

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

ZAYNE VALÉRIA SANTOS DUARTE

**FERTILIZANTE NITROGENADO DE LIBERAÇÃO LENTA:
DESEMPENHO DE FORRAGEIRAS TROPICAIS E TEORES
DE NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO**

**FLORIANÓPOLIS - SC
2025**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

ZAYNE VALÉRIA SANTOS DUARTE

**FERTILIZANTE NITROGENADO DE LIBERAÇÃO LENTA:
DESEMPENHO DE FORRAGEIRAS TROPICAIS E TEORES
DE NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência para obtenção do Diploma de
Graduação em Zootecnia da Universidade Federal
de Santa Catarina.

Orientador(a): Prof, Dr. Cledimar Rogério Lourenzi

**FLORIANÓPOLIS - SC
2025**

Duarte, Zayne Valéria Santos

Fertilizante nitrogenado de liberação lenta: desempenho de forrageiras tropicais e teores de nitrogênio mineral no solo. / Zayne Valéria Santos Duarte ; orientador, Cledimar Rogério Lourenzi, 2025.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Zootecnia, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Zootecnia. 2. Adubação nitrogenada . 3. Bentonita.
4. Panicum maximum. 5. Brachiaria brizantha . I. Lourenzi,
Cledimar Rogério. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Zootecnia. III. Título.

ZAYNE VALÉRIA SANTOS DUARTE

**FERTILIZANTE NITROGENADO DE LIBERAÇÃO LENTA:
DESEMPENHO DE FORRAGEIRAS TROPICAIS E TEORES DE
NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO**

Esta Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada aprovada e adequada para obtenção do grau de Zootecnista.

Florianópolis, 9 de Junho de 2025.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

Cledimar Rogério Lourenzi

Data: 27/06/2025 11:57:40-0300

CPF: ***.865.810-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof, Dr. Cledimar Rogério Lourenzi

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Daniele Cristina da Silva Kazama

Data: 27/06/2025 11:42:34-0300

CPF: ***.732.009-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.^a Dr.^a Daniele Cristina da Silva Kazama



Documento assinado digitalmente

LUCAS RAIMUNDO RAUBER

Data: 27/06/2025 11:25:22-0300

CPF: ***.203.580-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Dr. Lucas Raimundo Rauber

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus avós Maria José e José Leonildo (*in memoriam*) que tanto me incentivaram e me amaram em silêncio.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder a dádiva da vida, por me permitir chegar até aqui, mesmo quando os caminhos eram incertos. Pela luz silenciosa que me guiou quando eu mesma não sabia aonde ia.

Aos meus pais, Maria Zaria dos Santos e José Valmir Valério Duarte, que foram meu chão. À minha mãe, em especial, que foi força quando eu era fraqueza, que foi presença mesmo na distância. Mãe, obrigada por enxergar além do tempo e da ausência, por não cobrar quando tudo que eu podia oferecer era silêncio e saudade. Você foi meu norte e meu abrigo. Se hoje chego até aqui, é porque você, mesmo distante, nunca deixou de estar ao meu lado. Só nós sabemos a importância desta conquista.

Adriano, obrigada por compreender minhas ausências e minhas urgências. Nos momentos em que a vida parecia pesar, você esteve ali, apenas sendo abrigo. Agradeço profundamente por estar ao meu lado com paciência, carinho e apoio.

Ao meu querido amigo Vinicius Furnaleto da Fonseca, que permaneceu ao meu lado durante toda faculdade e que dividiu comigo não apenas o tempo, mas os silêncios, os medos e os recomeços, você é a amizade que guardarei no fundo do coração. Obrigada por todos os momentos que compartilhamos juntos.

Aos meus amigos Amanda, Matheus Miguel e Matheus Bittencourt, minha sincera gratidão. Mesmo que a vida tenha nos levado para caminhos distintos, seguimos unidos como uma família. O apoio, a amizade e o afeto de vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Obrigada por nunca soltarem minha mão.

Aos demais amigos que fizeram os dias mais leves, e que em gestos pequenos acalmaram a saudade de casa, devolveram o ânimo e me encorajaram.

Ao meu orientador, amigo e parceiro de truço, Cledimar Rogério Lourenzi. Não há palavras que sejam suficientes. Obrigada por ser conselheiro, exemplo e afeto. Por ter acreditado em mim quando até eu duvidava. Por ter me guiado com paciência, acolhido com humanidade e ensinado com o coração. Obrigada pela parceria e confiança, são de profissionais humanos como você que o mundo precisa.

Ao meu grupo de pesquisa Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia – NEPEA/SC, minha gratidão a cada um que esteve ao meu lado, mais que um grupo, os considero como parte da família. Cada café, cada conversa, troca, cada ombro, foram fundamentais para que eu permanecesse firme.

Aos professores da Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Catarina, que com palavras, gestos e exemplos, me ajudaram a construir a profissional que sou hoje.

“Só eu sei
As esquinas por onde passei...
Só eu sei — sabe lá —
O que é não ter, e ter pra dar.”

— Djavan, Esquinas.

RESUMO

A fertilidade do solo e a nutrição de plantas são fundamentais para garantir o aumento de produção de forragem e da produtividade animal. Ao mesmo tempo, os insumos agropecuários apresentam cada vez mais custos elevados e pouca disponibilidade no mercado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de um fertilizante nitrogenado de liberação lenta no desempenho das forrageiras *Megathyrus maximus* cv. Zuri e *Urochloa brizantha* cv. Piatã e nos teores de N mineral no solo. A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Experimental da Ressacada (FER), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em Florianópolis (SC). As parcelas experimentais (4x4m cada) foram estabelecidas em fevereiro de 2023 com preparo do solo corrigido com calcário, potássio e fósforo. Foram conduzidos dois experimentos simultâneos, um para cada espécie de forrageira de gramínea tropical: **Exp. 1** - *Megathyrus maximus* cv. Zuri e **Exp. 2** - *Urochloa brizantha* cv. Piatã que foram submetidas a diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados, distribuídas nos seguintes tratamentos: Testemunha (sem N); Ureia ($445 \text{ kg ha}^{-1} = 200 \text{ kg ha}^{-1}$ de N); Adubo nitrogenado de liberação lenta (BUF¹) ($445 \text{ kg ha}^{-1} = 147 \text{ kg ha}^{-1}$ de N); BUF² ($606 \text{ kg ha}^{-1} = 200 \text{ kg ha}^{-1}$ de N); Bentonita, como controle, utilizada na confecção do BUF. Os tratamentos avaliados foram aplicados de fevereiro a maio de 2023, sendo as doses estabelecidas divididas em cinco aplicações. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 4 repetições por tratamento, totalizando 20 parcelas experimentais. Foi avaliada a produção de massa da forragem de 4 cortes, com a avaliação da altura, massa verde e massa seca da forragem. Também foram avaliados os teores de N mineral no solo, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em coletas realizadas a cada sete dias após o início da aplicação dos tratamentos, sendo realizadas três coletas após cada aplicação dos fertilizantes. As maiores doses de N aplicadas (ureia e BUF²) resultaram em maior teor de N mineral no solo. A redução da dose de N em 26,5% (BUF¹), em relação ao BUF² e ureia, resultou na mesma altura e produção de biomassa da forragem, devido a melhor eficiência no aproveitamento do N nesse tratamento.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, bentonita, *Megathyrus maximus*, *Urochloa brizantha*, ureia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Condições climáticas em Florianópolis durante o período de coleta de solo em 2023: precipitação mensal (mm), temperatura média do ar (C) e umidade relativa do ar (%).	23
Figura 2 - Cronograma com datas de plantio, coletas de solo e adubações	24
Figura 3 - Teores de N mineral no solo em 11 coletas (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, durante um ciclo de cultivo de capim <i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã submetido a diferentes fontes e quantidades de fertilizante nitrogenado.	28
Figura 4 - Teores de N mineral no solo em 11 coletas (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, durante um ciclo de cultivo de capim <i>Megathyrus maximus</i> cv. Zuri submetido a diferentes fontes e quantidades de fertilizante nitrogenado.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização inicial e final do solo durante o período de experimento.....	22
Tabela 2 – Produção média de massa verde (MV), massa seca (MS) e altura (cm) do capim <i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã submetido a diferentes fontes e quantidades de fertilizante nitrogenado.....	25
Tabela 3 – Produção média de massa verde (MV), massa seca (MS) e altura (cm) do capim <i>Megathyrus maximus</i> cv. Zuri submetido a diferentes fontes e quantidades de fertilizante nitrogenado.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. Al% - Saturação por alumínio
2. BUF - Fertilizante Nitrogenado de Liberação Lenta à base de Ureia e Bentonita
3. Ca - Cálcio
4. C/N - Relação Carbono/Nitrogênio
5. cm - Centímetro
6. cmolc dm⁻³ - Centímol de carga por decímetro cúbico de solo
7. CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC
8. CV% - Coeficiente de Variação (%)
9. CTCpH7 - Capacidade de Troca de Cátions a pH 7
10. CTCef. - Capacidade de Troca de Cátions efetiva
11. dm - Decímetro
12. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
13. FER - Fazenda Experimental da Ressacada
14. FBN - Fixação Biológica de Nitrogênio
15. g - Grama
16. ha - Hectare
17. H+Al - Acidez potencial
18. H₂SO₄ - Ácido Sulfúrico
19. K - Potássio
20. KCl - Cloreto de Potássio
21. Kg - Quilograma
22. L - Litro
23. Mg - Magnésio
24. MgO - Óxido de Magnésio
25. mm - Milímetro
26. MO - Matéria Orgânica
27. MS - Matéria Seca
28. MV - Massa Verde
29. N - Nitrogênio
30. N₂ - Nitrogênio Elementar
31. N₂O - Óxido Nitroso
32. NH₃ - Amônia
33. NH₄⁺ - Amônio
34. NO₃⁻ - Nitrato
35. NO₂⁻ - Nitrito
36. NO - Óxido Nítrico
37. P - Fósforo
38. pH – Potencial Hidrogeniônico
39. S - Enxofre
40. SMP - solução tampão
41. UR - Umidade Relativa
42. V% - Saturação por bases
43. UR – Umidade Relativa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 FORRAGEIRAS.....	15
2.2 MANEJO DE PASTAGENS.....	15
2.3 ADUBAÇÃO PARA FORRAGEIRAS	17
2.4 FERTILIZANTES MINERAIS E NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO.....	18
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GERAL.....	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. METODOLOGIA.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Altura (cm), massa verde (MV) e matéria seca (MS).....	25
5.2 Teores de N mineral no solo.....	27
6. CONCLUSÕES.....	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, aproximadamente 95% da carne bovina é produzida em sistemas de pastagem, o que reduz o custo de produção e torna a atividade mais competitiva no cenário mundial (EMBRAPA, 2022). O principal uso do solo brasileiro é a pastagem, entretanto, 52% das áreas de pastagens apresentam algum nível de degradação (Mapbiomas, 2022). Como implicação, nestes locais ocorre a diminuição da produtividade de forragens, redução na capacidade de suporte e, conseqüentemente, queda na produção animal. O manejo de pastagens é um dos principais entraves enfrentados pela pecuária brasileira (EMBRAPA 2021). Para reverter esse cenário, manejar a fertilidade do solo e a nutrição de plantas são fundamentais para melhorar a qualidade do solo e a produtividade das forrageiras.

