

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Juliana Bonfim Cassimiro

Engenheira Agrônoma

VOLATILIZAÇÃO, NITROGÊNIO NO SOLO E
PRODUTIVIDADE DE CAPIM MARANDU COM A
APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS
COM EFICIÊNCIA AUMENTADA

Dracena

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Juliana Bonfim Cassimiro

Engenheira Agrônoma

**VOLATILIZAÇÃO, NITROGÊNIO NO SOLO E
PRODUTIVIDADE DE CAPIM MARANDU COM A
APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS
COM EFICIÊNCIA AUMENTADA**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp,
Câmpus de Dracena como parte das
exigências para obtenção do título de
Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Reges Heinrichs

Dracena

2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

C345v

Cassimiro, Juliana Bonfim.

Volatilização, nitrogênio no solo e produtividade de Capim Marandu com a aplicação de fertilizantes nitrogenados com eficiência aumentada / Juliana Bonfim Cassimiro. -- Dracena: [s.n.], 2020.

86 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2020.

Orientador: Reges Heinrichs

1. Adubação nitrogenada. 2. Inibidor de urease. 3. Urochloa brizantha. I. Título.



Bibliotecário Fábio Sampaio Rosas
CRB 8/6665

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: VOLATILIZAÇÃO, NITROGÊNIO NO SOLO E PRODUTIVIDADE DE CAPIM MARANDU COM A APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS COM EFICIÊNCIA AUMENTADA

AUTORA: JULIANA BONFIM CASSIMIRO

ORIENTADOR: REGES HEINRICH

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. REGES HEINRICH (Participação Virtual)

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena – UNESP



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO (Participação Virtual)

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. RAFAEL OTTO (Participação Virtual)

Ciência do Solo / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Juliana Bonfim Cassimiro, nascida em 29 de agosto de 1993 no município de São Bernardo do Campo, São Paulo. Técnica em Agropecuária pela Etec Profª Carmelina Barbosa, Dracena, São Paulo. Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, em dezembro de 2017. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal em março de 2018, na área de produção de ruminantes, sendo bolsista pela FUNEP. Membro do GENAP – Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas.

DEDICATÓRIA

À minha mãe Maria Izabel Silva Bonfim e meu irmão Leonardo Bonfim Cassimiro pelo amor, carinho, preocupação, dedicação e companheirismo, exemplos de vida fundamentais para a minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pois sem ele nada seria possível, quem dirá chegar onde estou, que para mim já é uma glória.

Agradecer a minha mãe, pois muitas vezes mesmo não podendo, fez o que pode para eu nunca desistir dos meus sonhos.

Aos meus familiares e amigos por fazerem parte da minha vida e tornarem os meus dias melhores.

Ao prof. Dr. Reges Heinrichs, pela oportunidade, orientação, confiança, compreensão, dedicação, apoio e conhecimentos transmitidos. Manifesto minha gratidão pela grande contribuição em minha vida acadêmica e pessoal.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Dracena (FCAT/UNESP).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal.

Aos professores/pesquisadores que aceitaram compor as bancas de qualificação e defesa da dissertação.

A todos os docentes do programa de mestrado em Ciência e Tecnologia Animal.

Aos técnicos de laboratório e de campo pela contribuição na execução das coletas e análises do experimento, em especial a técnica de laboratório Andreia da Silva Pepeliskof.

A empresa Koch Industries Inc. pelo apoio a pesquisa junto a Funep;

Aos alunos e amigos do mestrado em ciência e tecnologia animal e GENAP (Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas), pelo companheirismo e apoio na execução dos trabalhos, em especial Ariele Boni, Clayton Baravelli, Maikon Lira, Natália Donato, Loriane Guaresi e Willian Borin.

E por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa. Muito obrigada!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King).

RESUMO

Cerca de 50 a 70% das áreas de pastagens apresentam algum grau de degradação no país, a realidade é preocupante, diversos fatores podem levar à degradação. Neste contexto, o nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes para o desenvolvimento e manutenção de gramíneas forrageiras, devido sua grande quantidade extraída pela planta, baixo efeito residual e imobilização por microrganismos, ao mesmo tempo é muito suscetível a perdas por volatilização e lixiviação. Recentemente, alguns compostos químicos, entre eles o NBPT (N-(n-butil) tiofosfórico triamida), têm sido misturados à ureia com o objetivo de reduzir sua velocidade de hidrólise, e a atividade da uréase. O experimento foi realizado no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena, com o objetivo de avaliar fontes nitrogenadas convencionais e com eficiência aumentada na volatilização de amônia e concentração de amônio e nitrato + nitrito no solo na produção de pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2+1. As parcelas constituíram de quatro fontes nitrogenadas (ureia, nitrato de amônia, ureia+NBPT e ureia+Duromide), com duas doses de nitrogênio (100 e 200 kg ha⁻¹), acrescido um tratamento sem adubação nitrogenada (controle). As doses nitrogenadas foram parceladas em quatro aplicações iguais (25 e 50 kg ha⁻¹), sendo a primeira 23 dias após a semeadura e as demais após cada corte subsequente. Os inibidores de urease associados a ureia+NBPT e a ureia+Duromide reduziram as perdas de N por volatilização de amônia, atingindo valores semelhantes aos verificados com o nitrato de amônio. A ureia+Duromide tende a apresentar menores perdas de amônia em relação a ureia+NBPT; Na concentração de amônio e nitrato + nitrito a dose de 50 kg ha⁻¹ de N na forma de Ureia+Duromide apresentou maior concentração de nitrato + nitrito na camada superficial do solo em relação a ureia sem recobrimento de NBPT. A maior produção de massa seca acumulada e de lâminas foliares do capim Marandu, no primeiro e segundo ano, foi com a utilização da ureia+Duromide em relação as outras fontes (ureia, nitrato de amônio e ureia+NBPT); As concentrações de N, P, K Ca e S no capim Marandu aumentaram significativamente com o aumento das doses de N.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Inibidor de uréase. *Urochloa brizantha*.

ABSTRACT

About 50 to 70% of pasture areas present some degree of degradation in the country, the reality is worrying, several factors can lead to degradation. In this context, nitrogen is one of the most limiting nutrients for the development and maintenance of forage grasses, due to its large amount extracted by the plant, low residual effect and immobilization by microorganisms, at the same time it is very susceptible to losses by volatilization and leaching. Recently, some chemical compounds, among them NBPT (N-(n-butyl) thiophosphoric triamide), have been mixed with urea in order to reduce its hydrolysis speed, and urease activity. The experiment was conducted in the experimental field of the College of Agricultural and Technological Sciences, Campus of Dracena, with the objective of evaluating conventional nitrogen sources and those with increased efficiency in ammonia volatilization and concentration of ammonium and nitrate + nitrite in the soil in the pasture production of *Urochloa brizantha* cv. Marandu. The experimental design was randomized block design with four repetitions, in a 4x2+1 factorial scheme. The plots consisted of four nitrogen sources (urea, ammonium nitrate, urea+NBPT and urea+Duromide), with two nitrogen doses (100 and 200 kg ha⁻¹), plus a treatment without nitrogen fertilization (control). The nitrogen doses were divided into four equal applications (25 and 50 kg ha⁻¹), the first 23 days after sowing and the others after each subsequent cut. The urease inhibitors associated with urea+NBPT and urea+Duromide reduced N losses by ammonia volatilization, reaching values similar to those verified with ammonium nitrate. Urea+Duromide tended to present lower ammonia losses compared to urea+NBPT; in the concentration of ammonium and nitrate + nitrite the dose of 50 kg ha⁻¹ of N in the form of Urea+Duromide presented higher concentration of nitrate + nitrite in the topsoil layer compared to urea without coating of NBPT. The highest production of accumulated dry mass and leaf blades of Marandu grass, in the first and second year, was with the use of urea+Duromide in relation to the other sources (urea, ammonium nitrate and urea+NBPT); The concentrations of N, P, K Ca and S in Marandu grass increased significantly with increasing doses of N.

Keywords: Nitrogen fertilization. Urease inhibitor. *Urochloa brizantha*.

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Considerações Gerais.....	12
1.1 INTRODUÇÃO	12
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	13
11.2 A pastagem em âmbito nacional	13
1.2.2 Importância da adubação em pastagem	14
1.2.3 Aplicação e eficiência de fertilizantes nitrogenados	15
1.2.4 Potencial produtivo do capim Marandu	16
1.3 HIPÓTESE	17
1.4 REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 2 – Volatilização de nitrogênio e concentração de amônio e nitrato + nitrito no solo em pastagem de capim Marandu, adubado com fontes e doses de nitrogênio.....	22
2.1 INTRODUÇÃO	24
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
2.2.1 Localização e características da área experimental.....	25
2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	25
2.2.3 Instalação e condução do experimento.....	26
2.2.4 Volatilização de amônia	28
2.2.5 Concentração de amônio e nitrato + nitrito no solo	30
2.2.6 Análise estatística	31
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
2.3.1 Volatilização de amônia após adubação nitrogenada	31
2.3.2 Concentração de amônio e nitrato + nitrito no solo	39
2.3.2.1 Amônio	39
2.3.2.2 Nitrato + Nitrito	41
2.4 CONCLUSÕES	43
2.5 REFERÊNCIAS	44
CAPÍTULO 3 – Acúmulo de massa seca, composição morfológica, teor e absorção de macronutrientes em pastagem de capim Marandu adubada com fontes e doses de nitrogênio	46
3.1 INTRODUÇÃO	49
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	50
3.2.1 Localização e características da área experimental.....	50

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	50
3.2.3 Instalação e condução do experimento	51
3.2.4 Produção de forragem.....	52
3.2.5 Composição morfológica.....	53
3.2.6 Teores de macronutrientes da parte aérea da forrageira	53
3.2.7 Análise estatística	53
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.3.1 Massa seca de forragem.....	53
3.3.2 Composição morfológica.....	59
3.3.3 Teor de macroutrientes em capim Marandu.....	64
3.4 CONCLUSÕES	79
3.5 REFERÊNCIAS	80
APÊNDICES – FOTOS DO EXPERIMENTO	83

Capítulo 1 – Considerações Gerais

1.1 INTRODUÇÃO

Cerca de 50 a 70% das áreas de pastagens apresentam algum grau de degradação no país, a realidade é preocupante, diversos fatores podem levar à degradação das pastagens, entre eles, a escolha incorreta da espécie forrageira, a má formação inicial, a falta de adubação de manutenção e o manejo inadequado da pastagem. A falha em alguns desses fatores pode acelerar o processo de degradação, mas com práticas de manejo adequado e novas tecnologias de produção, grande parte pode ser recuperada, alcançando elevado patamar produtivo, com isso, são esperados aumento da capacidade de suporte de animais e maior duração de pastagens sem necessidade de renovação, atendendo as premissas da sustentabilidade do sistema (DIAS-FILHO, 2014; PERON; EVANGELISTA, 2004).

Para adquirir maior desenvolvimento e exploração com maior intensidade da pecuária alguns aspectos ligados à adubação de pastagem, assim como a fertilidade do solo têm sido de grande importância, contribuindo desta forma para o desenvolvimento rural (VITTI *et al.*, 2001). Neste contexto, o nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes para o desenvolvimento e manutenção de gramíneas forrageiras, devido sua grande quantidade extraída pela planta, baixo efeito residual e imobilização por microrganismos, ao mesmo tempo é muito suscetível a perdas por volatilização e lixiviação (REIS; TEIXEIRA; SIQUEIRA, 2006). Sendo assim, o uso de fertilizantes possui altas perdas (50% da dose aplicada) pelos processos de lixiviação e transformação em formas gasosas, podendo resultar em poluição ambiental e causar intoxicação aos peixes e ao homem (MARQUES *et al.*, 2018).

