Brasil. Labréa. 2017.

LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. **Adubação fosfatada em pastagens**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 86.; SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8., 1986, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 199-224

LOPES, G. H. L.; VILAR, C. C.; USHIWATA, S. Y.; REIS, R. G. E.; SILVEIRA, D. S.; TAFAREL, A. H.; Produção de *Urochloa brizantha* cv. Marandu submetida à adubação potássica de estabelecimento. **Campo Digit@l: Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, Campo Mourão, v. 13, n. 1, p.01-08, 2018

LOPES, E. C. P.; MORAES, A.; LANG, C. R.; SANDINI, I. E.; MULLER, M. M.L. OLIVEIRA, E. B. Estratégias de adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema integrado a produção agropecuária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [s. l], v.16, n.2, p. 161-177, 2017

LUGÃO, S.M.B.; RODRIGUES, L.R.A.; ABRAHÃO, J.J.S..MALHEIROS, E. B. Acúmulo de forragem e eficiência de utilização do nitrogênio em pastagens de *Panicum maximum*) adubadas com nitrogênio. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 25, p. 371-379, 2003.

MA, J.; ZHOU, Y.; LI, J.; SONG, Z.; HAN, H. Novel approach to enhance *Bradyrhizobium diazoefficiens* nodulation through continuous induction of ROS by manganese ferrite nanomaterials in soybean. **Journal of Nanobiotechnology**, [ s. l], v. 20, n. 1, p. 168, 2022.

MACCARI, M. **A altura de dossel e a adubação nitrogenada da pastagem podem afetar a nutrição nitrogenada do milho, num sistema de integração lavoura-pecuária?** Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. **Sistemas pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária.** In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) Simpósio Sobre Ecossistemas das Pastagens, 2, 1993. Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 1993, p.216-245.

MAGALHÃES, A.F.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. *et al.* Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-braquiária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1240-1246, 2007.

MAGALHÃES, A. **Recuperação de pastagem com sistemas de manejo do solo, consorciação e adubação fosfatada.** . 2016. 100 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Dracena, 2016.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A.; **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: POTAFOS, 1997

MARIANI, L.; MARTINS, L.P.; SILVA, R. L. M.; DALMOLIN, V.R. F.; BRANDÃO, A. A. Produtividade da forrageira *Panicum maximum* cv. MG12 paredão submetido a diferentes níveis de adubação nitrogenada e de diferentes fontes. Connection Line: **Revista eletrônica do UNIVAG**, Várzea Grande, v.1, n.18, p.111-117, 2018.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. Uso de fertilizantes em pastagens. In: MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. **Cerrado: Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. Cap. 2. p. 43-68.

MARTINS, M. V. R.; PEREIRA, C. E.; KIKUTI, H. Adubação nitrogenada na implantação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Humaitá-AM. **Scientia Plena**, Sergipe, v.18, n.7, p.1-8, 2022.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** San Diego: Academic Press, 2012. 649 p.

MATOS, O. I. T.; **Adubação nitrogenada, parcelada ou singular em pastagem irrigada de *Cynodon spp.*** 2017.67 f. Dissertação ( Mestrado Zootecnia)- Universidade Federal do Paraná, Dois vizinhos, 2017.

MENEZES, J. de M.; BARBOSA, D. M. D.; FERREIRA, C. C. Impacto da adubação fosfatada na produção de matéria verde e no número de perfilhos do *Megathyrsus maximus*-BRS Zuri. **Revista Nativa Americana de Ciências, Tecnologia & inovação**, Ji-Paraná, v.7, n.1, p. 206-212. 2025.

MENDONÇA, D. L. S.; CASTRO, R. G. C.; REZENDE, C. F. A. Resposta morfológica e produtiva do milho com fornecimento de enxofre de diferentes fontes. **Research, Society and Development**, (S. I), v. 12, n. 3, 2023.

MONTEIRO, F. A.; COLOZZA, M. T.; WERNER, J. C. Enxofre e micronutrientes em pastagens. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 21, 2004, Piracicaba. **Anais**, Piracicaba: FEALQ, 2004. P.279-296

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. A.; KUNRATH, T. R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, [s.l], v.57, p.329-326, 2014.

MOTTA, L. J. M.; MOTA, L. G.; GOMES, L. D.; SILVA, G. B. A.; MOURA, A. B. O.; CAMARGO, S. P.; CABRAL, C. H. A.; CABRAL, C. E. A. Nitrogênio e o potássio na adubação de manutenção de cultivares de *Megathyrsus maximus*. **Scientific Electronic Archives**, Sinop, v.16, n. 10, p.20-26.2023.

MURGIA, I.; MARZORATI, F.; VIGANI, G.; MORANDINI, P. Plant iron nutrition: the long road from soil to seeds. **Journal of Experimental Botany**, [s. l], v. 73, n. 6, p. 1809-1824, 2022.

NASCIMENTO, D.; VENDRUSCOLO, C.; DALBIANCO, A.B.; DANIEL, D.F. Produtividade de capim BRS Paiaguás sob doses de nitrogênio e cortes. **PUBVET**, Paraná, v.13, n.5, p. 1-15, 2019.