A adubação de pastagens não é amplamente difundida no Brasil devido a alta capacidade de adaptação das forrageiras ao clima brasileiro, além disso o custo elevado dos fertilizantes desestimula sua utilização em áreas extensas de pastagem (EMBRAPA, 1997). Apesar da elevada adaptabilidade das forrageiras tropicais ao clima brasileiro, a intensificação dos sistemas de produção demanda maior atenção à fertilidade do solo e ao uso racional de insumos (Campos *et al.*, 2017).

Entre os nutrientes mais importantes para as pastagens, destacam-se o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K), que desempenham um papel fundamental no crescimento e no vigor das plantas, pois o aumento no acúmulo de biomassa ocorre quando se realizam aplicações de N (Fagundes *et al.* 2006; Moreira, 2000), P e K (Townsend *et al.*, 2000). A ausência de adubação é uma das principais causas de degradação de pastagens plantadas, tornando o manejo da fertilidade do solo uma das principais estratégias para o aumento da produtividade.

O N é o nutriente que mais contribui para o aumento da produtividade em sistemas de criação de animais a pasto. A aplicação de N no solo é uma

estratégia que proporciona aumento na produção de matéria seca (MS) e do teor de proteína, a partir da produção de carboidratos (Havlin *et al.*, 2005). O desempenho das plantas forrageiras corresponde à aplicação correta do N promovendo a cobertura do solo e mitigando o efeito erosivo. Além disso, o N é responsável por garantir uma melhor qualidade de forragem e aceitação da mesma pelo animal, impactando diretamente no ganho de peso (Assmann *et al.*, 2004).

Ao mesmo tempo que a fertilidade é extremamente importante para o desenvolvimento das pastagens, os insumos agropecuários apresentam cada vez mais custos elevados. Porém, os fertilizantes nitrogenados apresentam baixa eficiência devido às perdas em formas gasosas (Soares-Filho *et al.*, 2015). As fontes de N mais utilizadas nas pastagens são os fertilizantes minerais, os fertilizantes orgânicos e a fixação biológica de N (FBN) através da consorciação com leguminosas. Segundo Primavesi *et al.* (2004), a contribuição para a deterioração da qualidade do ar e as perdas econômicas causadas pela baixa eficiência dos fertilizantes, tem levado a uma maior atenção ao processo de volatilização nos últimos anos.

A ureia, principal fonte de adubo nitrogenado na agricultura, pode apresentar altas perdas de amônia (NH_3) por volatilização, além de potencializar as emissões de gás carbônico (Siman *et al.*, 2022). Assim, formas de diminuir as perdas por volatilização e lixiviação que visam aperfeiçoar o aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados são importantes aliados na busca da eficiência. Fertilizantes de liberação lenta compreendem uma das alternativas possíveis para este fim, pois, por serem revestidos, agem de forma mecanoquímica liberando o nutriente de forma gradual, proporcionando uma nutrição contínua para as plantas, reduzindo a quantidade de aplicações (Trinh, T. H.; Kushaari, K., 2016). Desse modo, contribuíram para a redução dos impactos ambientais e passaram a ganhar destaque na produção animal a base de pasto, com o aumento substancial na produtividade e, conseqüentemente, na renda líquida do produtor.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de fertilizante nitrogenado de liberação lenta no desempenho das forrageiras *Megathyrsus maximus* cv. Zuri e *Urochloa brizantha* cv. Piatã e nos teores de N mineral no solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FORRAGEIRAS

As cultivares do gênero *Urochloa* se difundiram rapidamente pelo Brasil devido a sua excelente capacidade de adaptação as diversas condições de solo e clima. As espécies do gênero *Urochloa* mais utilizadas como pastagens no Brasil, são *U. decumbens*, *U. brizantha* e *U. humidícola* (Alvim *et al.*, 2002). Pertencente à família Poaceae, o gênero *Urochloa*, desde a década de 60, é a forrageira tropical mais utilizada no Brasil, ocupando 90 milhões de hectares (EMBRAPA, 2014).

A *Urochloa brizantha* cv. Piatã foi lançada pela Embrapa em 2007 como uma opção para a diversificação das pastagens no Brasil. Essa cultivar apresenta crescimento ereto, formando touceiras que podem atingir de 0,85 m a 1,10 m de altura e seus colmos são verdes e finos, e as bainhas foliares têm poucos pêlos, enquanto as lâminas foliares são glabras (Andrade; Assis, 2010). A cultivar Piatã é recomendada para solos de média fertilidade e bem drenado, com exigências nutricionais semelhantes aos das cultivares Marandu e Xaraés (Valle *et al.*, 2007; Almeida *et al.*, 2003). O capim-piatã é resistente ao ataque de cigarrinhas-das-pastagens e se destaca por seu elevado valor nutritivo, além de apresentar alta taxa de crescimento e rebrota (Radis, 2010).

As pastagens do gênero *Megathyrsus* são um destaque no Brasil por gerarem bons resultados produtivos de desempenho animal, ótima qualidade, vigor e adaptada a várias regiões do País (Jank, 1995). A espécie *Megathyrsus maximus* apresenta maior produtividade dentre as forrageiras tropicais propagadas por sementes, além disso, destaca-se pelo porte elevado e pela alta aceitabilidade dos animais (Jank *et al.*, 2010). Essas características tornam o *Megathyrsus maximus* a segunda forrageira mais cultivada do Brasil, ficando atrás apenas da *Urochloa*.

Lançada em 2014, a cultivar Zuri foi desenvolvida para suprir a necessidade de um capim com resistência à cigarrinha-das-pastagens e manchas das folhas, causada pelo fungo *Bipolaris maydis* (EMBRAPA, 2014). O capim-zuri é uma planta cespitosa de porte ereto e alto, com folhas glabras, verde escura, longa, larga e arqueada (Braga, 2023) apresenta colmos grossos e com pouca pilosidade, enquanto as bainhas apresentam pilosidade moderada (Cruz, 2019).

2.2 MANEJO DE PASTAGENS

Em grande parte do Brasil, as condições edafoclimáticas são favoráveis à

exploração da pecuária em pastagens. No entanto, a falta de conhecimento sobre as características morfológicas e fisiológicas das plantas forrageiras sob pastejo têm sido um dos fatores que contribuem para os baixos índices produtivos (Pereira *et al.*, 2009). Segundo Martins *et al.* (2004), o manejo adequado do solo é o ponto de partida para o estabelecimento de uma pastagem de qualidade. Em seguida, a escolha da espécie da forrageira deve ser com base na sua adaptação à região, além da sua resistência a praga, doenças, corte e pastejo (Evangelista, 2000).

A exploração de pastagens tem sido tradicionalmente realizada de forma extrativista, o que leva a sua degradação progressiva. Entre os fatores que explicam esse declínio estão a baixa fertilidade natural do solo, a ausência de adubação de correção e manutenção, o pastejo excessivo, que expõe e compacta o solo, além do ataque periódico de pragas, culminando na degradação de pastagens (Carvalho *et al.*, 2023). O superpastejo é uma das principais causas de degradação, pois a elevada carga animal reduz o vigor das plantas, sua capacidade de rebrote e a produção de sementes (Santos *et al.*, 2011). Isso acontece porque, com a alta intensidade de pastejo, os animais consomem as plantas que estão em processo de estabelecimento. Nesse estágio, as plantas estão concentrando sua energia na formação de folhas iniciais e nas raízes, o que diminui a área de captação de luz solar e realização da fotossíntese (Silva *et al.*, 2007). Como resultado, as reservas das plantas se esgotam, podendo levar a morte da mesma com o passar do tempo (Zanine; Santos, 2004).

Para alcançar elevadas produções de biomassa nas pastagens, é fundamental realizar um manejo adequado, que inclua o uso correto da taxa de lotação e o respeito às alturas de entrada e saída dos animais na área. A altura do dossel forrageiro tem se mostrado uma ferramenta eficaz para orientar o manejo de pastejo (Barbero *et al.*, 2021). Ao revisar dados da literatura, Euclides *et al.* (2007) recomendam alturas de entrada do dossel entre 70 e 90 cm e saída entre 30 e 50 cm para algumas forrageiras do gênero *Megathyrsus* (Mombaça e Tanzânia). Para forrageiras do gênero *Urochloa* (Marandu e Xaraés), os mesmos autores sugerem altura de entrada entre 25 e 30 cm e saída entre 15 e 20 cm.