Recentemente, alguns compostos químicos, entre eles o NBPT (N-(n-butil) tiofosfórico triamida), têm sido misturados à ureia com o objetivo de reduzir sua velocidade de hidrólise, por meio da inibição da atividade da urease (TASCA *et al.*, 2011). Esses aditivos diminuem a atividade da urease e, com isso, retardam a hidrólise da ureia e o pico de volatilização (SANZ-COBENA *et al.*, 2008)

A adubação nitrogenada adequada é essencial para obtenção de produtividades elevadas e estabilização da matéria orgânica. A combinação apropriada de fonte, dose, época de aplicação e localização de fertilizantes que leva à otimização da produtividade das culturas minimiza ao mesmo tempo o potencial de aquecimento global por unidade de produção e reduz a necessidade de se converter áreas silvestres em agricultura. Fertilizantes com estabilizador de nitrogênio em pastagens, são alternativas tecnológicas com intuito de evitar perdas por volatilização, porém, ainda apresentam questionamentos que necessitam ser esclarecidos, tais como: qual a dose recomendada, taxa de volatilização de nitrogênio em diferentes condições edafoclimáticas, potencial de resposta de cada espécie forrageira, em função do tipo de solo, frequência de aplicação, época de aplicação e ação biológica na fixação de nitrogênio (HEINRICHS; SOARES FILHO, 2014; SNYDER; BRUULSEMA; JENSEN, 2008).

Diante do exposto objetivou-se avaliar a produção da massa seca e concentração de nutrientes na forragem, volatilização de amônia, concentração de amônio e nitrato + nitrito no solo em função de doses e fontes de fertilizantes nitrogenados com eficiência aumentada em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 A pastagem em âmbito nacional

Inúmeras são as espécies de gramíneas forrageiras tropicais que são opções para a formação de pastagens no Brasil. As do gênero *Urochloa* têm-se firmado pela capacidade de adaptação às diversas condições ambientais e de manejo da pastagem (MONTEIRO *et al.*, 1995).

No Brasil, a exploração das pastagens é feita de forma extrativista, ocasionando o estabelecimento desses capins em solos de baixa fertilidade, a não correção e reposição de nutrientes, iniciam-se rapidamente os processos de esgotamento e degradação, caracterizando assim, um ciclo vicioso de pouca produtividade e necessidade periódica de reformar as pastagens (DIAS-FILHO; RODRIGUES; PERRI, 2002).

Nesse cenário, áreas de pastagem são repetidamente abandonadas, iniciando a sucessão secundária, onde espécies herbáceas, arbustivas e lenhosas são substituídas (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001).

No entanto, existe um grande potencial para o aumento de produtividade da pecuária nacional pela simples recuperação dessas áreas improdutivas. O processo de recuperação pode ser realizado por meio de práticas de recuperação ou renovação de pastagens seguidas por diferentes tipos de manejo como: reestabelecimento da fertilidade do solo, plantio direto, integração lavoura pecuária, integração pecuária floresta, uso de leguminosas, descompactação do solo e uso de sistemas rotativos (BARBIERI *et al.*, 2017).

A pecuária brasileira está apresentando constante evolução, com utilização de tecnológicas que promovem um sistema produtivo diferenciado no agronegócio nacional. Principalmente, no fornecimento de alimentos de alta qualidade aos animais, preconizando o melhor desempenho, progressos no melhoramento genético, técnicas de manejo e nutrição do rebanho bovino de leite e corte têm sido frequentemente expostos em várias regiões do país (SCALOPPI, 2014).

Com o aumento da população mundial, cresce a demanda por alimentos que sejam saudáveis, seguro, de qualidade e conserve o meio ambiente. Assim, diversas linhas de pesquisas têm focado seus estudos para avaliar alternativas de produção que contemplem essas novas exigências do consumidor com os aspectos biológicos e econômicos de propriedades rurais (FERREIRA *et al.*, 2011).

1.2.2 Importância da adubação em pastagem

O nitrogênio é o nutriente que apresenta maior efeito no acréscimo de produtividade das pastagens, devendo ser avaliado a quantidade adequada a ser aplicada para cada condição de pastejo, fonte de fertilizante, espécie forrageira e capacidade de suporte (COSTA; OLIVEIRA; FAQUIN, 2006).

De acordo com Soares Filho *et al.* (2015), a principal fonte de fertilizante nitrogenado é a ureia, especialmente em sistema intensivo de pastejo. Essa grande utilização pode ser atribuída à alta concentração de nitrogênio, o que reduz o custo do fertilizante, facilidade na utilização e efeito moderado de acidificação do solo.

Embora os adubos nitrogenados sejam muito utilizados em sistemas pastoris tropicais, deve-se ter o cuidado na sua aplicação. Fatores como umidade, abrasão, temperaturas elevadas podem interferir na integridade química, física e consequentemente na qualidade de aplicação e sua eficiência (FARIA *et al.*, 2014).

As forrageiras utilizadas para pastagens são predominantemente gramíneas, altamente responsivas a adubação de nitrogênio, por isso, em sistemas tecnificados, o nutriente é aplicado com doses elevadas e frequentes (ZHANG *et al.*, 2016). No entanto, a utilização de altas doses de N favorecem o aumento das perdas por volatilização (TASCA *et al.*, 2011). Mas o progresso dos estudos de manejo do pastejo no Brasil permitiu ajustes mais refinados no planejamento e na execução de estratégias de manejo, as quais têm resultado em aumentos na produção de forragem e desempenho animal (DA SILVA; CARVALHO, 2005).

As pastagens possuem grande representatividade no setor agropecuário do Brasil, e seu uso na maioria dos casos é ineficiente, ficando claro que necessitam da aplicação de boas práticas agronômicas e tecnologia no setor, onde quantidades de fertilizantes utilizadas em pastagens foi de apenas 1,5% do total, enquanto culturas como soja, milho, cana de açúcar, café algodão, arroz, trigo e feijão consumiram um total de 88% (FRANCISCO; BONFIM-SILVA; TEIXEIRA, 2017).

1.2.3 Aplicação e eficiência de fertilizantes nitrogenados

Algumas características dos fertilizantes nitrogenados devem ser destacadas para evitar perdas. Uma delas pode ser por meio da lixiviação de nitrato, uma vez que no solo há maior quantidade de cargas negativas e o nitrato possui baixa afinidade com a fração coloidal do solo, sendo esta perda associada com a quantidade de água presente no solo e velocidade da solubilidade do fertilizante. A perda de nitrogênio por lixiviação também é influenciada pela textura do solo, tendo maior susceptibilidade em solos arenosos devido a maior velocidade da água no perfil (CANTARELLA, 2007).

A volatilização de amônia é a principal forma de perda do nitrogênio proveniente da ureia e, portanto, o principal fator de ineficiência desse fertilizante, as condições relacionadas ao solo, como pH elevado (TASCA *et al.*, 2011), baixos teores de matéria orgânica e baixa capacidade de troca de cátion, contribuem para a ocorrência de perdas (SANGOI *et al.*, 2003). Para diminuir essas perdas é necessária

a incorporação do fertilizante no solo. A desnitrificação também pode causar perda de nitrogênio, uma vez que nesse processo as bactérias utilizam o nitrato como receptor de elétrons, quando há falta de oxigênio (CANTARELLA, 2007). A nitrificação ocorre em duas etapas. Na primeira, o NH_4^+ é convertido em NO_2^- . Na segunda, o NO_2^- é oxidado a NO_3^- . A nitrificação praticamente não ocorre em temperaturas abaixo de 4°C e maximizada entre 25 e 40°C, dependendo da região e do tipo de solo (SILVA *et al.*, 2010).

Para evitar as perdas de nitrogênio e elevar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados há a disponibilidades de algumas tecnologias na produção de fertilizantes. Por meio de processos industriais há a fabricação de fertilizantes de liberação lenta ou controlada, constituídos por ureia-formaldeídos ou que reduz a taxa de liberação e aumentando a absorção pelas plantas (HEINRICHS; SOARES FILHO, 2014). Por sua vez, os fertilizantes estabilizados possuem inibidores de nitrificação ou de uréase. Alguns fertilizantes podem possuir ambas as tecnologias (CANTARELLA, 2007).

Os fertilizantes com inibidores de nitrificação fazem com que o nitrogênio permaneça mais tempo na forma amoniacal, influenciando nas bactérias nitrossomonas e retardando a reação de transformação de amônia à nitrito. Já os inibidores da urease, diminuem as perdas por volatilização por meio da diminuição da taxa de hidrólise da ureia (CANTARELLA, 2007).

Quando o nitrogênio é aplicado na forma de ureia necessita-se de alguns cuidados especiais para minimizar as perdas por volatilização. A incorporação da ureia ao solo no momento da aplicação é uma forma de evitar a volatilização. No entanto, em pastagens esse tipo desse manejo não é possível. Assim, a utilização de tecnologias em fertilizantes para reduzir ou evitar a volatilização por meio de proteção física ou inibidores de uréase são importantes meios para aumentar a eficiência do uso de nitrogênio, bem como reduz a dependência do uso do nitrato e sulfato de amônio que usualmente são fontes mais caras (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

1.2.4 Potencial produtivo do capim Marandu

O capim Marandu possui grande potencial de produção de massa, sendo utilizado frequentemente para a alimentação de ruminantes (SOARES FILHO, 1994).

Conhecimentos das características estruturais, é fundamental para avaliações de plantas forrageiras, sendo que a estrutura do pasto e a composição morfológica são diretamente afetadas pelo manejo realizado na pastagem (TEODORO *et al.*, 2012).

A produção e a perenidade das pastagens sucedem do desenvolvimento, do crescimento e da senescência de folhas e perfilhos. Desenvolvimento e crescimento são artifícios diferentes, usualmente confundidos. Crescimento deve ser entendido como o aumento irreversível de uma dimensão física de um indivíduo ou órgão com o tempo, já o desenvolvimento inclui o processo de iniciação de um órgão até sua diferenciação, inclusive senescência (SALISBURY; ROSS, 1992).

A utilização de fertilizante nitrogenado é de grande importância para a produtividade de gramíneas forrageiras, sendo responsável por características como tamanho das folhas, colmos, aparecimento e desenvolvimento dos perfilho, fatores que estão inteiramente relacionados à produção de massa seca pela planta forrageira (COSTA; OLIVEIRA; FAQUIN, 2006). Influenciando beneficemente o rendimento de forragem e suas características morfogênicas e estruturais da gramínea. Com a utilização de nitrogênio a eficiência é inversamente proporcional às doses aplicadas. O processo de senescência foliar da gramínea é acelerado com o aumento das doses de nitrogênio (COSTA *et al.*, 2016).

A adubação nitrogenada eleva a concentração de proteína na massa seca. Como as proteínas são sintetizadas a partir de carboidratos, o aumento do fornecimento de N na forma de fertilizante reduz os teores de carboidratos solúveis. Acúmulos em grandes quantidades de produtos nitrogenados e proteínas causam diluição da fração de parede celular, incrementando a digestibilidade (VAN SOEST, 1994).