OLIVEIRA, A. K. R.; **Manejo da adubação nitrogenada sobre o comportamento produtivo do Capim Mombaça**. 2019 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical)- Universidade Federal do Tocantins, Tocantins , 2019

OLIVEIRA, A. C. T. **Efeito da adubação fosfatada no desenvolvimento inicial da cultivar brs capiaçu (*Pennisetum purpureum*.)**. 2023. 21 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2023

OLIVEIRA, M. L. C. C. **Características estruturais e produtivas de forrageiras do gênero urochloa submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica**. 2022. 34 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de Curso bacharel em Zootecnia)-Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína, Araguaína, 2022.

OLIVEIRA, J. S. de; **Adubação fosfatada no diferimento e rebrota do capim Marandu**. 2021. 94f. Dissertação ( Mestrado em Ciência Animal)- Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, 2021.

OLIVEIRA, D. A. *et al.* Valor nutritivo do capim-braquiária no primeiro ano de recuperação com aplicações de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 716-726, 2010

OLIVEIRA, N. C. **Adubação foliar com boro no cultivo pastagens**.2020. 27 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso do Programa de Pós-Graduação Latu Sensu em Sistemas Integrados de produção Agropecuária). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano- Campus Iporá. Iporá. 2020

PAIVA, J. C.; SANTOS, S. T. Efeito de diferentes doses de gesso agrícola na produção de *Urochloa decumbens* e na porosidade do solo. **Revista PesquisAgro**. Confresa, v.8, n.1, p. 31-39. 2024.

PATZLAFF, N.L.; ZULPO, A.P.; ROSSI, D.S. A importância do uso da dose correta na adubação nitrogenada de Tifton 85. **Revista Científica Rural**, Rio Grande do Sul, v. 22, p. 1-12, 2020

PAULA, G. H. **Nitrogênio e enxofre acumulado no capim Marandu**. 2019. 36f. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso graduação em agronomia). Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de ciências Exatas e da Terra, Barra do Garça, 2019.

PEDROSO, E. C.; SILVA, M. G. Características agrônômicas de forrageiras submetidas à gessagem. **Research, Society and Development**. Vargem Grande Paulista. v.11, n, 9. p.1-14. 2022

PEREIRA, L. E. T.; NISHIDA, N. T.; CARVALHO, R. L.; HERLING V. R. Recomendações para correção e adubação de pastagens tropicais. Pirassununga, **Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP**, 2018. 56 p

PEREIRA, D. A. **Produtividade de forragem e distribuição do sistema radicular do capim Mombaça em resposta a doses de gesso agrícola**. 2021. 70 f. Dissertação (Mestrado em ciências), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2021.

PIRES, G. C. **Estratégias de adubação em sistemas integrados de produção agropecuária: diagnóstico nutricional, eficiência de uso e dinâmica de nutrientes**. 86f. 2024. Tese (Doutorado em Agronomia Produção Vegetal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2024.

REIS, L. T. S.; ALENCAR, N. M.; OLIVEIRA, H. M. R.; CARNEIRO, R. S.; ANDRÉ, T. B.; SANTOS, A. C. Adubação potássica de cultivares de *Megathyrsus maximus*. **Nativa**, Sinop, v. 12, n. 1, p. 97-101, 2024.

RHODEN, A. C.; SCHERER, G. L.. Adubação de sistemas e produtividade de culturas. **Revista Inovação-Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, Itapiranga, v. 1, n. 2, p. 51-69, 2022.

RODRIGUES, H. V. M.; LEITE, R. C.; FREITAS, G. A. de; OLIVEIRA, I. M de; LIMA, S. O. Aspectos produtivos do capim Marandu submetido a adubação fosfatada em níveis de saturação por base. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa, v.10, p.25-32. 2020.

RODRIGUES, L. M., ANDRADE, H. T. B.; NUNES, K. A. S.; PEREIRA, L. M.; THEODORO, A. G.; BACKES, C.. Fertilização com nitrogênio e enxofre em pastagem de capim marandu: altura de plantas e produção de forragem. Pirenópolis In: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, **Anais CEPE** 2015.

SANTINI, J.M.K.; PERIN, A.; COAGUILA, D.N.; VALDERRAMA, M.; GALINDO, F.S.; SANTOS, C. G.; BUZETTI, S. Adubação nitrogenada na implantação de *Uruchloa brizantha* cv. Xaraés no Cerrado. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, São Paulo, v.10, n. 2, p. 140-153, 2016.

SANTOS, J.Z.L.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; CURI, N.; CARNEIRO, L.F.; COSTA, S. E.V.G.A. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.32, p.705-714, 2008.

SANTOS, L. F. M. **Efeito de doses, fontes e granulometria de enxofre na produção e estado nutricional dos capins Mombaça e Piatã**. 2018.74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Animal) Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Dracena. 2018.