De acordo com o modelo de produção proposto por Mott (1960), à medida que a taxa de lotação aumenta, a pressão de pastejo se intensifica, resultando em uma menor altura do dossel forrageiro. Isso leva à redução da oferta de forragem e, conseqüentemente, à queda no desempenho animal. Por outro lado, uma menor taxa de lotação reduz a pressão de pastejo, aumentando a oferta de forragem e um maior ganho de peso individual, mas com menor produtividade por área devido à baixa taxa de lotação. Ainda segundo Mott (1960), o desafio é encontrar o ponto ideal de pastejo,

equilibrando o ganho de peso individual com a produtividade por área.

2.3 ADUBAÇÃO PARA FORRAGEIRAS

As pastagens desempenham um papel fundamental na pecuária brasileira, sendo base para alimentação dos ruminantes, proporcionando suporte para uma produção sustentável. Ademais, as forrageiras ajudam a proteger o solo contra erosões, favorecem a infiltração de água no solo e atuam como fonte de matéria orgânica, contribuindo para a melhoria das condições físicas e químicas do solo. No Brasil, a área destinada a pastagens é de 164 milhões de ha (Mapbiomas, 2023a). Desse total, aproximadamente 910 mil ha estão situados em Santa Catarina (Mapbiomas, 2023b), onde a pecuária é uma atividade relevante para economia local.

Um aspecto crucial para a produtividade e longevidade das pastagens é a adubação. A correta reposição dos nutrientes é essencial para o crescimento e desenvolvimento das forrageiras. O manejo adequado da fertilidade do solo e o conhecimento dos requisitos nutricionais das forrageiras são extremamente importantes para a gestão eficaz das pastagens, o que reflete em maior produtividade e disponibilidade de alimentos para os animais (Barth-Neto *et al.*, 2010; Silveira *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2012). Quando os solos não possuem uma quantidade adequada de nutrientes para atender as necessidades das plantas, é imprescindível a aplicação de nutrientes para assegurar uma produção satisfatória das plantas (Zonta; Stafanato; Pereira, 2021).

Entre as fontes de nutrientes frequentemente utilizadas na agricultura, destacam-se os fertilizantes minerais (Ferreira *et al.*, 2023). Entretanto, os fertilizantes minerais solúveis liberam os nutrientes rapidamente e apenas uma fração do nutriente é absorvida pela planta. A maior parte é perdida, resultando em danos ao meio ambiente. De acordo com Jain e Dhaka (2022) a eficiência desses fertilizantes é baixa, com índices de absorção de 30-35% para o N, 18-20% para o P e 35-40% para o K.

O N é o nutriente utilizado em maior quantidade e, ao mesmo tempo, o principal fator limitante para o crescimento das plantas (Sun *et al.*, 2020). Nas plantas, o P é essencial para fotossíntese, metabolismo do açúcar, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, transmissão de informações genéticas, crescimento de raízes, nodulação e fixação do N (Ghosh *et al.*, 2022). O K é capaz de minimizar as reações das plantas às diversas limitações abióticas (Houmani; Palma; Corpas, 2022). Esse nutriente é associado a processos fisiológicos que sustentam o crescimento e o desenvolvimento da planta, como a fotossíntese, ativação enzimática (Ghosh *et al.*, 2022), osmorregulação, síntese de proteínas e amido, produção de açúcares,

transporte de nutrientes e abertura e fechamento estomático (Demidchik, 2014).

A adubação de pastagens envolve duas etapas: a adubação de formação ou de estabelecimento, que busca fornecer os nutrientes essenciais para o desenvolvimento da pastagem e que corrige as deficiências do solo no suprimento de nutrientes; e a adubação de manutenção, que visa o fornecimento ou a reposição dos nutrientes extraídos ou perdidos durante o pastejo (EMBRAPA, 2004). No sul do Brasil, segundo o manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016) para gramíneas de estação quente, a exemplo as braquiárias e o *Megathyrus*, se preconiza o pH 6,0 para o estabelecimento das pastagens. A calagem, ao corrigir a acidez do solo, fornece nutrientes como o cálcio (Ca) e magnésio (Mg), além de aumentar a disponibilidade de outros nutrientes (P, K, N, S e Mo), e propicia condições favoráveis para o crescimento das plantas forrageiras, com reflexos positivos em sua composição química (Costa *et al.*, 2004). Enquanto para o N, a recomendação é de aumentar a dose à medida que diminui o teor de matéria orgânica com uma faixa de 120 a 200 kg ha⁻¹ de N (CQFS-RS/SC, 2016). Quanto maior a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) se espera aumento da quantidade de N-mineral no solo e, conseqüentemente, menor é a necessidade de fertilizantes nitrogenados para alcançar um determinado nível de produção de forragem (Martha-Junior *et al.*, 2004). Segundo Werner *et al.* (2001), as adubações nitrogenadas devem ser realizadas em doses fracionadas, principalmente quando se usam altas doses de N. Essa prática visa evitar as perdas por volatilização e por lixiviação, garantindo uma maior eficiência de utilização desse nutriente pelas plantas forrageiras.

2.4 FERTILIZANTES MINERAIS E NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO

No solo o N pode ser encontrado em formas orgânicas e inorgânicas. As formas orgânicas podem estar imobilizadas na biomassa microbiana, em resíduos vegetais e animais (Figueiredo *et al.*, 2009). Já o N inorgânico se apresenta nas formas de amônia (NH₃), amônio (NH₄⁺), nitrito (NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻), óxido nitroso (N₂O), óxido nítrico (NO) e nitrogênio elementar (N₂) (Hillier, S.; Nolan, A., 1997). Este último é inerte, exceto quando utilizado por microrganismos fixadores de nitrogênio. Do ponto de vista da fertilidade química do solo, as formas mais importantes são NH₄⁺, NO₂⁻ e NO₃⁻, que são resultados da decomposição aeróbica da matéria orgânica ou da aplicação de fertilizantes minerais.

As formas inorgânicas do N são altamente móveis no solo, o que facilita sua absorção pelas plantas, sendo suprido preferencialmente por fluxo de massa, mas

também aumentando o risco de perdas por lixiviação e volatilização (Dechen; Nachtigall, 2007). As perdas de N por volatilização ocorrem em função da sua hidrólise realizada pela ação da enzima urease sintetizada por microrganismos presentes no solo (Frazão *et al.*, 2014; Campos *et al.*, 2017). A lixiviação de N resulta principalmente da perda do nitrato (NO_3^-), pois esse íon tem baixa adsorção pelos coloides do solo, o que permite seu livre movimento na solução do solo. Esse processo pode levar o NO_3^- a lixiviar até os mananciais subterrâneos, contribuindo para a contaminação de águas subterrâneas (Cantarella *et al.*, 2008; Ruser *et al.*, 2015; Guelfi, 2017). Dentre os principais problemas causados pelo excesso de N- NO_3^- no ambiente aquático se destacam a perda de biodiversidade (Vitousek *et al.*, 1997) e a eutrofização (Rabalais, 2002).

A aplicação de fertilizantes nitrogenados é essencial para o rendimento das gramíneas forrageiras, sendo o nutriente necessário para manutenção da sua produtividade (Dupas *et al.*, 2016). Quando o N é assimilado pelas plantas e associado às cadeias de carbono promove o aumento dos constituintes celulares, conseqüentemente, resulta em maior vigor de rebrote e produção total, especialmente sob condições climáticas favoráveis (Galindo *et al.*, 2017). O N compõe a estrutura da clorofila, desempenhando um papel fundamental na fotossíntese e contribuindo diretamente para o aumento do teor de proteínas das plantas (Prado, 2008). A aplicação de fertilizantes nitrogenados possibilita o aumento de massa seca e a melhoria da qualidade bromatológica da forrageira (Costa *et al.*, 2006). A absorção de N pelas plantas ocorre predominantemente na forma de NO_3^- ou NH_4^+ , sendo a primeira forma frequentemente mais utilizada (Fagan *et al.*, 2016).

As principais fontes de N para as plantas são a matéria orgânica (MO) e os fertilizantes nitrogenados. A MO fornece N de modo variável, dependendo dos processos de mineralização, os quais são influenciados pelas condições climáticas e as características do solo nas áreas de cultivo (Ramírez, V. S., & Matos, A. T. de. (2022). Dessa forma, a MO não é capaz de fornecer o N necessário para suprir as demandas de desenvolvimento das culturas (Malavolta, 1986). Para compensar essa limitação, são utilizados fertilizantes minerais nitrogenados, visando maximizar a eficiência e o rendimento das lavouras. Entretanto, o manejo de adubação é complexo devido às reações químicas e biológicas que o nutriente sofre no solo, que dependem de condições edafoclimáticas e das perdas que ocorrem no solo (Cantarella *et al.*, 2008; Ruser *et al.*, 2015).

Outra forma de aumentar a eficiência no uso de fertilizantes nitrogenados é através da utilização de fertilizantes de liberação lenta, controlada ou com inibidores de urease, que retardam a rápida transformação do N presente nos fertilizantes em

forma mais estáveis (Cantarella *et al.*, 2008). Assim, os nutrientes permanecem disponíveis para as plantas por um período maior de tempo. Essas características geram benefícios, tanto do ponto de vista ambiental quanto agrônômico (Timilsena *et al.*, 2015).

Os fertilizantes de liberação lenta possuem características de atrasar ou prolongar, de maneira significativa, o tempo de liberação do nutriente no solo, em comparação com as fontes solúveis tradicionais (Nascimento *et al.*, 2012). Estes possuem uma camada ou um revestimento que impede o contato imediato do nutriente com o meio (Souza, 2018). A entrada de água nesses grânulos é regulada, o que resulta em disponibilidade gradual do nutriente, otimizando a forma de absorção das plantas. O recobrimento desses fertilizantes pode ser feito com polímeros, materiais inorgânicos, orgânicos (Ferreira, 2012), bentonita e gesso (Trenkel, 2010). A ureia revestida com enxofre foi o primeiro fertilizante de liberação controlada comercial (Vieira, 2017).