Os elementos químicos das plantas podem variar conforme os diferentes tecidos e órgãos, em razão das particularidades da organização física das células vegetais. Contudo, os principais constituintes químicos das plantas forrageiras podem ser divididos em duas grandes categorias: os que compõem a estrutura da parede celular, que são de baixa disponibilidade no processo de digestão, e aqueles contidos no conteúdo celular, de disponibilidade maior (MISTURA *et al.*, 2007)

1.3 HIPÓTESE

A aplicação de fertilizantes nitrogenados associados a redutores de urease reduz a volatilização da amônia e a concentração de nitrato nas camadas mais profundas do solo, aumenta a absorção e a utilização do nitrogênio pelas plantas, composição bromatológica e aumentam os teores de nutrientes e a produção da *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

1.4 REFERÊNCIAS

- BARBIERI, R. S.; MONTANARI, R.; TEIXEIRA FILHO, M.; PANOSSO, A. R.; LIMA, C. G. Variabilidade de atributos físicos e químicos para recuperação de um Argissolo Vermelho sob pastagem degradada no Cerrado. **Revista Espacios**, v. 38, p. 1–18, 2017.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. **Fertilidade do solo**, v. 2, p. 375–470, 2007.
- COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. [S.l.: s.n.], 2006.
- COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; FOGAÇA, F. H. S.; MAGALHÃES, J. A.; BENDAHAN, A. B.; SANTOS, F. J. S. Produtividade de forragem e morfogênese de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob níveis de nitrogênio. **Pubvet**, v. 10, n. 10, 2016.
- DA SILVA, S. C.; CARVALHO, P. F. Foraging behaviour and herbage in take in the favourable tropics/sub-tropics.. *In*: GRASSLAND: a global resource. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, p. 81–95, 2005.
- DIAS-FILHO, C. V. S.; RODRIGUES, L. R. A.; PERRI, S. H. V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, p. 1377–1384, 2002.
- DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. p. 38. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).
- FARIA, L. A.; NASCIMENTO, C. A. C.; VENTURA, B. P.; FLORIM, G. P.; LUZ, P. H. C.; VITTI, G. C. Hygroscopicity and ammonia volatilization losses from nitrogen sources in coated urea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 942–948, 2014.
- FERREIRA, E. T.; NABINGER, C.; ELEJALDE, D. A. G.; FREITAS, A. K.; SCHMITT, F.; TAROUÇO, J. U. Terminação de novilhos de corte Angus e mestiços em pastagem natural na região da Campanha do RS. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 2048–2057, 2011.
- FRANCISCO, E. A. B.; BONFIM-SILVA, E. M.; TEIXEIRA, R. A. **Aumento da produtividade de carne via adubação de pastagens**. Piracicaba: INPI, 2017. p. 6–12. (Informações Agronômicas).
- GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, n. 1–3, p. 185–206, 2001.
- HEINRICHS, R.; SOARES FILHO, C. V. **Adubação e manejo de pastagens**. 2. ed. Dracena: Boreal, 2014.
- MARQUES, B.; CARDOSO, I.; FERREIRA, M.; SILVA, R.; LIMA, H. V.; SANTOS, M. C. Fixação biológica do nitrogênio reduz custos e os impactos ao meio ambiente contribuindo para a sustentabilidade do cultivo do feijoeiro-comum. **Anuário de**

Produções Acadêmico-científicas dos discentes do Centro Universitário Araguaia, v. 7, n. 1, p. 19–25, 2018.

MISTURA, C.; FONSECA, D. M. ; MOREIRA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; MORAIS, R. V.; QUEIROZ, A. C. ; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Effect of nitrogen fertilization and irrigation on the chemical composition of the leaf blade and whole plant of elephant grass under grazing. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1707–1714, 2007.

MONTEIRO, F. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, D. D. D.; ABREU, J. B. R.; DAIUB, J. A. S.; SILVA, J. E. P. D.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, v. 52, n. 1, p. 135–141, 1995.

NASCIMENTO, C. A. C.; VITTI, G. C.; FARIA, L. A.; LUZ, P. H. C.; MENDES, F. L. Volatilização de amônia oriunda de ureia em razão de seus recobrimentos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1057–1063, 2013.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655–661, 2004.

REIS, R. A.; TEIXEIRA, I. A.; SIQUEIRA, G. R. **Impacto da qualidade da forragem na produção animal**. 2006.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth Inc., 1992. p. 27–65.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 687–692, 2003.

SANZ-COBENA, A.; MISSELBROOK, T. H.; ARCE, A.; MINGOT, J. I.; DIEZ, J. A.; VALLEJO, A. An inhibitor of urease activity effectively reduces ammonia emissions from soil treated with urea under Mediterranean conditions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 126, n. 3, p. 243–249, 2008.

SCALOPPI, E. J. **Irrigação de baixo custo em sistemas de pastejo rotacionado**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

SILVA, D. F.; ANDRADE, C.; SIMEONE, M. L. F.; AMARAL, T. A.; DE CASTRO, L. A.; MOURA, B. F. **Análise de nitrato e amônio em solo e água**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Documentos, 114).

SNYDER, C. S.; BRUULSEMA, T. W.; JENSEN, T. L. **Melhores práticas de manejo para minimizar emissões de gases de efeito estufa associadas ao uso de fertilizantes**. Piracicaba: [s.n.], 2008. p. 13–14. (Informações Agronômicas).

SOARES FILHO, C. V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. **Simpósio sobre manejo da pastagem**, v. 11, p. 25–48, 1994.

SOARES FILHO, C. V.; CECATO, U.; RIBEIRO, O. L.; ROMA, C. F. C.; BELONI, T. Ammonia volatilization losses in Tanzania grass fertilized with urea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 253–264, 2015.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 493–502, 2011.

TEODORO, M. S. R.; COSTA, K. A. P.; DIAS, F. J. S.; SIMON, G. A.; SAENZ, E. A. C.; SEVERIANO, E. C.; CRUVINEL, W. S. Composição bromatológica dos capins Marandu e mulato submetidos a diferentes alturas de resíduo. **Global science and technology**, v. 5, n. 3, 2012.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant. 2. uppl.** Ithaca: Cornell University Press. Tillgänglig, 1994.

VITTI, G. C.; DE CERQUEIRA LUZ, P. H.; NETO, B. L. C.; SUGIMOTO, L. S. **Nutrição e adubação de pastagens no estado de São Paulo**. Piracicaba: ESALQ-LSN/FEALQ/GAPE/IAP, 2001. 70 p.

ZHANG, S.; CHAUDHRY, A. S.; RAMDANI, D.; OSMAN, A.; GUO, X.; EDWARDS, G. R.; CHENG, L. Chemical composition and in vitro fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, n. 1, p. 175–182, 2016.

CAPÍTULO 2 – VOLATILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO E CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIO E NITRATO + NITRITO NO SOLO EM PASTAGEM DE CAPIM MARANDU, ADUBADO COM FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO –Entre os nutrientes, o nitrogênio é quantitativamente o mais importante para o crescimento da planta e o fornecimento adequado é imprescindível para a ótima produção vegetal. Em condições adversas e dependendo da fonte de fertilizante, a perda por volatilização da amônia pode chegar a 80%. Práticas agropecuárias intensivas, como aplicação de grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados, têm gerado alterações nas características e na qualidade do solo, surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejos sustentáveis. O experimento foi realizado no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena, com o objetivo de avaliar fontes nitrogenadas convencionais e de eficiência aumentada na volatilização de amônia e concentração de amônio e nitrato +nitrito no solo, na produção de pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2+1. As parcelas constituíam de quatro fontes nitrogenadas (ureia, nitrato de amônia, ureia+NBPT e ureia+Duromide), com duas doses de nitrogênio (100 e 200 kg ha⁻¹), acrescido um tratamento sem adubação nitrogenada (controle). As doses nitrogenadas foram parceladas em quatro aplicações iguais (25 e 50 kg ha⁻¹). Os inibidores de urease associados a ureia+NBPT e ureia+Duromide reduziram as perdas de N por volatilização de amônia, atingindo valores semelhantes aos verificados com o nitrato de Amônio. A ureia+Duromide tende a apresentar menores perdas por volatilização de amônia em relação a ureia+NBPT. Na dose de 50 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia+Duromide apresentou maior concentração no solo de nitrato + nitrito na camada superficial do solo em relação a ureia sem recobrimento de NBPT.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, duromide, Nutrientes, NBPT, manejos sustentáveis

Volatilization of nitrogen and concentration of ammonium and nitrate+nitrite in the soil in Marandu grass pasture, fertilized with sources and doses of nitrogen

Abstract – Among the nutrients, nitrogen is quantitatively the most important for plant growth and adequate supply is indispensable for optimal plant production. Under adverse conditions and depending on the source of fertilizer, the loss by volatilization of ammonia can reach 80%. Intensive agricultural practices, such as the application of large amounts of nitrogen fertilizers, have caused changes in soil characteristics and quality, creating the need for the adoption of sustainable management techniques. The experiment was conducted in the experimental field of the Faculty of Agricultural and Technological Sciences, Dracena Campus, with the objective of evaluating conventional nitrogen sources and those of increased efficiency in ammonia volatilization and concentration of ammonium and nitrate + nitrite in the soil, in the production of *Urochloa brizantha* cv. Marandu pasture. The experimental design was randomized block design with four repetitions, in a 4x2+1 factorial scheme. The plots consisted of four nitrogen sources (urea, ammonium nitrate, urea+NBPT and urea+Duromide), with two nitrogen doses (100 and 200 kg ha⁻¹), plus a treatment without nitrogen fertilization (control). The nitrogen doses were divided into four equal applications (25 and 50 kg ha⁻¹). The urease inhibitors associated with urea+NBPT and urea+Duromide reduced N losses by ammonia volatilization, reaching values similar to those verified with Ammonium nitrate. Urea+Duromide tended to have lower ammonia volatilization losses than urea+NBPT. At the dose of 50 kg ha⁻¹ of N in the form of urea+Duromide showed higher concentration in the soil of nitrate + nitrite in the topsoil layer compared to urea without coating of NBPT.

Keywords: Nitrogen Fertilization, duromide, Nutrients, NBPT, sustainable management

2.1 INTRODUÇÃO

Entre os nutrientes, o nitrogênio é quantitativamente o mais importante para o crescimento da planta, o fornecimento adequado é imprescindível para a ótima produção vegetal, mas nem sempre isto é considerado na prática agrícola (PRIMAVESI *et al.*, 2005). Em condições adversas e dependendo da fonte de fertilizante, a perda por volatilização da amônia pode chegar a 80% (MARTHA JÚNIOR *et al.*, 2004).

Com a utilização de ureia, para reduzir perdas de amônia por volatilização o fertilizante pode ser incorporado ao solo, mas dependendo do sistema de manejo, isso nem sempre é possível. Por sua vez, para melhorar a eficiência da adubação nitrogenada sem incorporação, visando reduzir as perdas, pode-se fazer uso de fertilizantes estabilizados que possuem inibidores de nitrificação ou de urease, sendo que alguns fertilizantes podem possuir ambas as tecnologias (CANTARELLA, 2007).

A eficiência do inibidor de urease está relacionado com a quantidade de enzima, no entanto, para tornar o seu uso mais proveitoso, as condições da área devem estar propícias a uma alta volatilização, ser um solo arenoso, elevada atividade da urease, acidez, baixa capacidade de troca de cátions e pouca matéria orgânica (MOTA *et al.*, 2015).

A dinâmica de transformação do nitrogênio no solo vai depender, dentre outros fatores, da forma em que ele se encontra no fertilizante nitrogenado, pois cada uma delas, amoniacal, nítrica ou amídica, pode ter destinos diferentes (NETO; GUERRA; CHAVES, 2006).

Um aspecto pouco estudado é o efeito residual dos fertilizantes minerais nitrogenados após sua aplicação, ou seja, seu acúmulo no solo, sobretudo quando se considera que o nitrogênio se transforma com relativa facilidade e rapidez, produzindo as diferentes formas nitrogenadas (RAIJ, 2011).