SANTOS, L. P. de S.; **Características fisiológicas, produtivas e estruturais do capim faixa branca submetido a doses de Potássio**. 2019. 31 f. Dissertação (mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

SANTOS, R. L.; FREIRE, F. J.; ROCHA, A. T.; MEDEIROS, M. R. F. A.; SILVA, S. A. M. TAVARES, J. A.; PEREIRA, M. J.; COSTA-SANTOS, M. B. Desenvolvimento de variedades de capim-elefante sob a influência do gesso agrícola mineral no polo gesseiro do Araripe. **Research, Society and Development**. v.9, n, 11. p.1-16. 2020.

SALES, E. C. J; MACHADO, S. L. M; MONÇÃO, F. P.; RUAS, R. M.; REIS, S. T.; RIGUEIRA, J. P. S.; PIRES, D. A. A. P.; VIANA, M. C. M.; SILVA, E. A.. Efeito da adubação nitrogenada e correlações entre parâmetros morfogênicos e estruturais em pastos de capim *brachiaria*. Marechal Cândido Rondon, **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 427-434, 2016.

SARTOR, L. R.; ASSMANN, T. S.; SOARES, A. B.; ADAMI, P. F.; ASSMANN, A. L.; ORTIZ, S. Avaliação do estado nutricional da pastagem: índice nutricional de nitrogênio. **Semina**, Londrina, v.35, n.1, p.449-456, 2014

SEIXAS, A. **Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição de gramíneas: Disponibilidade, formas, absorção e funções**. 2019. 29f. Dissertação (Trabalho de qualificação). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2019.

SHU, Y.; ZHANG, F.; WANG, H. Manganese–cerium mixed oxides supported on rice husk based activated carbon with high sulfur tolerance for low temperature selective catalytic reduction of nitrogen oxides with ammonia. **RSC Advances**,[s.l], v. 9, n. 41, p. 23964-23972, 2019

SILVA, V.L. **Produção de forragem e desempenho de vacas leiteiras em pastagem de *Urochloa brizantha* cv Marandu sob doses crescentes de adubação nitrogenada**. 2015. 86 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da conquista, Bahia, 2015.

SOARES, M. J. A.; SILVA, V. L.; AMARAL, A. G.; SILVA, W. V.; SANTOS, R. O.; JARDIM, C. C. S. **Resposta Morfogênicas e estruturais da *Urochloa brizantha* cv. Piatã, a fertilização com potássio na região do Mato Grosso**. In: SEMANA DE AGRONOMIA, 15., 2019, Areia. Anais [...]. Areia: Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Paraíba, 2019.

SOUZA, M. V. **Produtividade e composição morfológica do capim marandu sob diferentes doses de nitrogênio e potássio**. 2020.29 f. Dissertação (Trabalho de conclusão de Curso bacharel em Zootecnia)-Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2020.

SOUZA, W. L. MILHOMEM, J. P. L.; PEREIRA, B. R. S.; SILVA, S. D. Desempenho agrônomo do *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça submetido a adubação fosfatada com e sem calagem em manutenção. **Revista Agri-Enviromental Sciences**. Palmas, v. 7, (s.n), p. 1-11. 2021.

SOUZA, J. G.; AIRES, F.P.G.; GOMIDE, P.H.O.; NUNES, J.C. Calagem e adubação no crescimento do capim Mombaça. **Revista Ambiente: Gestão e desenvolvimento**. Boa Vista, v. 13, n.1, p.24-34. 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722p.

TEIXEIRA, N. M. **Adubação foliar de zinco quelatizado e seus efeitos na produção de capim-Mombaça**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Dracena. 2016

VIEIRA , A. da S.; SILVA, M. P.; BINS, L. K.; FIGUEIREDO, J. C. Efeito da adubação fosfatada no desenvolvimento vegetativo da *Brachiaria brizantha* cv. Mg-5. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, Rondônia, v.11, n. 3, p. 280-291, 2019.

VIEIRA, M. A. **Fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco na adubação de manutenção do capim Marandu**. 2019. 56 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Dracena. 2019.

VIEIRA, B. **Produtividade de pastagem natural submetida a calagem e adubação**. 2023. 39 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso bacharel em Agronomia). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de ciências rurais. Curitibanos. 2023

VILELA, H. H.; RODRIGUES, L.E.; JESUS, N.G. Adubação nitrogenada no estabelecimento do campim mombaça. **CERRADO AGROCIÊNCIAS**: Revista do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas, v.1, n. 7, p. 1-11, 2016.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (Boletim Técnico, 18).

YACHANDRA, V. K.; SAUER, K.; KLEIN, M. P. Manganese cluster in photosynthesis: where plants oxidize water to dioxygen. **Chemical Reviews**, [s.l.] v. 96, n. 7, p. 2927-2950, 1996

ZHANG, Y.; FAN, J.; YANG, B.; HUANG, W.; MA, L. Copper–catalyzed activation of molecular oxygen for oxidative destruction of acetaminophen: The mechanism and superoxide-mediated cycling of copper species. **Chemosphere**, [s.l.], v. 166, p. 89-95, 2017.

ZHANG, L.; JEEN, M.; OKAMOTO, K.; WATANABE, S. Photochemistry and the role of light during the submerged photosynthesis of zinc oxide nanorods. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 177-2013, 2018.

ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. (Documentos, 189). Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2012. 42 p.