Embora a ureia revestida seja apresentada como uma nova alternativa para reduzir a volatilização da NH_3 , as pesquisas ainda mostram resultados contraditórios (Villalba, 2014). O volume de dados experimentais ainda é insuficiente para determinar em quais situações que esse tipo de produto pode trazer benefícios, o que dificulta a recomendação segura desta tecnologia (Valderrama *et al.*, 2011).

Por outro lado, o uso de fertilizante de liberação lenta, controlada ou estabilizados já é uma realidade mundial (Guelfi, 2017). Em países como China, Japão, Estados Unidos e na Europa, é produzida e distribuída uma ampla variedade de adubos de liberação lenta e controlada (INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, 2017). Os países da América Latina representam o segundo maior mercado em crescimento no uso de fertilizantes de alta eficiência, ficando atrás apenas da China. Na América do Sul, Brasil, Argentina e Paraguai possuem um grande potencial para adoção dessas tecnologias em larga escala (Apostolopoulou, 2016).

A bentonita foi utilizada como material para controlar a liberação do fertilizante nitrogenado. Esta argila expansiva apresenta ótimas propriedades, incluindo alta capacidade de expansão - podendo expandir até 20 vezes seu volume original em contato com água - além de elevada área superficial e significativo poder de troca catiônica devido à sua estrutura em camadas (Smith *et al.*, 1990). Sua carga superficial negativa associada à capacidade de troca iônica permite que a bentonita compactada com ureia adsorva eficientemente cátions como o amônio.

O uso dessas tecnologias nos sistemas agrícolas pode reduzir as perdas de N, promovendo melhorias tanto na produtividade quanto na qualidade da lavoura. O

aumento na eficiência da adubação está atrelado a uma maior rentabilidade econômica e redução dos impactos ambientais, visando à sustentabilidade do sistema produtivo como um todo.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de um fertilizante nitrogenado de liberação lenta no desempenho das forrageiras *Megathyrus maximus* cv. Zuri e *Urochloa brizantha* cv. Piatã e nos teores de N mineral no solo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Avaliar a eficácia do fertilizante nitrogenado de liberação lenta na substituição da ureia como fonte de nitrogênio para as plantas;
- ii. Avaliar a dinâmica de liberação de nitrogênio no solo ao longo do tempo;
- iii. Avaliar a produção de biomassa das plantas com o uso de fertilizante nitrogenado de liberação lenta.

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Experimental da Ressacada (FER), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizada em Florianópolis (SC) segundo as coordenadas geográficas 27°41'06,28"S; 48°32'38,81"O. O solo da área experimental é classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico Típico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (Santos *et al.*, 2018). Portanto, trata-se de um solo com predominância de areia e coloração escura devido ao alto teor de matéria orgânica presente em função do ambiente mal drenado e ao elevado nível do lençol freático. Foi realizada uma coleta para caracterização química inicial e final do solo para determinar os parâmetros de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, carbono, nitrogênio, pH e SMP como consta na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização inicial e final do solo durante o período de experimento.

Parâmetros iniciais - 10/2022								
Camadas, cm	P	K	Ca	Mg	Al	C	N	C/N
	mg kg ⁻¹			cmol _c dm ⁻³		%		
0-10	21,0	37,0	2,55	1,32	0,00	3,84	0,36	13,75
10-20	11,3	38,5	2,20	1,12	0,03	3,30	0,36	13,86
	pH	SMP	H+Al	CTC _{pH7}	CTC _{ef.}	S	V%	Al%
				cmol _c dm ⁻³			%	%
0-10	5,06	5,26	10,27	14,74	4,51	4,60	30,5	0,10
10-20	5,72	5,78	5,65	11,36	5,70	4,10	50,0	0,25
Parâmetros finais - 06/2023								
Camadas, cm	P	K	Ca	Mg	Al	C	N	C/N
	mg kg ⁻¹			cmol _c dm ⁻³		%		
Controle 0-10	19,58	86,25	2,73	2,05	0,03	8,22	0,64	12,80
Controle 10-20	13,65	16,75	1,17	0,74	1,08	5,07	0,31	12,42
Ureia 0-10	18,68	79,50	2,75	2,20	0,07	5,1	0,60	12,65
Ureia 10-20	12,60	12,60	1,81	1,34	0,24	4,64	0,43	12,23
BUF ¹ 0-10	19,30	64,25	2,12	1,71	0,31	6,28	0,55	11,51
BUF ¹ 10-20	12,90	31,25	1,16	0,70	0,98	5,72	0,44	13,26
BUF ² 0-10	15,96	42,75	2,08	1,59	0,37	7,39	0,65	11,12
BUF ² 10-20	9,95	20,00	1,32	0,90	0,93	5,61	0,43	12,79
Bentonita 0-10	23,90	136,7	2,71	2,11	0,03	7,15	0,59	12,05
Bentonita 10-20	9,60	28,25	1,79	1,11	0,61	7,95	0,69	11,56
	pH	SMP	H+Al	CTC _{pH7}	CTC _{ef.}	S	V%	Al%
				cmol _c dm ⁻³			%	%
Controle 0-10	5,24	5,22	10,94	15,95	5,04	5,00	31,95	0,98
Controle 10-20	5,21	4,97	14,37	16,32	3,03	1,95	11,97	35,89
Ureia 0-10	5,08	5,41	8,74	13,89	5,22	5,15	37,45	1,40
Ureia 10-20	5,32	5,38	9,22	12,25	3,44	3,20	26,67	8,93
BUF ¹ 0-10	4,93	5,16	11,57	15,56	4,31	3,99	25,77	7,80
BUF ¹ 10-20	5,11	5,04	13,40	15,34	2,92	1,94	13,25	34,20
BUF ² 0-10	4,83	5,19	11,09	14,87	4,15	3,78	25,38	9,25
BUF ² 10-20	5,16	5,12	12,10	14,37	3,20	2,27	15,48	30,25
Bentonita 0-10	5,28	5,36	9,23	14,40	5,20	5,17	36,33	0,76
Bentonita 10-20	5,32	5,10	12,57	15,54	3,58	2,97	19,89	19,96

Segundo a classificação climática de Köeppen, a FER situa-se numa sub-região de clima subtropical constantemente úmido, sem estação seca, com verão quente. A precipitação média anual está entre 1270 a 1600 mm. A média anual da umidade relativa do ar é de 82%, com insolação total anual de 2021 a 2166 horas. As condições climáticas no período de estudo constam na figura 1.

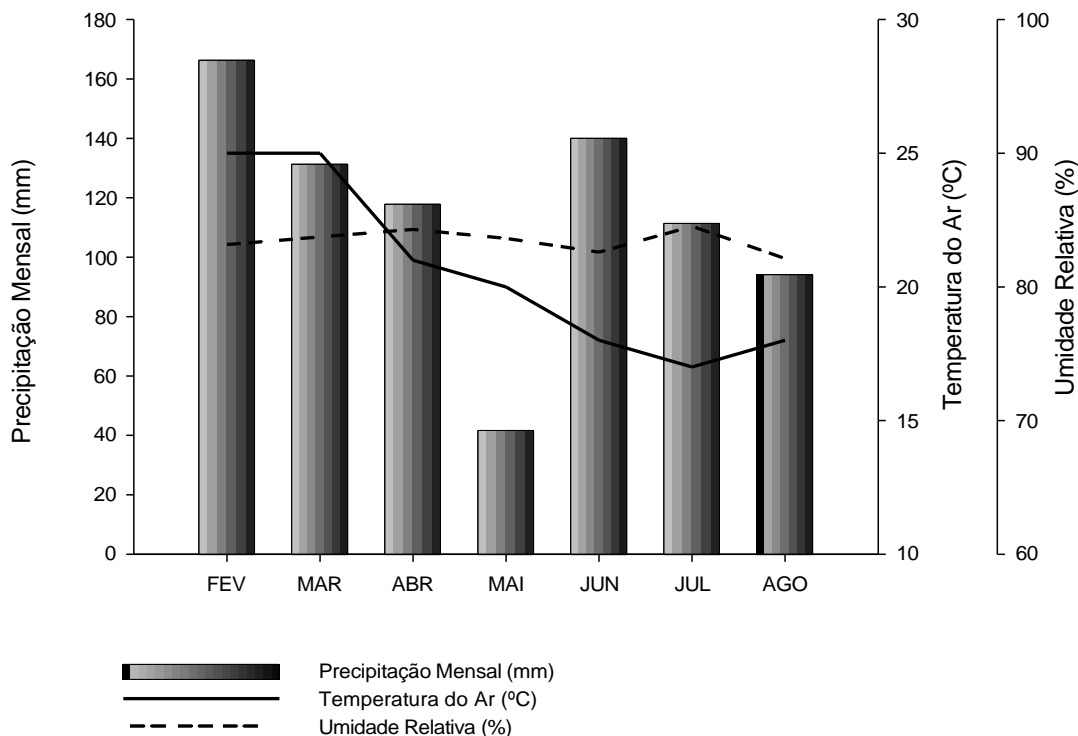


Figura 1 - Condições climáticas em Florianópolis durante o período de coleta de solo em 2023: precipitação mensal (mm), temperatura média do ar (C) e umidade relativa do ar (%).

As parcelas experimentais, com dimensões de 4 x 4 m (16 m²), foram estabelecidas em fevereiro de 2023 com a correção do solo, conforme recomendação da CQFS-RS/SC (2016).

Foram estabelecidos dois experimentos independentes utilizando duas espécies forrageiras de gramíneas tropicais: Experimento 1 - *Megathyrus maximus* cv. Zuri e Experimento 2 - *Urochloa brizantha* cv. Piatã as quais foram submetidas a diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados, distribuídas nos seguintes tratamentos: Controle sem N; Ureia (445 kg ha⁻¹ = 200 kg ha⁻¹ de N); Adubo nitrogenado de liberação lenta (BUF¹) - (445 kg ha⁻¹ = 147 kg ha⁻¹ de N); BUF² - (606 kg ha⁻¹ = 200 kg ha⁻¹ de N); Bentonita, como controle, utilizada na confecção do BUF. Os tratamentos avaliados foram aplicados de fevereiro a maio de 2023, sendo as doses estabelecidas divididas em cinco aplicações.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com 4 repetições por tratamento, totalizando 20 parcelas experimentais por experimento. O adubo nitrogenado de liberação lenta foi produzido pelo Laboratório Interdisciplinar de Desenvolvimento de Nanoestruturas (LINDEN) do Departamento de Engenharia Química e de alimentos da UFSC, a partir de bentonita modificada e ureia.