Práticas agropecuárias intensivas, como aplicação de grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados, têm gerado alterações nas características e na qualidade do solo, surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejos sustentáveis (TERRA *et al.*, 2019).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a utilização de fontes nitrogenadas convencionais e com eficiência aumentada na volatilização amônia e concentração de amônio e nitrato + nitrito no solo em pastagem de capim Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu).

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi instalado em área de formação de pastagem *Urochloa brizantha* cv. Marandu e avaliado por dois anos agrícolas 2018/2019 e 2019/2020, no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP, Campus de Dracena, situado a 21° 27' latitude sul, 51° 36' longitude oeste e a 421 metros de altitude. A precipitação acumulada anual é de 1300 mm, com temperatura média anual do ar de 24°C, com média máxima de 31°C e mínima de 19°C. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (SANTOS *et al.*, 2018)

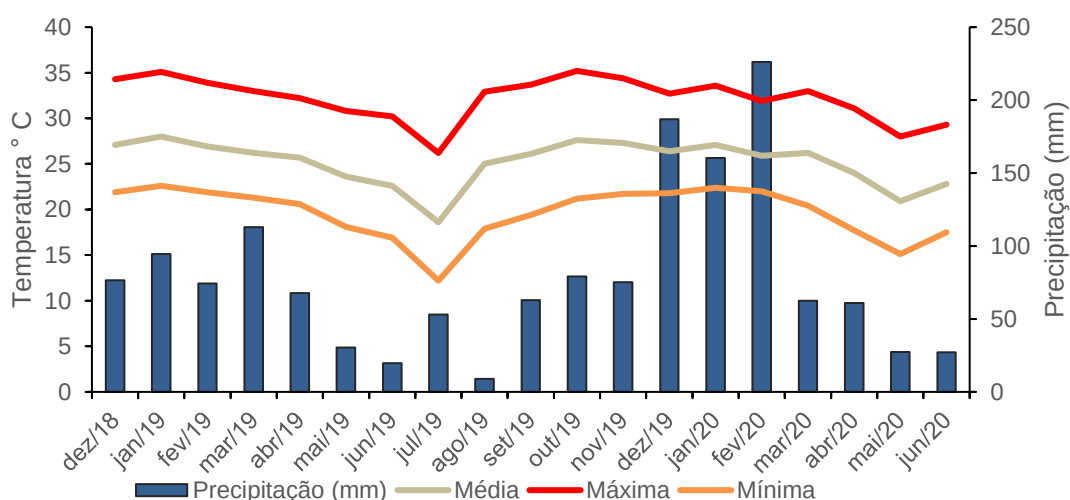


Figura 2.1 Precipitação e temperatura média, mínima e máxima observada durante o período experimental. Fonte: Estação climatológica – UNESP Dracena.

2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2+1, constituído de quatro fontes nitrogenadas (ureia, nitrato

de amônio e ureia com inibidor de uréase [N-(n-butil) tiofosfórico triamida]) (ureia+NBPT e ureia+Duromide), e duas doses de nitrogênio (100 e 200 kg ha⁻¹ ano), acrescido um tratamento sem adubação nitrogenada (controle), totalizando 36 parcelas. As doses de nitrogênio foram divididas em quatro aplicações, representando 25 e 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio por aplicação, distribuídas a lanço e sem incorporação ao solo, sendo a primeira 30 dias após a semeadura e as demais após cada corte subsequente.

O NBPT [N-(n-butil) tiofosfórico triamida] é o inibidor convencional que em condições de pH do solo ácido e temperaturas acima de 30° C reduz a sua eficiência. O Duromide é um novo inibidor de urease (princípio ativo), que consiste em uma nova geração do NBPT. A nova molécula possui a mesma função química encontrada na molécula de NBPT convencional, que lhe confere a propriedade de se ligar ao sítio ativo da urease, inativando-a, mas por outro lado o restante de sua estrutura química se difere do NBPT de modo a torná-la mais estável. Com a maior estabilidade do novo princípio ativo, espera-se maior durabilidade de embalagem e depois de aplicado ao solo, com viabilidade em maior amplitude de pH e temperatura. A partir dessas características, estima-se melhor atuação na inibição da urease e consequentemente menor perda de nitrogênio por volatilização.

2.2.3 Instalação e condução do experimento

Para caracterização química do solo inicial as amostras foram coletadas na profundidade 0 - 20 cm, com os atributos químicos e granulometria apresentadas na Tabela 2.1.

As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Raij (2011). Foram avaliados os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio pelo método de extração com resina trocadora de íons. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico e o pH, em cloreto de cálcio, além da acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0. Foram calculadas as somas de bases ($SB = Ca + Mg + K$), capacidade de troca catiônica ($CTC = SB + (H + AL)$) e saturação por bases ($V\% = (100 \times SB) / CTC$). O boro disponível foi extraído pelo método da água quente e os demais micronutrientes foram avaliados em DTPA.

Tabela 2.1- Atributos químicos e granulometria do solo da área experimental na profundidade de 0 – 20 cm, Dracena – SP, 2018.

Profundidade de 0 a 20 cm, Bracema SP, 2010.											
Camada m	P Mg dm ⁻³	pH CaCl ₂	M.O.	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC		
g dm ⁻³				-----mmolc dm ⁻³ -----							
0-0,20	3	4,5	13	1,4	5	3	15	9,4	24,4		
Camada m	V	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila
--- % ---		-----mg dm ⁻³ -----						----- g kg ⁻¹ -----			
0-0,20	39	30	2	0,14	0,5	9	9,3	0,3	850	30	120

P, Ca, Mg, e K: resina trocadora de íons; S: fosfato de cálcio; B: água quente; SB: soma de bases (K+Ca+Mg); Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA em pH 7,3; CTC: capacidade de troca de cátions.

Em agosto de 2018 foi realizada a calagem para elevar a saturação por bases a 60%. O calcário dolomítico foi incorporado com arado de disco a 0,20 m de profundidade. Adubação de fósforo e potássio em área total, foi aplicado a lanço com 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ via superfosfato simples e 30 kg ha⁻¹ de K₂O via cloreto de potássio de acordo com as recomendações (RAIJ *et al.*, 1997).

Em 17/12/2018 foi instalado o experimento, realizando a demarcação das parcelas, sendo 4 m x 4 m, totalizando 16 m². O espaçamento entre parcelas e blocos foi de 1 m, para evitar a contaminação entre os tratamentos. O capim Marandu foi semeado manualmente em linhas com espaçamento de 25 cm entre linhas e uma densidade de semeadura de 10 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis.

Foram realizados quatro cortes, com intervalos regulados quando a média do melhor tratamento atingiu 28 cm de altura (95% de interceptação luminosa) (CORRÊA, 2000). Os intervalos dos cortes entre um ciclo e outro ocorreram em média de 30 dias.

Em 08/01/2019, foi realizada a primeira aplicação de fertilizantes nitrogenados em todas as parcelas, com início das avaliações do primeiro ano de condução do experimento. No período de 27/03/2019, foram coletadas amostras de solo de cada parcela, nas camadas 0-10cm, 10-20cm, 20-40cm e 40-60cm para avaliação da concentração de amônio, nitrato+nitrito no solo.

No período seco do primeiro ano agrícola não foi realizado corte, uma vez que o capim não alcançou a altura ideal, onde alguns dos fatores foram limitantes, com o fotoperíodo, temperatura do ar, radiação solar e disponibilidade hídrica.

Para início das avaliações do segundo ano agrícola, em 17/10/2019 foi realizado o corte antes da adubação. Dessa forma foi possível avaliar o efeito residual das doses e fontes da adubação do primeiro ano.

No período de 18/10/2019 (segundo ano), foi realizada a primeira aplicação de fertilizantes nitrogenados na dose conforme apresentado nos tratamentos. No período das chuvas foram realizados quatro cortes, com intervalo regulado pelo melhor tratamento atingir 28 cm de altura e um corte no período outono/inverno. As doses de fósforo e potássio foram as mesmas utilizadas no primeiro ano e aplicadas junto com a primeira parcela da adubação nitrogenada.

2.2.4 Volatilização de amônia

Para determinar a volatilização de amônia, no primeiro ano de avaliação, as coletas e substituições de espumas de polietileno embebidas com ácido fosfórico foram nos seguintes dias subsequentes da adubação: 2, 5, 9, 14, 20, 26, por meio de câmaras de volatilização semelhantes as descritas por Araújo *et al.* (2009), nos quatro parcelamentos da adubação nitrogenada. No segundo ano incluiu-se a coleta e substituição das espumas no primeiro dia, para uma estimativa mais minuciosa dos primeiros dias subsequentes a adubação, no qual foi realizada avaliação na segunda e quarta aplicação dos fertilizantes nitrogenados

As câmaras de polietileno foram instaladas de maneira a se encaixarem na parte superior de bases de PVC, com dimensões de 9 cm de diâmetro e 10 cm de altura. A palha em volta das bases foi cortada utilizando um estilete de maneira a permitir que as mesmas fossem inseridas no solo em cada parcela sem a alteração original da palhada. Em cada parcela foram instaladas 6 bases para cada câmara, uma vez que as câmaras não permitiram que a chuva atingisse o adubo colocado no seu interior, de modo que cada vez as espumas foram substituídas, as câmaras foram movidas para a base seguinte, retornando a base inicial após a 6 coleta de espumas. Assim a avaliação de perda de NH_3 no período seguinte foi feita com um tratamento

de fertilizante exposto às mesmas condições (chuva, temperatura, vento, etc.) que o restante do campo.

Os tratamentos com fertilizantes para as câmaras foram pesados individualmente e os fertilizantes aplicados na superfície da palhada no interior das bases, na qual no momento da distribuição do fertilizante a lanço nas parcelas estava protegida. Dentro de cada base designada recebeu os tratamentos com adubação nitrogenada, foram adicionados fertilizantes em quantidade correspondente de N, considerando a área da câmara objetivando simular a adubação de 100 e 200 kg ha⁻¹ de N parcelados em quatro ciclos de 25 kg ha⁻¹ e 50 kg há⁻¹, aplicados na área útil de cada parcela.

Por final, a amônia retida nas espumas foi extraída através da lavagem com água deionizada, nesse procedimento cada espuma foi lavada com 10 ml de água deionizada por 4 vezes, e colocada em balão volumétrico de 100 ml, agitou o balão volumétrico e retirado para análise uma alíquota de 20 ml. Transferindo essa alíquota para o balão de destilação. Foi conectado este balão ao aparelho de destilação e acrescentou, através da parte superior do destilador, uma quantidade de base em excesso para provocar a formação de NH₃. Em geral utiliza 10 ml da solução de NaOH. Destilou recolhendo o destilado em 10 mL de solução de ácido bórico (H₃BO₃) + indicador. Titulação com solução padronizada de H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹.

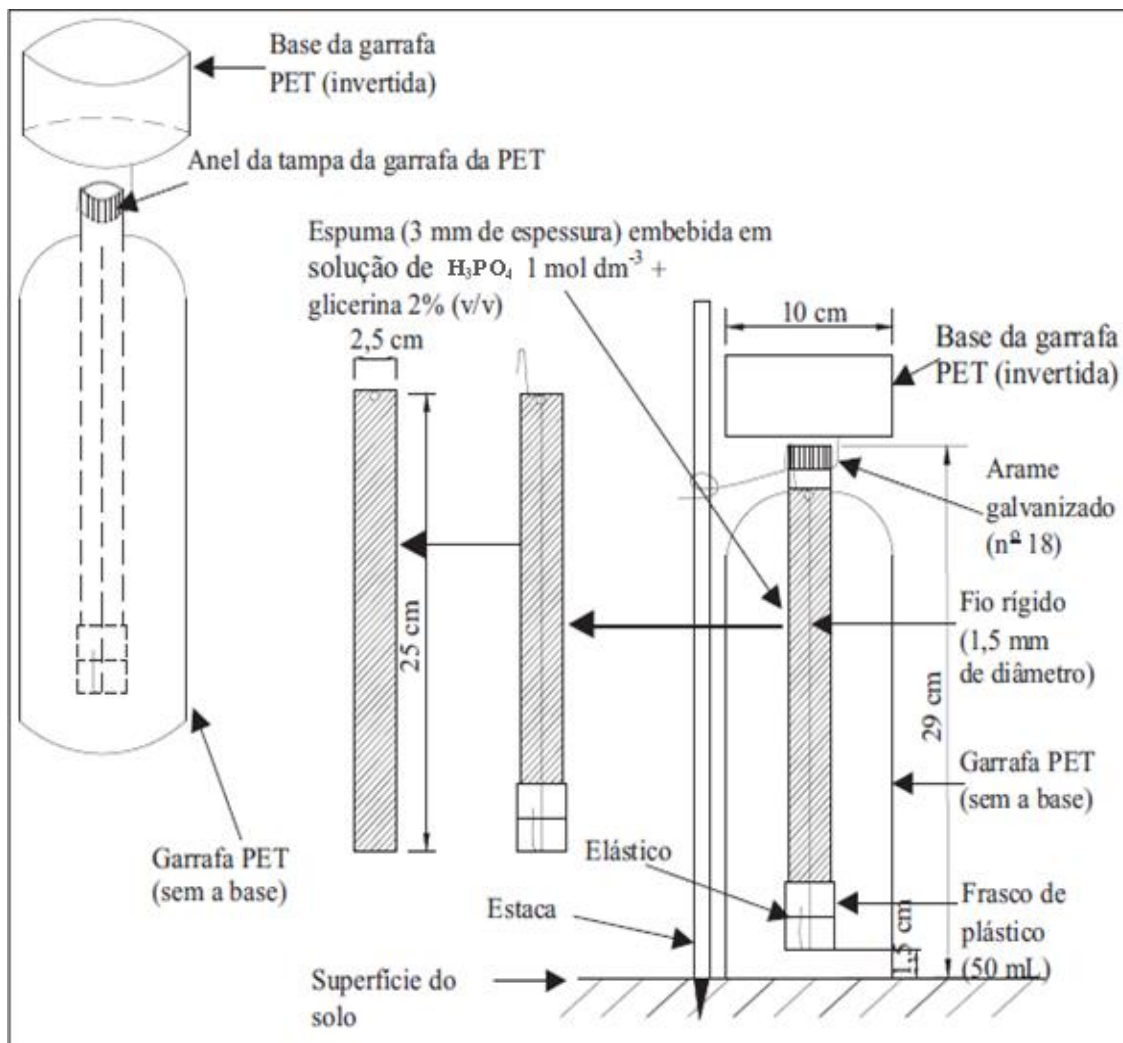


Figura 2.2 - Câmara coletora de NH_3 semi aberta livre estática (SALE).

Fonte: adaptado de Araújo *et al.* (2009)

2.2.5 Concentração de amônio e nitrato + nitrito no solo

No período das águas 27/03/2019, após um ciclo de crescimento da forrageira (31 dias após o corte), com chuvas, aproximadamente, na média histórica de precipitação (128,2 mm), realizou-se coletadas das amostras de solo nas profundidades: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. As amostras coletadas ficaram armazenadas em caixa de isopor e imediatamente levadas ao laboratório onde foram homogeneizadas e armazenadas em refrigeração adequada (4°C) até o momento das análises.

A determinação da concentração de NH_4^+ , $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ no solo foi conforme a metodologia descrita por Tedesco *et al.*, (1995). Em frascos “snap-cap” de 90ml foram

pesados 5g das amostras de solo coletadas e adicionados 50 mL de KCl 1 mol L⁻¹, agitados por 30 minutos e deixados decantar por mais 30 minutos para obter o extrato.

O N-NH₄⁺ foi determinado em extratos conforme segue: (1) transferiu-se 5 mL de solução indicadora de ácido bórico (H₃BO₃) à 2% em um béquer de 50 mL; (2) posicionando o béquer na saída do condensador à distância de 1 cm da solução; (3) transferiu-se alíquotas de 20 mL dos extratos em balão de destilação de 100 mL; (4) adicionando ao balão 0,2 g de óxido de magnésio (MgO), previamente calcinado em mufla à 600 °C por duas horas; (5) acoplamento imediato e fixo do balão ao destilador e elevando a vazão de vapor; (6) aguardando entre 3 e 4 minutos, ou até que o béquer na saída do condensador atingisse um volume aproximado de 40 mL; (7) o béquer era retirado, diminuindo a vazão de vapor, desacoplando o balão de destilação e reservando; (8) titulando a solução de ácido bórico à 2% contendo o N-NH₄⁺ destilado com ácido sulfúrico (H₂SO₄) padronizado a 0,025 mol L⁻¹, com auxílio de bureta digital; (9) encerrando a titulação quando a solução indicadora mudou sua cor de verde para rosa, foi anotando o volume (mL) de ácido sulfúrico gasto.

Em continuidade, o procedimento de determinação de N-NO₃⁻ e NO₂⁻ os extratos foram efetuados como segue: (1) transferiu-se 10 mL de solução indicadora de ácido bórico (H₃BO₃) à 2% em um béquer de 50 mL; (2) posicionando o béquer na saída do condensador à uma distância de 1 cm da solução; (3) adicionou-se 0,2 g de liga de Devarda ao mesmo balão que contém o extrato anteriormente destilado para N-NH₄⁺; (4) repetindo os passos 5, 6, 7, 8 e 9 citados no procedimento para determinação de N-NH₄⁺.

2.2.6 Análise estatística

Os dados foram realizados avaliados quanto a normalidade e homogeneidade dos erros de variância e as análises foram realizadas utilizando SISVAR® (FERREIRA, 2010), no qual os resultados foram submetidos a análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey (PIMENTEL-GOMES, 2009).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Volatilização de amônia após adubação nitrogenada

A volatilização de amônia, no primeiro ano de condução do experimento, foi determinada pelo período de 26 dias, após as quatro aplicações dos adubos nitrogenados.

Nas Figuras 2.3 (a, b, c e d) e 2.4 (a e b) estão exibidos os valores de volatilização de amônia, em quatro cortes sucessivos, equivalente a doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de N, divididas em quatro doses iguais, com as fontes ureia, nitrato de amônio, ureia+NBPT e ureia+Duromide, incluindo a precipitação pluvial ocorrida durante cada período avaliado. Nas quatro avaliações foi possível observar que a ureia em ambas as doses foi a fonte que apresentou maior volatilização de amônia em valores relativos (%). Por sua vez, a ureia com o inibidor de urease NBPT em ambas as formulações apresentou eficiência na redução da volatilização de amônia, atingindo valores semelhantes ao nitrato de amônio. A intensidade de variação na volatilização da amônia, após a aplicação superficial de ureia ao solo é muito variável, possivelmente está relacionada às doses, fontes e condições climáticas predominantes durante o período avaliado. A falta de precipitação seguida de elevadas temperaturas após a adubação nitrogenada, propicia grandes perdas de NH₃, originando aumento da volatilização acumulada (MARTHA JÚNIOR *et al.*, 2004). Além dessa variação, a volatilização tende a aumentar com o acréscimo da dose de N aplicada e do pH do solo (TASCA *et al.*, 2011).

Na primeira avaliação a quantidade relativamente baixa do conteúdo de água no solo aumentaram as perdas por volatilização, em razão das maiores concentrações de NH₄⁺ e NH₃ em solução, favoreceram a emissão da forma gasosa de NH₃. O pico da volatilização ocorreu no segundo dia após a adubação, atingindo até 25% de volatilização de 50 kg ha⁻¹ de N aplicado, referente a uma parcela da dose total de 200 kg ha⁻¹ de N, as fontes ureia+NBPT, ureia+Duromide e nitrato de amônio (Figura 2.3a)

As condições de precipitações da segunda avaliação não foram o suficiente para incorporar totalmente a ureia ao solo, ocorrendo o pico de volatilização logo no segundo dia, assim que ocorre o pico as perdas cessam (Figuras 2.3b). Segundo Tasca *et al.* (2011) em relação à ureia convencional a perda máxima acumulada de NH₃ chegou a atingir 50 % do N aplicado, nas condições mais favoráveis à volatilização, ou seja, quando os fertilizantes foram aplicados sobre a superfície do

solo úmido e a temperatura do ambiente foi mantida em 35 °C. Contudo trabalhos realizados no Brasil com ureia+NBPT reduziu em 7-9 dias os picos de maior perda de NH_3 em dois experimentos conduzidos em laboratório. No primeiro experimento a perda total de N foi de 28% quando se aplicou ureia e de 6% com ureia+NBPT, ou seja, uma redução de 78%. No segundo experimento, as perdas foram de 37% com ureia e 17 % com ureia+NBPT, correspondendo a uma redução de 54% (SOARES; CANTARELLA; MENEGALE, 2012).

Na terceira parcela da adubação (Figura 2.3c) a primeira precipitação ocorreu somente nove dias após a aplicação, que evidenciou que durante esse período sem chuvas, a volatilização praticamente não ocorreu. A partir do momento da precipitação (35 mm) ocorreu intensa volatilização com a utilização de ureia, chegando próximo ao valor máximo aos 14 dias após a adubação, com 20% de perda de N ao final do ciclo. A intensa volatilização nesse período ocorreu devido coletor que impediu que a chuva incorporasse a ureia na área que estava sendo mensurada a volatilização (dentro do coletor) e provavelmente a chuva que caiu ao redor do coletor ocasionou o umedecimento superficial do solo, o que pode ter favorecido a solubilização da ureia, mas não foi suficiente para incorporá-la, enquanto as fontes com a presença do NBPT e o nitrato de amônio os valores foram muito inferiores durante todo o período. Trabalhos estimam que a perda de amônia por volatilização está diretamente relacionada com a dose de ureia aplicada, sendo que o inibidor de urease proporcionou reduções nas perdas de nitrogênio por volatilização de amônia em relação à ureia comum (LIMA *et al.*, 2018).

Na quarta avaliação ocorreram pequenas ocorrência de chuvas nos primeiros dias após a adubação, promovendo maiores perdas de amônia, cerca de 25% do N aplicado (Figura 2.3d) até nove dias após a adubação com ureia, ou seja, comportamento distinto ao terceiro corte, com ausência total de precipitações. Em condições de altas temperaturas e umidade do solo, o pico de volatilização na maioria das vezes ocorre no 2º ou 3º dia após a aplicação de ureia (CANTARELLA *et al.*, 2003). Os resultados evidenciam que a porcentagem de perda de amônia diminuiu ao longo do tempo, bem como, quanto mais altas as doses de N, maior será a perda (SOARES FILHO *et al.*, 2015). No entanto, as porcentagens de amônia volatilizada em todas as quatro aplicações dos fertilizantes nitrogenados, ou seja, após o pico de volatilização as perdas cessaram, o que pode ser justificado pelas quantidades de

chuvas que não foram suficientes para agregação do fertilizante no solo, gerando estabilidade na sua perda após um período com maiores concentrações de água no solo.

A ureia+Duromide apresentou valores pouco inferiores de perdas em relação a ureia+NBPT em ambas as doses, com valores muito próximos ao nitrato de amônio. No entanto, cabe lembrar que o método de avaliação de perdas de amônia não identifica a perda pelo processo de desnitrificação que podem ocorrer mais facilmente com o nitrato de amônio.