As parcelas foram submetidas ao manejo de corte mecânico com roçadeira manual motorizada, sendo cortadas nas datas 26 e 28/06/2023, 20/11/2023,

08/01/2024 e 07/03/2024. As cultivares foram medidas e cortadas quando a primeira parcela do experimento chegava na altura de 70 cm para Piatã e 90 cm para Zuri. Após o corte, as parcelas eram rebaixadas até 5 cm. Entretanto, não foi possível manter o padrão de altura devido às condições climáticas de chuva durante o período de estudo.

Para a avaliação de produção de massa de forragem foi utilizada uma armação metálica quadrada de 1 x 1 m dentro da parcela em que foi realizada a coleta de massa verde. Após a coleta, a massa verde (MV) foi pesada e depois colocada em uma estufa de circulação forçada a uma temperatura de 65°C até peso constante. Posteriormente, a amostra foi pesada novamente para determinar o teor de matéria seca (MS). A quantidade coletada das amostras na área de 1 m² foi extrapolada para hectare para determinar a massa de forragem em kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Para a avaliação dos teores de N mineral no solo foram coletadas amostras nas camadas de 0-10 e 10-20 cm no período de estabelecimento das forrageiras, utilizando trado calador, a cada 7 dias após o início da aplicação dos tratamentos, conforme Figura 2.

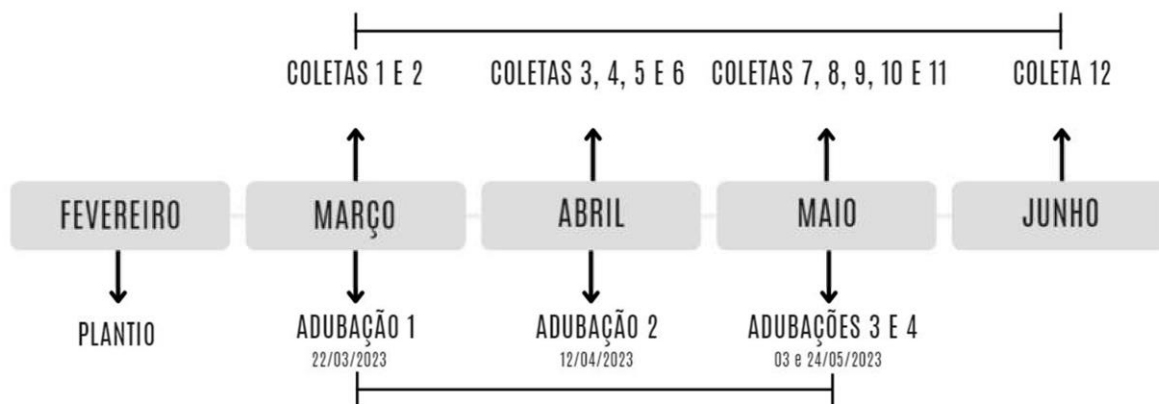


Figura 2 - Cronograma com datas de plantio, coletas de solo e adubações.

¹ Foi realizada uma coleta antes de cada adubação e duas posteriores às adubações.

*Os dados da coleta cinco foram perdidos.

As amostras de solo coletadas foram analisadas no Laboratório de Análise de Solo, Água e Tecidos Vegetais da UFSC, onde foram determinados os teores de N mineral conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Para isso, aproximadamente 5 g de solo foram pesados em frascos snap cap. Em seguida, foram adicionados 50 mL de solução de cloreto de potássio (KCl 1 mol L⁻¹) utilizando uma proveta graduada. As amostras foram agitadas por 30 minutos e, após esse período, permaneceram em repouso por mais 30 minutos para sedimentação do solo. Após o período de descanso, uma alíquota de 20 mL do extrato foi transferida, com o auxílio de uma pipeta, para tubos de digestão e posterior destilação.

Para a destilação, foram adicionados ao tubo 0,2 g de óxido de magnésio (MgO) e 0,2 g de liga de Devarda. O tubo foi conectado ao destilador, no qual foi acoplado um frasco de Erlenmeyer contendo 5 mL de solução indicadora de ácido bórico. A destilação foi conduzida até que se obtivesse um volume entre 35 e 40 mL de destilado. Na etapa final, procedeu-se a titulação do destilado com ácido sulfúrico 0,0025 mol L⁻¹, utilizando uma bureta automática. O volume de ácido gasto permitiu a quantificação indireta do nitrogênio presente na amostra, considerando a soma de NH₄⁺, NO₃⁻ e NO₂⁻.

Os dados obtidos para a produção de massa de forragem (massa verde e matéria seca) e altura foram submetidos a análise de variância e comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5%. As análises estatísticas foram realizadas no R (R Core Team, 2018), usando pacote lme4. Os dados de N mineral no solo foram submetidos à análise de variância e, quando observada diferença entre os tratamentos na mesma camada ou entre as camadas no mesmo tratamento, as médias foram comparadas pelos testes de Skott Knott ou t student, respectivamente, ao nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas no software Sisvar 5.6.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Altura (cm), massa verde (MV) e matéria seca (MS)

A altura média das forragens apresentou diferença entre os tratamentos. Os tratamentos Ureia, BUF¹ e BUF² apresentaram alturas entre si, mas maiores em comparação ao controle e a bentonita. Para a cultivar Piatã a média das alturas nos tratamentos que receberam aplicação de N foi de 88 cm, enquanto os tratamentos sem aplicação de N apresentaram média de 43,5 cm (Tabela 3). A produção média de MV e MS dos tratamentos com aplicação de N foi de 11.517 kg ha⁻¹ e 2.613 kg ha⁻¹, enquanto os tratamentos sem aplicação de N apresentaram média de 2.307 kg ha⁻¹ e 868 kg ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 2 – Produção média de massa verde (MV), massa seca (MS) e altura (cm) do capim *Urochloa brizantha* cv. Piatã submetido a diferentes fontes e quantidades de fertilizante nitrogenado.

Parâmetros	Controle	Ureia	BUF ¹	BUF ²	Bentonita	CV%
Altura (cm)	42,5 b ¹	94,0 a	85,5 a	85,9 a	44,4 b	36,53
MV (kg ha ⁻¹)	2.397 b	11.463 a	10.802 a	12.287 a	2.217 b	64,95
MS (kg ha ⁻¹)	600 b	2.548 a	2.537 a	2.756 a	536 b	65,53

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Controle; Ureia (200 kg ha⁻¹ de N); BUF1 – (147 kg ha⁻¹ de N) BUF2 – (200 kg ha⁻¹ de N); Bentonita – (162 kg ha⁻¹). CV: coeficiente de variação.

Para a cultivar Zuri a média das alturas nos tratamentos que receberam

aplicação de N foi de aproximadamente 96 cm, enquanto os tratamentos sem aplicação de N apresentaram média de 48,4 cm (Tabela 4). A produção média de MV e MS dos tratamentos com aplicação de N foi de 9.242 kg ha⁻¹ e 2.114 kg ha⁻¹, enquanto os tratamentos sem aplicação de N apresentaram média de 1.529 kg ha⁻¹ e 381 kg ha⁻¹, respectivamente. Importante destacar que para as variáveis analisadas o tratamento BUF¹, com aplicação de 147 kg ha⁻¹ de N, não diferiu dos tratamentos com Ureia e BUF², que receberam 200 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 3 – Produção média de massa verde (MV), massa seca (MS) e altura (cm) do capim *Megathyrus maximus* cv. Zuri submetido a diferentes fontes e quantidades de fertilizante nitrogenado.

Parâmetros	Controle	Ureia	BUF ¹	BUF ²	Bentonita	CV%
Altura (cm)	50,3 b ¹	97,8 a	89,7 a	102,4 a	46,6 b	43,24
MV (kg ha ⁻¹)	1.759 b	9.595 a	8.172 a	9.959 a	1.299 b	79,47
MS (kg ha ⁻¹)	426 b	2.163 a	1.909 a	2.271 a	336 b	78,20

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Controle; Ureia (200 kg ha⁻¹ de N); BUF¹ – (147 kg ha⁻¹ de N) BUF² – (200 kg ha⁻¹ de N); Bentonita – (162 kg ha⁻¹). CV: coeficiente de variação.

Em outros trabalhos, a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia resultou na produção de matéria verde (MV) de 10,2 Mg ha⁻¹ na média de três cortes, em um ciclo de adubação de 5 meses (Neres *et al.*, 2012), produção comparável à média dos cortes dos tratamentos deste experimento, embora alcançada em dois ciclos de adubação. As produções observadas neste estudo também são semelhantes às reportadas por Santana *et al.* (2011), que compilaram dados de desempenho do cv. Piatã ao longo de quatro anos após lançamento da cultivar. A adubação nitrogenada tem como objetivo aumentar consideravelmente a produção de matéria seca (MS), produzindo biomassa necessária para a alimentação e produção animal (Fernandes, 2011).

A produção de matéria seca (MS) do capim *Urochloa decumbens*, calculada a partir da soma dos três cortes, tiveram um incremento na produção de MS em resposta ao aumento das doses de N (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) (Magalhães, 2007). Esses achados estão em concordância com os resultados obtidos por Rossi *et al.* (1997) e Fagundes *et al.* (2005b), os quais, ao trabalharem com doses de N de até 300 kg ha⁻¹, também constataram aumento na produção de matéria seca. Em experimento conduzidos com diferentes doses de ureia (0, 40, 80 e 120 mg dm⁻³) em *Megathyrus maximus* cv. Massai, Martuscello *et al.* (2009) observaram que as doses de N exerceram efeito positivo na produção de massa seca total.