A volatilização de amônia no segundo ano de condução do experimento em função das doses e fontes nitrogenadas, durante o período de 26 dias após a adubação, foi determinada na 2ª e 4ª aplicação dos adubos nitrogenados.

Nas Figuras 2.4 (a e b) estão apresentados os valores de volatilização de amônia, em dois cortes, equivalente a $\frac{1}{4}$ das doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de N, com as fontes ureia, nitrato de amônio, ureia, ureia+NBPT e ureia+Duromide, incluindo a precipitação ocorrida durante cada período avaliado. Nas duas avaliações foi possível observar que a ureia em ambas as doses foi a fonte que apresentou maior volatilização de amônia em valores relativos (%). Por sua vez, a ureia com o inibidor de urease NBPT em ambas as formulações apresentou eficiência na redução na volatilização de amônia, atingindo valores semelhantes ao nitrato de amônio. Houve uma redução da volatilização da amônia em relação a ureia de 91% com a utilização da ureia+NBPT (Figura 2.4a)

De forma isolada em cada corte, no primeiro corte referente a segunda parcela da adubação, a primeira precipitação ocorreu no primeiro dia da adubação, assim foi possível solubilizar parte da ureia ao solo, não incorporando por total, atingindo 7% de volatilização de 25 kg ha⁻¹ de N aplicado, que é referente a uma parcela da dose total de 100 kg ha⁻¹ de N (Figuras 2.4a).

Na quarta adubação ano agrícola 2019/2020 a primeira precipitação ocorreu somente cinco dias após a adubação, que evidenciou que durante esse período sem chuvas, a volatilização ocorreu de forma reduzida. Resultados semelhantes as perdas de N-NH₃ observadas em área com cana-de-açúcar no período de seis dias após aplicação dos tratamentos com fontes nitrogenadas (COSTA; VITTI; CANTARELLA, 2003). A precipitação promoveu intensa volatilização na utilização de ureia, chegando 13% de perdas em 14 dias após a adubação, enquanto as fontes com a presença do

NBPT e o nitrato de amônio os valores foram inferiores durante todo o período. Segundo Dempsey *et al.* (2017), precipitações acima de 21,6 mm reduz drasticamente a volatilização, onde os fertilizantes nitrogenados são incorporados ao solo.

A volatilização acumulada de N-NH_3 e as taxas diárias de volatilização podem ser explicados pela ação conjunta de fatores de solo e de clima, que irão proporcionar elevada concentração de N-NH_3 muito próxima à superfície do solo e alta taxa de perda de água do solo, determinando elevado potencial de perda de N-NH_3 para fora do sistema solo-planta (MARTHA JÚNIOR *et al.*, 2004). Em estudos avaliando a perda de nitrogênio por volatilização em solos saturados atingiram 15% e em solos úmidos 22% do nitrogênio aplicado, por sua vez, com o uso de NBPT as perdas foram reduzidas em 83% e 88%, respectivamente (SCIVITTARO *et al.*, 2010).

Nesse sentido, verificou-se que a utilização de ureia com inibidor de urease foi eficiente na redução da volatilização de amônia (Figura 2.5 a 2.6). Dessa forma, constatou-se que a ureia sem proteção apresentou maior perda de N por volatilização em relação a ureia com inibidor de urease, ou seja, a ureia+Duromide na dose de 100 kg ha⁻¹apresentou perdas por volatilização 97%menor em relação a ureia sem inibidor (Figura 2.5 c). Com base em resultados de pesquisas anteriores Almeida (2016) relata que o uso de fertilizantes com inibidores, embora não em todas as situações, contribuem com muita eficiência na redução das perdas de N nos agroecossistemas.

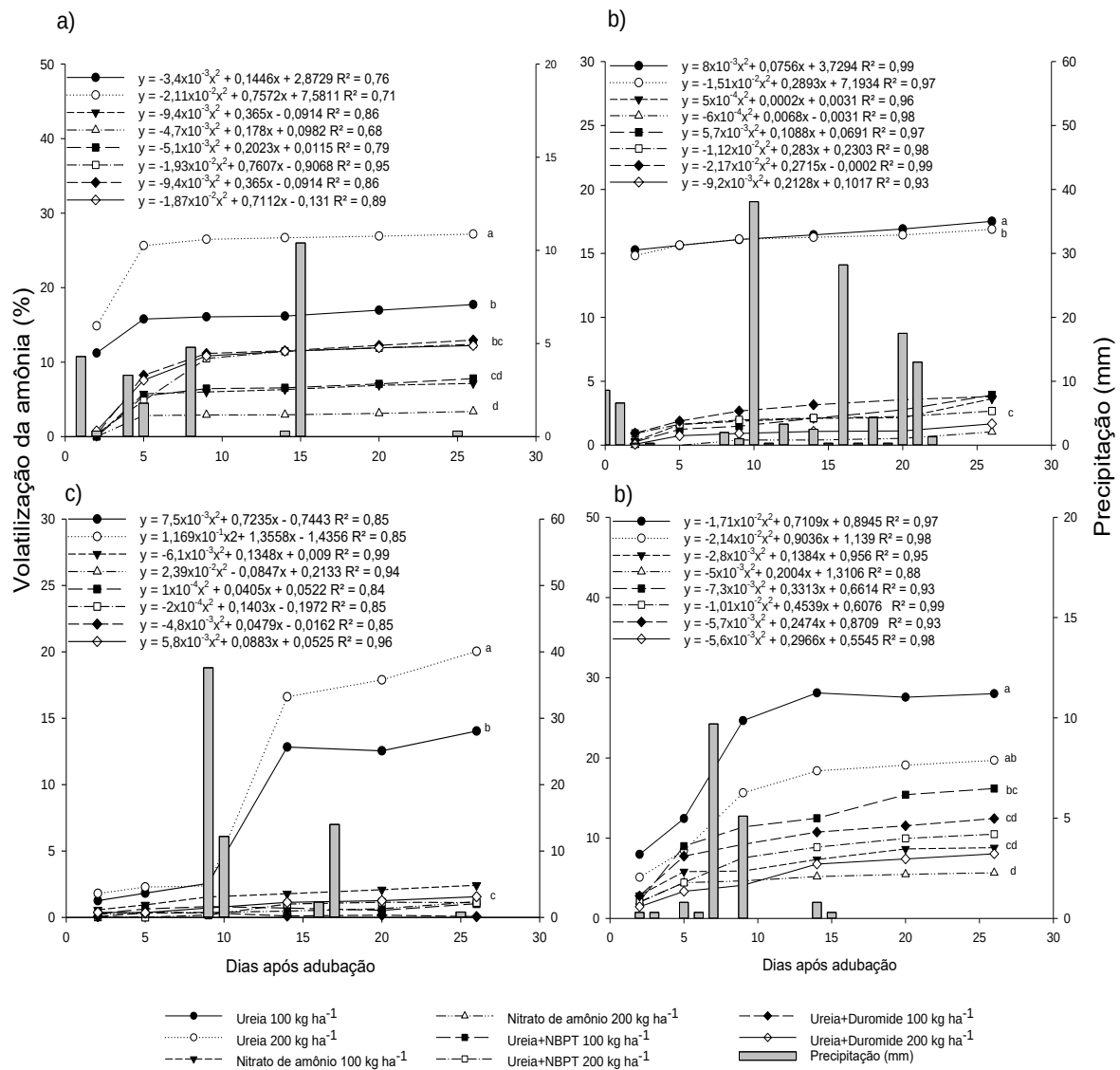


Figura 2.3 Porcentagem de volatilização de amônia em pastagem de formação de capim Marandu. Dose total de N dividida em 4 parcelas iguais, ou seja, dose de 100 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ de N foram aplicadas 4 doses de 25 kg ha⁻¹ e 50 kg ha⁻¹, respectivamente. a) 1ª aplicação b) 2ª aplicação c) 3ª aplicação d) 4ª aplicação. Ano agrícola 2018/2019.

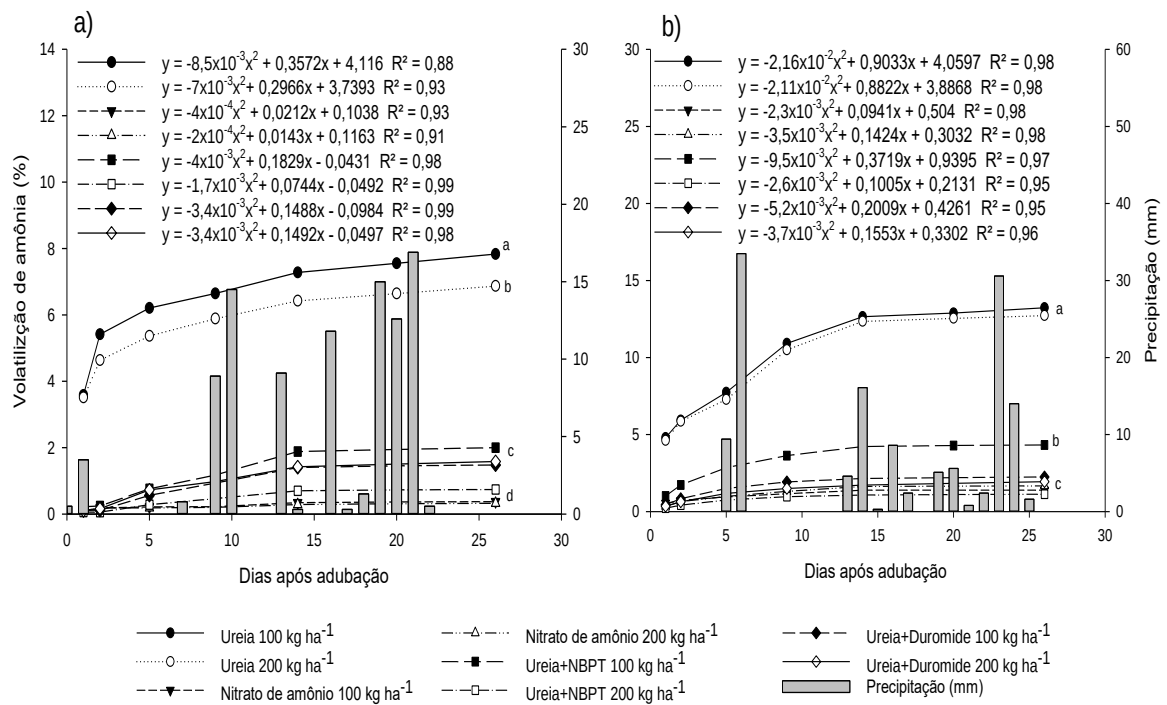


Figura 2.4 Porcentagem de volatilização de amônia em pastagem de formação de capim Marandu. Dose total de N dividida em 4 parcelas iguais, ou seja, dose de 100 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ de N foram aplicadas 4 doses de 25 kg ha⁻¹ e 50 kg ha⁻¹, respectivamente. a) 1ª aplicação b) 3ª aplicação. Ano agrícola 2019/2020

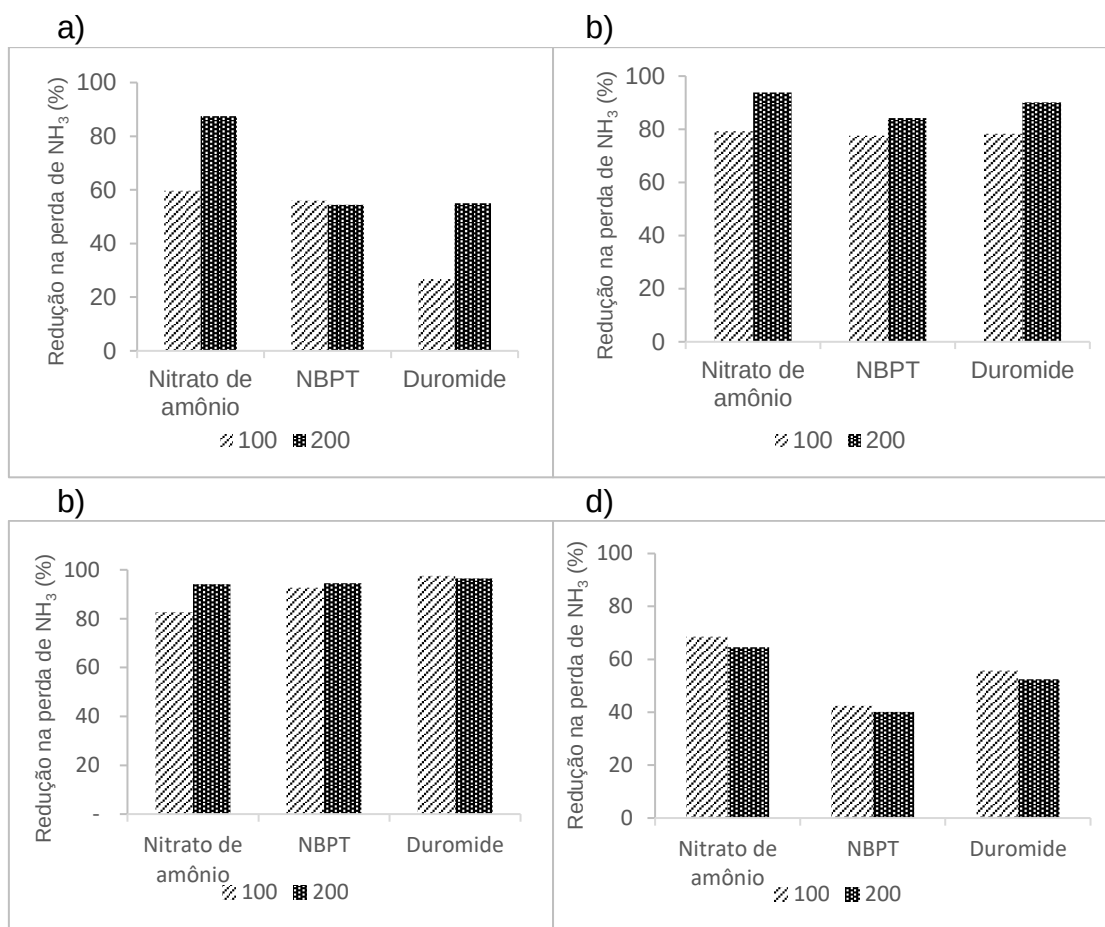


Figura 2.5 Redução de perda de amônia em relação a ureia em pastagem de formação de capim Marandu na 1ª (a) 2ª (b) 3ª (c) 4ª (d) aplicação dos fertilizantes nitrogenados. Ano agrícola 2018/2019.

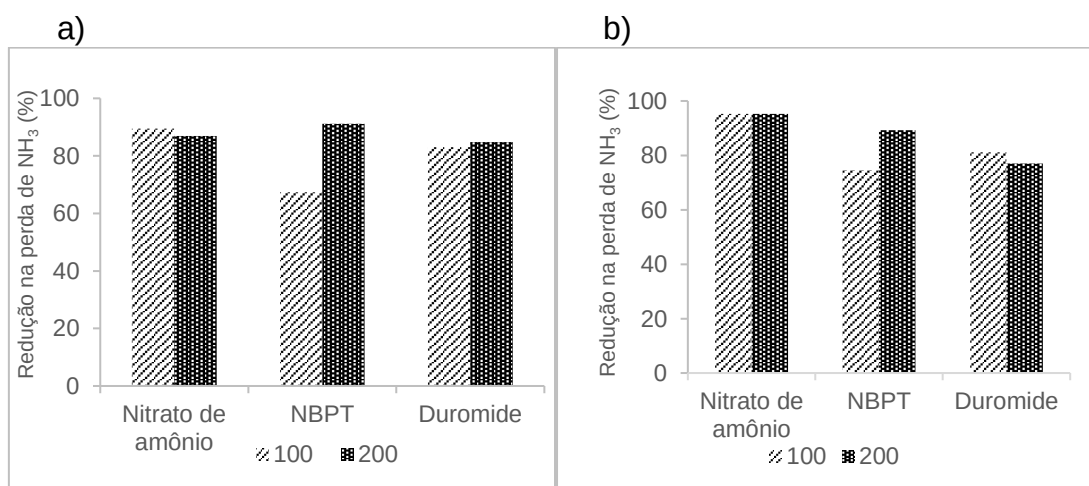


Figura 2.6 Redução de perda de amônia em relação a ureia em pastagem de formação de capim Marandu na 5ª (a) 6ª (b) aplicação dos fertilizantes nitrogenados. Ano agrícola 2019/2020.

2.3.2 Concentração de amônio e nitrato + nitrito no solo

2.3.2.1 Amônio

As frações inorgânicas do nitrogênio no solo são compostas principalmente por amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), mas pequenas concentrações de nitrito (NO_2^-) podem ocorrer em algumas situações (SILVA *et al.*, 2010). O amônio e o nitrato produzidos são consequência de dois processos microbiológicos distintos, amonificação e nitrificação (SUBBARAO *et al.*, 2007)

Na utilização do fertilizante nitrato de amônio 200 kg ha^{-1} de N foi possível verificar que a concentração de NH_4^+ apresentou valores superiores nas camadas 10-40 cm decrescendo na camada 60 cm (Figura 2.7). Possivelmente, devido a baixa retenção do amônio na fase coloidal ocorreu a lixiviação para camada de subsuperficial, bem como a absorção pelas plantas é mais intensa na camada superficial do solo, proporcionando maior consumo do nutriente dessa camada.

A fonte ureia propiciou maiores concentrações de NH_4^+ nas doses de 200 kg ha^{-1} de N. Nas camadas de 20-40 houve drástica diminuição na concentração de NH_4^+ , enquanto nas profundidades 40-60 cm, notou-se aumento na concentração (Figura 2.7). Em virtude do longo intervalo de corte, pode ter ocorrido rápida nitrificação do NH_4^+ , quando se aplicou ureia, uma vez que o conteúdo de N desse fertilizante se encontra na forma amídica. Coelho *et al.* (1988) observaram que da aplicação de 60 kg ha^{-1} de N na forma de ureia, 23% permaneceram no solo na camada de 0 – 90 cm e 15% foram perdidos. Conforme os autores, a perda por lixiviação correspondeu a 4% do total do N aplicado, sendo o restante atribuído a outros processos não determinados na pesquisa.

Nas camadas superficiais 10-20 cm a fonte ureia+NBPT atingiu maiores concentrações de NH_4^+ utilizando as duas doses 100 kg ha^{-1} e 200 kg ha^{-1} . Resultados encontrados por Siqueira Neto *et al.* (2010) reportam que concentrações de N-amoniacal em relação as diferentes profundidades estudadas, foram mais elevadas na camada de 0-25 cm com seus valores decrescendo no perfil do solo. Segundo Silva *et al.* (2011) ao utilizar resíduo sólido urbano, com elevadas concentrações de N houve ausência de efeitos significativos da concentração de amônio (NH_4^+) no solo, na camada de 0-10 cm, onde os teores de NH_4^+ foram 53 e 63% maiores do que aqueles nas camadas de 30-40 cm e 60 -70 cm, respectivamente.

Efeitos parecidos foram encontrados em experimento com cultivo de alface, os autores observaram concentrações médias de amônio de 1,1; 10,5 e 11,6 mg kg⁻¹ nas profundidades de 0-20; 20-40 e 40 a 60 cm, respectivamente, do solo (MANTOVANI; FERREIRA; CRUZ, 2005). A ureia+NBPT foi o que apresentou maior quantidade de NH₄⁺, em relação as outras fontes que foram utilizadas. Dados que corroboram com Lourenço (2013) em que o maior teor de amônio no solo (N-NH₄⁺), nas amostras coletadas após 56 dias de experimento, ocorreu no tratamento onde foi aplicado N exclusivamente na forma de ureia+NBPT.

A ureia+Duromide proporcionou maiores concentrações de NH₄⁺ nas camadas mais superficiais para doses de 200 kg ha⁻¹, o oposto ocorreu com a dose de 100 kg ha⁻¹ onde maiores quantidades foram encontradas nas camadas de 40-50 cm. Em trabalho semelhante, verificou-se que aplicação de doses elevadas de N aumentou os teores de N total, N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ no solo; os teores de N-NH₄⁺ foram mais elevados que os de N-NO₃⁻ (COSTA *et al.*, 2008).

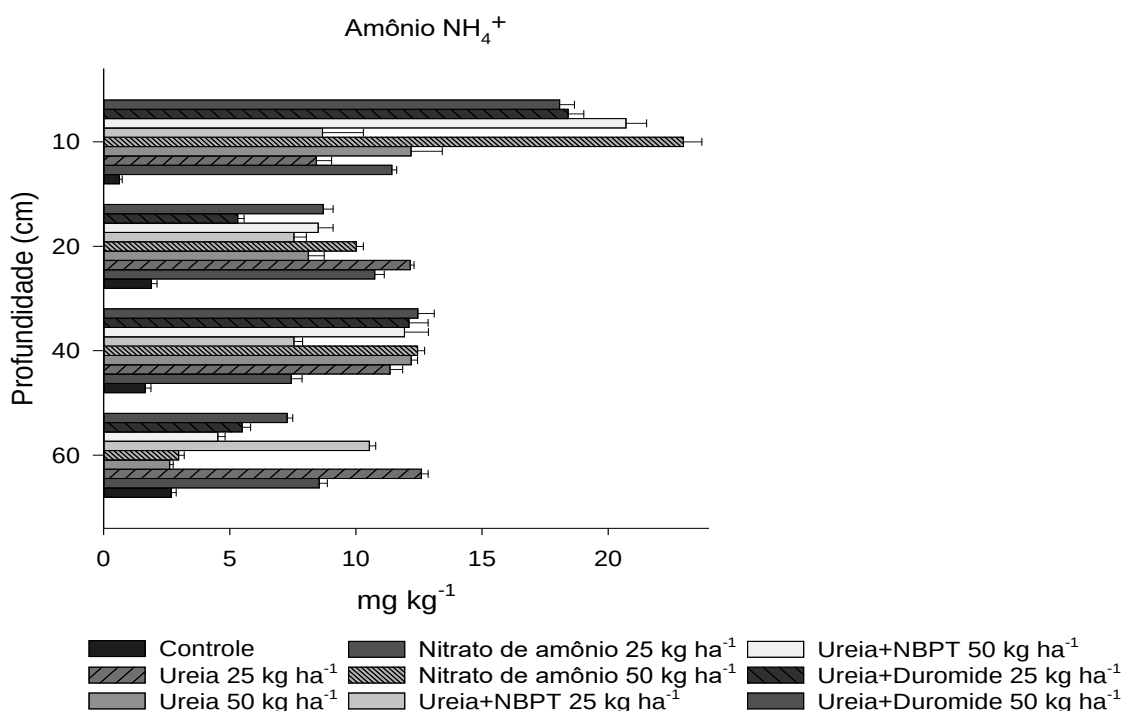


Figura 2.7 - Concentração de amônio no perfil do solo adubado com ¼ da dose total de 100 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ de N.