Com aplicação da dose de 40 kg ha⁻¹ de N, Castagnara (2011) observou crescimento de 4,6 cm semanal nas forrageiras tropicais *Megathyrus maximus* cv. tânzania e *Urochloa* sp híbrida mulato. De acordo com Alexandrino *et al.* (2003), os

maiores valores na altura das plantas podem estar relacionadas com a maior disponibilidade de N no solo. Essa produção é potencializada pela adubação nitrogenada, que acelera a taxa de crescimento e o perfilhamento do capim Zuri, aumentando o número de folhas vivas, a densidade populacional e, conseqüentemente, a produção de matéria seca (Abreu *et al.* 2010). Estudos que seguiram um formato similar têm demonstrado um padrão consistente de resposta, onde o N aumenta tanto a altura das plantas quanto a produtividade do capim Zuri. Em estudo com o capim Tanzânia, Patês *et al.* (2007) constataram que a adubação com ureia promoveu o aumento e desenvolvimento das taxas de aparecimento e alongamento foliar e do colmo, além de aumentar o número de perfilhos, número total de folhas e comprimento final da folha.

A produção observada no BUF¹ é semelhante à obtida com ureia, mas com uma dose reduzida de N, destaca-se como um resultado relevante na busca por maior eficiência na recuperação de N pelas culturas, o que permite uma adubação nitrogenada mais racional. Isso contribui para a redução da volatilização de N e, indiretamente, das emissões de N₂O, ajudando assim a mitigar a emissão de gases de efeito estufa.

5.2 Teores de N mineral no solo

No experimento com *Urochloa brizantha* cv. Piatã, em 9 das 11 coletas foram observadas diferenças entre os tratamentos para os teores de N mineral no solo, na camada de 0-10 cm, onde Ureia e BUF 2 apresentaram os maiores teores (Figura 3). Na camada de 10-20 cm, 4 das 11 coletas apresentaram diferenças para os teores de N mineral no solo com maiores teores para Ureia e BUF 2, indicando que há movimento descendente do N no solo nesses tratamentos.

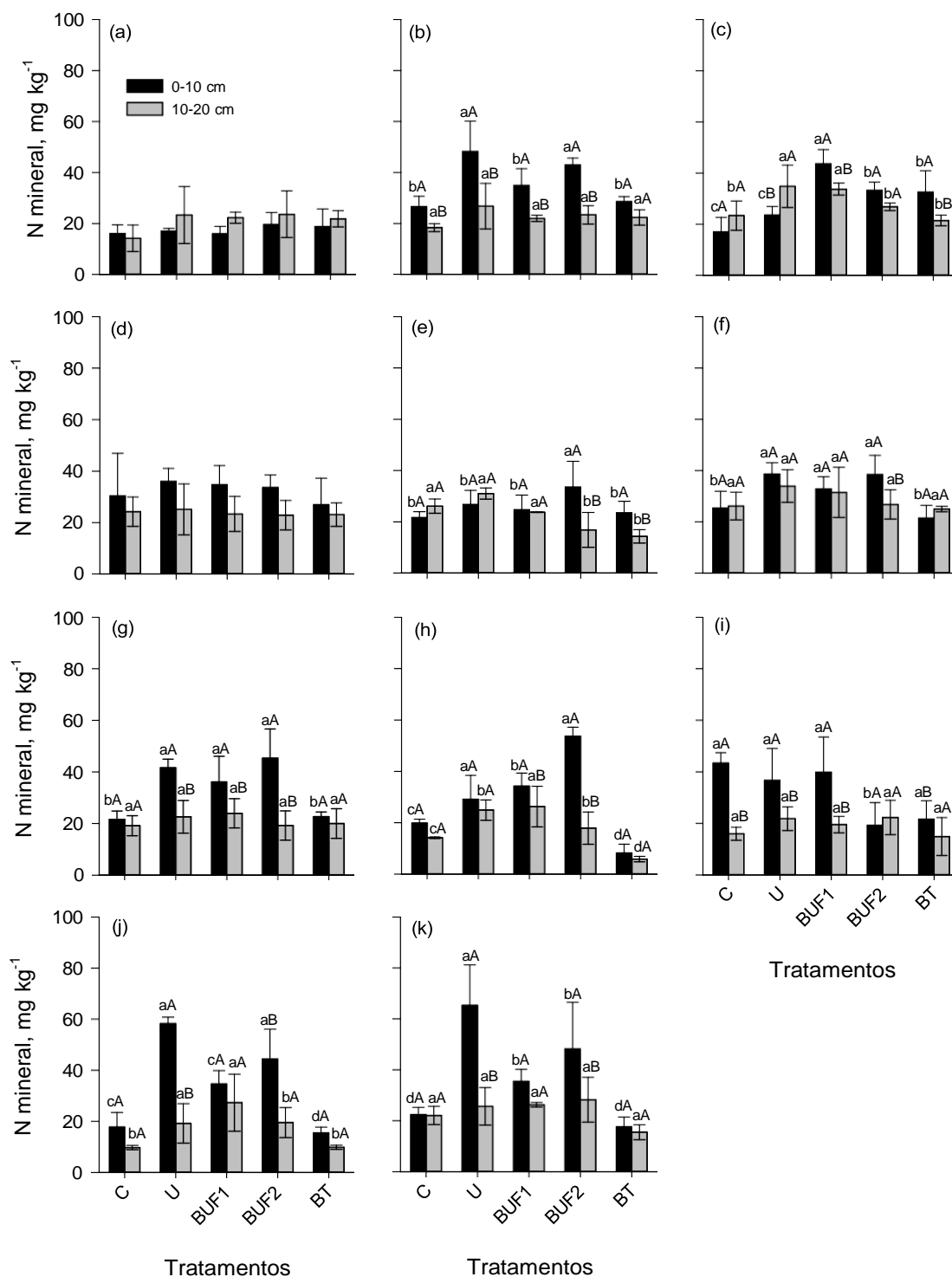


Figura 3 - Teores de N mineral no solo em 11 coletas (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, durante um ciclo de cultivo de *capim Urochloa brizantha* cv. Piaã submetido a diferentes fontes e quantidades de fertilizante nitrogenado. Letras minúsculas comparam os tratamentos na mesma camada e letras maiúsculas as duas camadas no mesmo tratamento e, se iguais, não diferem entre si pelos testes de Scott-Knott e t student, respectivamente ($p < 0,05$).

No experimento com *Megathyrsus maximus* cv. Zuri, em 10 das 11 coletas foram observadas diferenças entre os tratamentos para os teores de N mineral no solo, na camada de 0-10 cm, onde Ureia, BUF¹ e BUF² apresentaram os maiores teores (Figura

4). Na camada de 10-20 cm, 2 das 11 coletas apresentaram diferenças para os teores de N mineral no solo, indicando que há movimento descendente do N no solo predominantemente do BUF², em que houve maiores teores de N nessa camada.

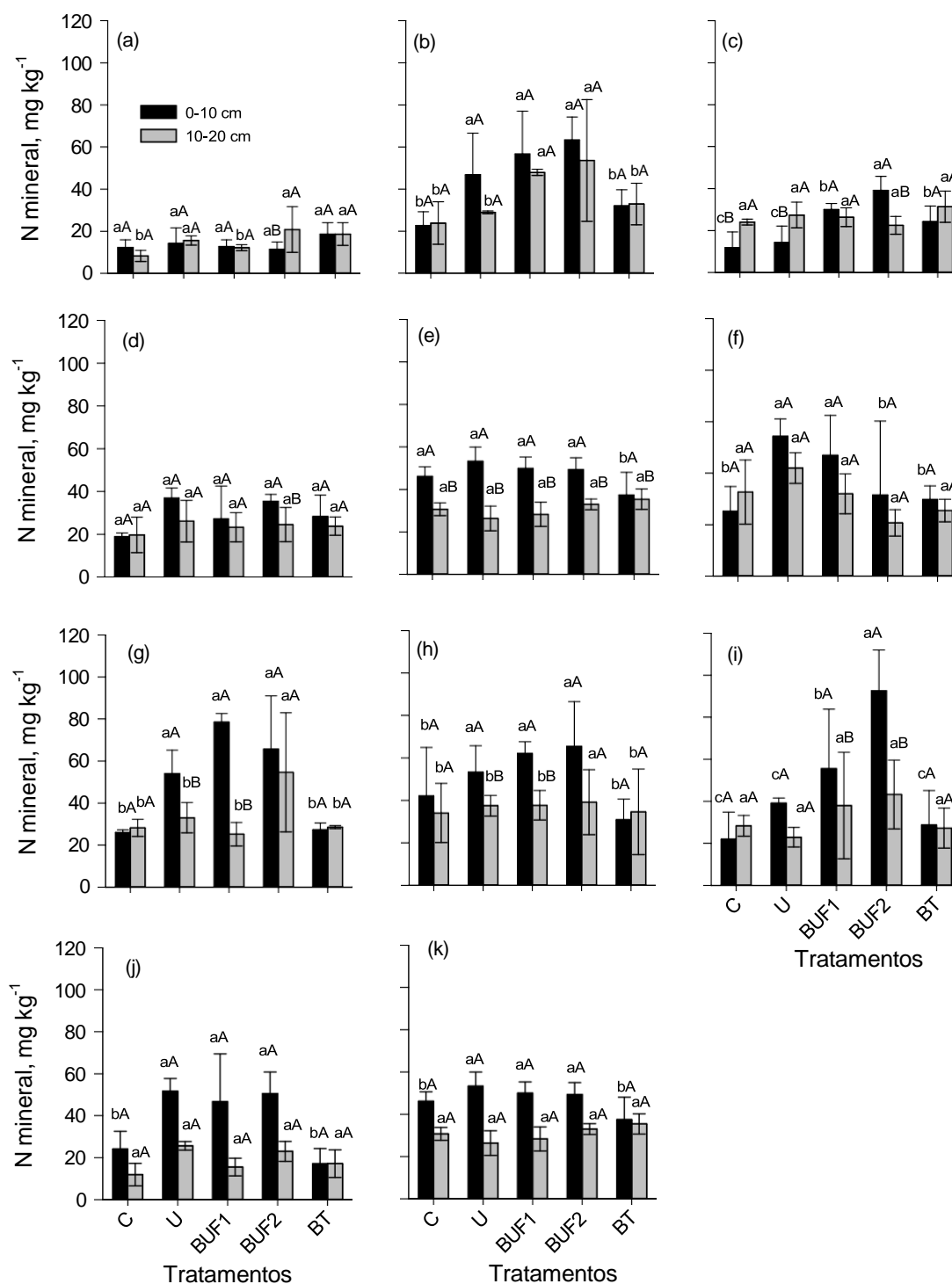


Figura 4 - Teores de N mineral no solo em 11 coletas (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, durante um ciclo de cultivo de capim *Megathyrus maximus* cv. Zuri submetido a diferentes fontes e quantidades de fertilizante nitrogenado. Letras minúsculas comparam os tratamentos na mesma camada e letras maiúsculas as duas camadas no mesmo tratamento e, se iguais, não diferem entre si para os testes de Scott-Knott e t student, respectivamente (p<0,05).

Neste estudo, o N-mineral foi mais frequentemente encontrado na camada

superficial (0-10 cm), sendo que a ureia, por ser uma fonte altamente solúvel, libera rapidamente o N no solo, o que justifica os altos teores observados. Já no caso do BUF², assim como na ureia, as quantidades mais elevadas podem ser explicadas pela adição da mesma quantidade de N na adubação.

Esses resultados estão de acordo com o estudo de Sartor *et al.* (2011), que igualmente verificaram maior concentração de N-NO₃⁻ na camada superficial (0-10 cm) de um Latossolo Vermelho sob condições climáticas semelhantes, especialmente nos tratamentos com 200 e 400 kg ha⁻¹ de N. Os autores ainda observaram ausência de diferenças nos teores de N-NO₃⁻ abaixo de 10 cm no tratamento com 200 kg ha⁻¹ de N, indicando ausência de lixiviação devido à absorção do N pela forrageira.

O movimento descendente do N para a camada de 10-20 cm, no presente estudo, ocorreu com menos frequência, o que pode ser atribuído ao alto nível do lençol freático na região e aos índices pluviométricos que mantiveram o solo com elevada saturação hídrica durante grande parte do período de estudo (Figura 1). As condições climáticas específicas do período experimental (temperatura média de 20,9°, umidade relativa de 83,4% e pluviosidade acumulada de 804 mm) criaram um ambiente propício para a rápida hidrólise da ureia, mas ao mesmo tempo limitaram sua mobilidade vertical, resultando em maior variação nos resultados.

É importante considerar que as concentrações de N inorgânico (NH₄⁺, NO₃⁻ e NO₂⁻) podem ser alteradas rapidamente com a ocorrência de precipitações, o que limita o uso de métodos para determinar as formas inorgânicas em regiões ou períodos de alta pluviosidade e em solos com baixa capacidade de drenagem natural, dificultando a previsão da disponibilidade de N para as culturas (Cantarella, 2007). De acordo com Vahl (1999), a taxa de liberação do N em solo que sofre alagamento também é dependente do tempo de alagamento e de eventuais ciclos de umedecimento e secagem. Corroborando com os resultados desse estudo, Antil *et al.* (1993) relataram que embora a manutenção do teor de água próximo à capacidade de campo seja favorável a hidrólise da ureia, as perdas de N se intensificam devido ao rápido movimento ascendente da solução do solo.

Os resultados deste estudo demonstram que, mesmo em condições de solo com elevada saturação hídrica, os fertilizantes nitrogenados de liberação lenta apresentam vantagens significativas em sistemas pastoris tropicais. Dessa forma, verificou-se que é possível a redução de 26,5% da quantidade de N aplicada na forma de liberação lenta em relação à ureia sem comprometer a quantidade de N mineral disponível para as plantas, principalmente no experimento com capim zuri.

A incorporação de bentonita em ureia compactada reduziu as perdas de N-NH₃ por volatilização em 21% em comparação a ureia, comprovando a eficácia desses

fertilizantes (Oliveira et al. (2014b). Os principais benefícios dos fertilizantes de liberação lenta incluem a redução das perdas de N por lixiviação e volatilização, assegurando que o nutriente permaneça no solo por um período mais prolongado e esteja disponível para as plantas de forma contínua. Essas características são essenciais em sistemas de cultivo que requerem a disponibilidade de N ao longo de todo o ciclo, como as pastagens, representando um avanço na intensificação sustentável da pecuária tropical.

6. CONCLUSÕES

As maiores doses de N aplicadas (ureia e BUF²) resultaram nos mais elevados teores de N mineral no solo. Entretanto, a utilização do fertilizante nitrogenado de liberação lenta (BUF¹), elaborado com ureia e bentonita, permitiu uma redução de 26,5% na dose de nitrogênio aplicada em relação à ureia convencional, sem comprometer à produção de biomassa das forrageiras. Essa alternativa se mostra promissora para sistemas de produção sustentáveis, pois alia eficiência agrônômica às vantagens ambientais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. G. Disponibilidade, composição botânica e valor nutritivo da forragem de pastos consorciados, sob três taxas de lotação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 36-46, 2003.

ALVIM, M. J.; BOTREL, M. de A.; XAVIER, D. F. Comunicado Técnico 22: As principais espécies de Brachiaria utilizadas no País. Juiz de Fora/MG: **Embrapa**, 2002. 4 p.

ALEXANDRINO, E. et al. Produção de massa seca e vigor de rebrotação de Brachiaria brizanthacv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequência de cortes. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, n.2, p. 141-147, 2003.

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L. Brachiaria brizantha cv. Piatã: Gramínea Recomendada para Solos Bem-drenados do Acre. Rio Branco: **Embrapa Acre**, 2010. 8 p. (Embrapa Acre. Circular Técnica, 54).

ANTIL, R.S.; GUPTA, A.P. & NARWAL, R.P. Effect of substrate concentration, soil tures and organic amendments on urease activity of soil containing variable amnoicuknetls. **Arid Soil Res. Rehab.**, 7:381-387, 1993.

APOSTOLOPOULOU, E. The global market for slow-release, controlled-release and stabilized fertilizers. Beijing: **International Fertilizer Association – IFA**, 2016. 19 p.

ASSMANN, A. L., PELISSARI, A., MORAES, A. DE ., ASSMANN, T. S., OLIVEIRA, E. B. DE ., & SANDINI, I . Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e

nitrogênio. **Revista Brasileira De Zootecnia**, 33(1), 37–44, 2004

BALOTA, E. L. et al. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 490, p. 397-404, 2014.

BARTON, L., & COLMER, TD . Estratégias de irrigação e fertilizantes para minimizar a lixiviação de nitrogênio do gramado . **Agricultural Water Management** , 80 (1–3), 160 – 175, 2006.

BARTH NETO, A. et al. Nitrogênio e época de colheita nos componentes da produtividade de forragem e sementes de capim-mombaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 11, p. 1312-1320, 2011.

BARBERO, R. P. et al. Production potential of beef cattle in tropical pastures: a review. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, 2021.

BRAGA, G.; SILVA, E. D. da; CARRIJO, D. O capim BRS Zuri (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens. 2023.

CAETANO, L. P. S.; DIAS-FILHO, M. B. Responses of six *Brachiaria* spp. Accessions to root zone flooding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 795-801, 2008.

CAMPOS, N. R. F. et al. Adubação de pastagens e manejo do pastejo como estratégias para intensificar a produção animal. **Anais da X Mostra Científica FAMEZ/ UFMS**, Campo Grande, p. 203-212, 2017.

CARVALHO, W. T. V. et al. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. Barbacena: **Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais**, 2023.

CANTARELLA, H. et al. Ammonia volatilization from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 397-401, 2008.

CASTAGNARA, D.D. Adubação nitrogenada sobre o crescimento, a produção e a qualidade de gramíneas forrageiras tropicais. 97f. Dissertação (Mestrado) - **Universidade Estadual do Oeste do Paraná**, Marechal Cândido Rondon, 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul**, 2016. 376 p.

COSTA, N. de L. et al. Calagem e adubação de pastagens. In: COSTA, N. de L.; PEREIRA, R. G. de A.; SILVA, R. A. da (org.). Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia. Porto Velho: **Embrapa Rondônia**, 2004. p. 85–92.

COSTA, N.L.; PAULINO, V.T.; MAGALHÃES, J.A. Produção de forragem, composição química e morfogênese de *Panicum maximum* cv. vencedor sob

- diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.8, n.1, p.66-72, 2006.
- CRUZ, P. J. R. Fluxo de tecidos, fisiologia e produção de plantas forrageiras sob sombreamentos. 2019. Dissertação (Mestrado) - **Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Diamantina**, 2019.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). **Fertilidade do Solo**. SBCS: Viçosa, 2007. Cap 3. p. 91-132.
- DEMIDCHIK, V. Mechanisms and physiological roles of K⁺ efflux from root cells. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 9, p. 696–707, 2014.
- DUPAS, E. et al. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 9, p. 1330-1338, 2016.
- EUCLIDES, V. P. B. et al. Características do pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p. 1189-1198, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Gado de Corte. Adubação de pastagens. In: CONSIDERAÇÕES SOBRE ÍNDICES DE PRODUTIVIDADE DA PECUÁRIA DE CORTE EM MATO GROSSO DO SUL. Documento 70. Campo Grande: **Embrapa Gado de Corte**, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Adubação de pastagens: aspectos técnicos . Campo Grande, MS: **Embrapa Gado de Corte**, 2004. (Comunicado Técnico, 78).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**. Manejo de pastos de *Brachiaria brizantha*. 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**. **GADO DE CORTE**. BRS Zuri *Panicum maximum*. BRS Zuri, produção e resistência para a pecuária, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**. **Pastagens**: importância da adoção de práticas adequadas de manejo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021.
- EVANGELISTA, A. R. Formação e manejo de pastagens tropicais. **UFLA, Lavras-MG**, p. 5-45, 2000.
- FAGAN, E. B. et al. Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral. **São Paulo: Andrei**, 2016. 305 p.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C. et al. Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com

nitrogênio avaliada nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 25-294, 2006.

FAZAN, L. G. Exploração de arquiteturas de redes neurais convolucionais para identificação de forrageiras do gênero *Brachiaria* e *Panicum*. 2020. Dissertação (Mestrado) - **Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande**, 2020.

FERREIRA, D. A. Eficiência agrônômica da uréia revestida com polímero na adubação do milho. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado) - **Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba**.

FERNANDES, J.C. Fontes e doses de nitrogênio na adubação do capim-mombaça em cerrado de baixa altitude. Ilha Solteira: **Unesp**, 2011.

FERREIRA, G. W. et al. Effect of organic and mineral fertilizers applications in pasture and no-tillage system on crop yield, fractions and contaminant potential of Cu and Zn. **Soil and Tillage Research**, v. 225, 2023.

FIGUEIREDO, CÍCERO CÉLIO DE; RAMOS, MARIA LUCRÉCIA GEROSA. Biomassa microbiana do solo e produção de alface em função da dose de N e adubo orgânico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 1-10, 2009.

FRAZÃO, J. J. et al. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1262–1267, 2014.

GALINDO, F. S. et al. Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guinegrass (*Panicum maximum* cv. mombasa) at dry and rainy seasons. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 12, p. 1657-1664, 2017.

GUELFÍ, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **IPNI, Informações Agrônomicas**, v. 157, p. 1-14, 2017.

GUIMARÃES, M. G. Efeitos da aplicação de escória de siderurgia no desenvolvimento do capim BRS Zuri e nos atributos químicos do solo. 2019. Dissertação (Mestrado) - **Universidade Federal Fluminense, Niterói**, 2019.

GHOSH, K. et al. Soil physico-chemical properties as influenced by combined use of NPK and zinc at varying levels under blackgram (*Vigna mungo* L.) cultivation in an inceptisol of Prayagraj, Uttar Pradesh, India. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 34, n. 22, p. 1172–1182, 2022.

HILLIER, S.; NOLAN, A. Nitrogen transformations in soil: Forms and processes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 29, n. 5, p. 673-682, 1997.

HOUMANI, H. et al. High salinity stimulates the adaptive response to potassium deficiency through the antioxidant and the NADPH-generating systems in the roots and leaves of the halophyte *Cakile maritima*. **Journal of Plant Growth Regulation**, 2022.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. Sulfato de amônio: mais do que um fertilizante nitrogenado. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 157, p. 1-14, 2017.

HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. 7. ed. **New Jersey**: Pearson 2005. 515 p.

JAIN, K.; DHAKA, R. K. Sustained release fertilizers for modern agriculture. **Just Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 1–4, 2022.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 12. Piracicaba, 1995. Anais. Piracicaba: **Fealq**, 1995. p. 21-58.

Magalhães, A. F., Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P. de ., Silva, F. F. da ., Sousa, R. S., & Veloso, C. M.. (2007). Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-braquiária. **Revista Brasileira De Zootecnia**, 36(5), 1240–1246.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: **Instituto da Potassa & Fosfato**, 1986. p. 165-274.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass: Coleção (v.6.0) da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. 2022.

MAPBIOMAS. Destaques do mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 a 2023. 2023.

MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARIONI, L. G.; SOUSA, D. M. G.; BARCELLOS, A. O. Manejo da adubação nitrogenada em pastagem. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 21, 2004, Piracicaba. Anais. Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 155-215.

MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; DERESZ, F. Formação e utilização de pastagem manejada em sistemas intensivos de produção de leite. **Circular técnico**, 2004.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Adubação nitrogenada e partição de massa seca em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 663-667, maio/jun., 2009.

MEDEIROS, R. et al. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2321-2326, 2008.

MEISINGER, J. J. et al. Soil nitrogen budgets. In: SCHEPERS, J. S.; RAUN, W. R. (Ed.). Nitrogen in agricultural systems. Madison: **American Society of Agronomy**, 2008. p. 505-562. (Agronomy Monograph, 49).

MOREIRA, L. M. Características estruturais do pasto, composição química e desempenho de novilhos em pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. basilisk adubada com nitrogênio. 2000. 132 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, 2000

MOTT, G. O. Pressão de pastagem e medição da produção de pastagem. Em Anais do 8º Congresso Internacional de Pastagens. **The British Grassland Society**, Reading, Reino Unido, 11–21 de julho de 1960. (Ed. C. L. Skidmore) pp. 606–611.

NASCIMENTO, C. A. C. et al. Fly ash as zeolites for reducing nitrogen losses by

volatilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 3023-3032, 2012.

PATÊS, N. M. da S. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **R. Bras. Zootec.**, v.36, n.6, p.1736-1741, 2007.

PEREIRA, V. V. et al. Características morfogênicas do Capim-mombaça sob doses de nitrogênio e densidades de plantas. In: **SIMPÓSIO E CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS**, 7., 2009, Lavras, MG. Anais... Lavras, 2009.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 655-661, 2004.

PRADO, R.M. Manual de nutrição de plantas forrageiras. Jaboticabal: **Funep**, 2008. 464 p.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M.J.A.; SILVA, A.G. & FREITAS, A.R. Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross: Eficiência e perdas. São Carlos, **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2001. 42p. (Circular Técnica, 30)

PRIMAVESI, A. C. et al. Adubação nitrogenada em capim-Coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.

RADIS, A. C. Características estruturais e valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã em diferentes idades e alturas de corte. 2010. 72 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - **Universidade Estadual do Oeste do Paraná**, Marechal Cândido Rondon, 2010.

RABALAIS, N. N. Nitrogen in aquatic ecosystems. **Ambio**, v. 31, n. 2, p. 102-112, 2002.

Ramírez, V. S., & Matos, A. T. de .. (2022). Influência da textura do solo receptor e das condições climáticas e ambientais na taxa e fração de mineralização da matéria orgânica no solo. **Engenharia Sanitaria E Ambiental**, 27(2), 315–323.

ROSSI, C.; FAQUIN, V.; CURI, N. Calagem e fontes de fósforo na produção do braquiário e níveis críticos de fósforo em amostras de Latossolo dos Campos das Vertentes (MG). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1083-1089, 1997

RUSER, R.; SCHULZ, R. The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N₂O) release from agricultural soils – a review. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 178, p. 171-178, 2015.

SANTOS, M. E. R. et al. Morphogenic and structural characteristics of tillers on areas with signalgrass pasture varying on height. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 535-542, 2011.

SARTOR, L. R.; ASSMANN, T. S.; SOARES, A. B.; ADAMI, P. F.; ASSMANN, A. L.; PITTA, C. S. R. Nitrogen fertilizer use efficiency, recovery and leaching of an alexandergrass pasture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2011.

Silva, S. C. da ., & Nascimento Júnior, D. do .. (2007). Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e

manejo do pastejo. **Revista Brasileira De Zootecnia**, 36, 122–138.

SILVA, F. C. (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: **EMBRAPA**, 2009.

SIMAN, F. C. et al. Nitrogen fertilizers and volatilization of ammonia, carbonic gas emissions and urease activity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 53, n. 4, p. 426-438, 2022.

SOARES FILHO, C. V. et al. Ammonia volatilization losses in Tanzania grass fertilized with urea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 1, p. 253-264, jan./mar. 2015.

SOUZA, J. R. Adubação nitrogenada e perdas de N-NH₃ de fontes convencionais e de eficiência aumentada na cultura do milho. 2018. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista (**UNESP**), Jaboticabal, 2018.

SUN, X. et al. The physiological mechanism underlying root elongation in response to nitrogen deficiency in crop plants. **Planta**, v. 251, n. 4, p. 1–14, 2020.

TEDESCO MJ, Volkweiss SJ, Bohmen H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, RS: **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**; 1995

TIMILSENA, Y. P. et al. Enhanced efficiency fertilisers: a review of formulation and nutrient release patterns. **Journal of Science Food Agriculture**, v. 95, n. 6, p. 1131-1142, 2015.

TOWNSEND, C. R. et al. Nutrientes limitantes em solos de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu em Porto Velho (RO). In: **REUNIÃO ANUAL DA SBZ**, 37, 2000, Viçosa. Anais. Viçosa: 2000. p. 158-159.

TRINH, T. H.; KUSHAARI, K. Dynamic of Water Absorption in Controlled Release Fertilizer and its Relationship with the Release of Nutrient. **Procedia Engineering**, v. 148, n. 1877-7058, p. 319-326, 2016.

VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VALLE, C. B. et al. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, v. 11, n. 2, p. 28-30, 2007.

VAHL, L.C. Fertilidade de solos de várzea. In: GOMES, A.S.; PAULETTO, E. (Eds). Manejo do solo e da água em áreas de várzea Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 1999. p.119-162.

VIEIRA, R. F. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. Brasília, DF: **Embrapa**, 2017. 163 p.

VILLALBA, G. Misturas de uréia revestidas com polímeros e uréia convencional na adubação da cultura do milho. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado) - **Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'**, Piracicaba, 2014.

VITOUSEK, P. M. et al. Human alteration of the global nitrogen cycle: Causes and consequences. **Issues in Ecology**, Washington, v. 1, p. 1-17, 1997.

WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; MONTEIRO, F. A. Adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 18., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: **FEALQ**, 2001. p. 129-156.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas – Uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 11, p. 103- 122, 2004.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: BORGES, A. L. (Org.). *Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá*. 2. ed. Brasília, DF: **Embrapa**, 2021. p. 263–303.