2.3.2.2 Nitrato + Nitrito

A concentração de nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) com a utilização de nitrato de amônia foi relativamente baixa para as duas doses, o que pode ser explicado devido a ocorrência de maior absorção pelas plantas de NO_3^- em relação ao NH_4^+ . Nas camadas mais profundas (40-60 cm) a dose de 25 kg ha^{-1} de N apresenta um ligeiro aumento de NO_3^- . No entanto, as quantidades são muito menores aos encontrados por Primavesi *et al.* (2006), quando o maior teor de $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ no solo foi de $81,2 \text{ mg kg}^{-1}$, no início das águas, na camada de 0 a 10 cm, em área adubada com 1.000 kg ha^{-1} de N na forma de nitrato de amônio. Os baixos teores de $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ no perfil do solo podem ser parcialmente explicados pela elevada capacidade de extração de N pelas gramíneas tropicais, em virtude de seu elevado potencial de produção de matéria seca e também pelo período de 31 dias após a adubação, pois parte do N pode ter sido perdido por lixiviação, abaixo da camada avaliada.

A adubação com ureia 50 kg ha^{-1} de N ($\frac{1}{4}$ da dose de 200 kg ha^{-1} de N) demonstrou maior proporção de $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ na profundidade de 10-20cm, mas é possível observar que em maior profundidade (40-60 cm) ele é drasticamente reduzido e com valores muito próximos para as duas doses (Figura 2.8). Isso ocorre devido a grande mobilidade do nitrato + nitrito e elevadas quantidades de chuvas no período experimental (128,2 mm). Semelhante ao observado em estudo com lixiviação de nitrogênio e produtividade de milho em resposta à aplicação de misturas de ureia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola, nas camadas de 0 a 10 cm, os teores de N-NH_4^+ aumentaram e os de N-NO_3^- diminuíram entre os 37 e 51 dias de aplicação das misturas de grânulos, em profundidade; os teores de ambas as formas diminuíram (LARA CABEZAS; SOUZA, 2008).

Com a aplicação da ureia+NBPT na dose de 25 kg ha^{-1} de N, apresentou tendência de aumentar na profundidade de 40-60 cm, o que mostra a grande mobilidade do NO_3^- . Com a dose de 50 kg ha^{-1} de N, na camada de 20-40 cm foi possível observar maiores concentrações, no entanto à medida que aumenta a profundidade (40-60 cm) a concentração é reduzida. Primavesi *et al.* (2006) notaram que grandes variações de nitrato nas doses de fertilizantes nitrogenados normalmente praticadas em pastagens na camada de 0 a 40 cm, se estabilizando em torno de 100 cm de profundidade. Ainda de acordo com os autores os picos de NO_3^- na camada superficial ocorrem principalmente após eventos de precipitação, especialmente,

aqueles precedidos de períodos secos. Dentro do período chuvoso, independente da aplicação de adubos nitrogenados, com maior umidade no solo, ocorre grande absorção de N-NO_3^- pela gramínea forrageira no período de desenvolvimento mais ativo, além de imobilização pela população microbiana e da mineralização de matéria orgânica do solo.

A ureia+Duromide para a dose de 25 kg ha^{-1} de N apresentou maior concentração nas camadas de 0-10 cm e 20-40 cm. Já a dose de 50 kg ha^{-1} de N os maiores valores foram encontrados na camada 10 – 20 cm. As duas doses tiveram grandes reduções de $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ na profundidade de 40-60 cm. Assim como observado por Muchovej e Rechcigl (1994) o manejo adequado pode controlar a lixiviação do nitrato aumentando a permanência do mesmo no solo. Dessa maneira, o manejo com o parcelamento de doses elevadas de nitrogênio torna-se uma prática mais recomendada, conforme foi realizada na presente pesquisa.

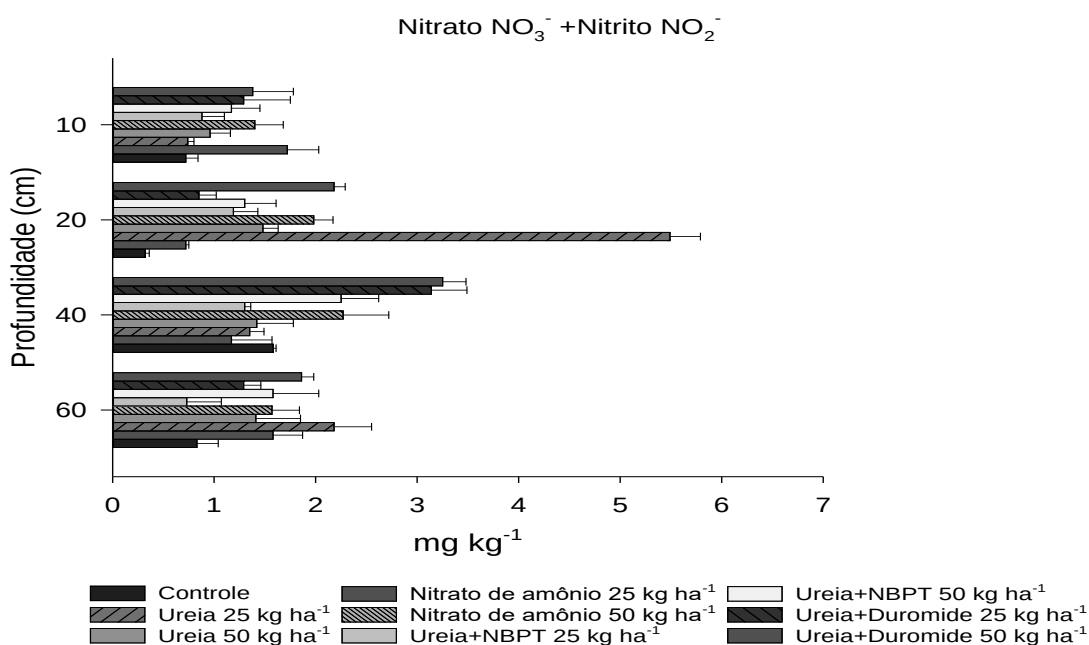


Figura 2.8 – Concentração de nitrato + nitrito no perfil do solo adubado com $\frac{1}{4}$ da dose total de 100 kg ha^{-1} e 200 kg ha^{-1} de N.

2.4 CONCLUSÕES

Os inibidores de urease associados a ureia+NBPT e ureia+Duromide reduziram as perdas de N por volatilização de amônia, atingindo valores semelhantes aos verificados com o nitrato de amônio.

A ureia+Duromide tende a apresentar menores perdas de amônia em relação a ureia+NBPT;

Na avaliação isolada em cada corte, no ano de 2018/2019, a ureia apresentou maior volatilização em relação as fontes nitrato de amônio, ureia+NBPT e ureia+Duromide.

Na dose de 50 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia apresentou maior concentração de nitrato+nitrato na camada superficial do solo em relação a ureia+Duromide.

O NH₄⁺ apresentou maior concentração no solo na dose de 50 kg ha⁻¹ de N com a fonte ureia+NBPT.

2.5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. S.; MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; SOARES, L. H. B.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Calibration of a semi-opened static chamber for the quantification of volatilized ammonia from soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 769–776, 2009.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. **Fertilidade do solo**, v. 2, p. 375–470, 2007.

CANTARELLA, H.; MATTOS, D.; QUAGGIO, J. A.; RIGOLIN, A. T. Fruit yield of valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 67, n. 3, p. 215–223, 2003.

COELHO, A.; FRANCA, G.; BAHIA FILHO, A.; GUEDES, G. Balanço de nitrogênio (15N) em um latossolo vermelho-escuro fase cerrado cultivado com milho. In: EMBRAPA Milho e sorgo-resumo em anais de congresso (ALICE), 18., 1988, Guarapari. **Anais [...]** Guarapari: Embrapa, 1988.

CORRÊA, L. A. Pastejo rotacionado para produção de bovinos de corte. In: Simpósio de forragicultura e pastagens. In: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000, Lavras, MG. **Anais [...]** Lavras: Embrapa, 2000.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E. C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-Marandu: I - alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1591–1599, 2008.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 631–637, 2003.

ALMEIDA, R. E. M. **Fertilizantes de aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas**. Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016.

SILVA, D. F.; ANDRADE, C. L. T.; SIMEONE, M. L. F.; AMARAL, T. A.; CASTRO, L. A.; MOURA, B. F. **Análise de nitrato e amônio em solo e água**, Embrapa Milho e Sorgo, 2010

DEMPSEY, R. J.; SLATON, N. A.; NORMAN, R. J.; ROBERTS, T. L. Ammonia Volatilization, Rice Yield, and Nitrogen Uptake Responses to Simulated Rainfall and Urease Inhibitor. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 1, p. 363–377, 2017.

FERREIRA, D. F. Sistema de análises estatísticas-Sisvar 5.6. **Lavras: Universidade Federal de Lavras**, 2010.

LARA CABEZAS, W. A. R.; SOUZA, M. A. Ammonia volatilization, leaching of nitrogen and corn yield in response to the application of mix of urea and ammonium sulphate or gypsum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2331–2342, 2008.

LIMA, J. E. S.; NASCENTE, A. S.; SILVEIRA, P. M.; LEANDRO, W. M. Volatilização da amônia da ureia estabilizada com nbpt na adubação em cobertura da *Urochloa ruziziensis*. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 1, p. 92–100, 2018.

LOURENÇO, K. S. **Reações do nitrogênio no solo decorrentes da aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo) - Universidade do estado de Santa Catarina, 2013.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Nitrato em alface e mobilidade do íon em solo adubado com composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 681–688, 2005.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; VILELA, L.; PINTO, T. L. F.; TEIXEIRA, G. M.; MANZONI, C. S.; BARIONI, L. G. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-tanzânia adubada com ureia no verão **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2240–2247, 2004.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L.; MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 512–522, 2015.

MUCHOVEJ, R. M.; RECHCIGL, J. E. Impacts of nitrogen fertilization of pastures and turf grasses on water quality. **Soil Processes and Water Quality**, p. 91–135, 1994.

NETO, F. C.; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G. Nitrogênio residual em solo adubado com diferentes fontes e intervalos de aplicação de nitrogênio. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 2, 2006.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com ureia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 247–253, 2005.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrient content in Marandu grass biomass dueto nitrogen source sand levels. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 562–568, 2006.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba-SP, Brasil. **International Plant Nutrition Institute (Eds.)**, p. 450, 2011.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Instituto Agrônomo/Fundação IAC Campinas, 1997. v. 285

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. De; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C. De;

OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N.; VALE, M. L. C.; RICORDI, V. G. Nitrogen losses by ammonia volatilization and lowland rice response to NBPT urease inhibitor-treated urea. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1283–1289, 2010.

SILVA, D. D. F.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; BATISTA, R. D. O.; MOREIRA, D. A. Alteração química de solo cultivado com capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 3, p. 243–251, 2011.

SILVA, D. F.; ANDRADE, C. L. T.; SIMEONE, M. L. F.; AMARAL, T. A.; CASTRO, L. A.; MOURA, B. F. **Análise de nitrato e amônio em solo e água**, Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; VENZKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 923–936, 2010.

SOARES FILHO, C. V.; CECATO, U.; RIBEIRO, O. L.; ROMA, C. F. C.; BELONI, T.; Ammonia volatilization losses in Tanzania grass fertilized with urea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 253–264, 2015.

SOARES, J. R.; CANTARELLA, H.; MENEGALE, M. L. C. Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 52, p. 82–89, 2012.

SUBBARAO, G. V.; WANG, H. Y.; ITO, O.; NAKAHARA, K.; BERRY, W. L. NH_4^+ triggers the synthesis and release of biological nitrification inhibition compounds in *Brachiaria humidicola* roots. **Plant and Soil**, v. 290, n. 1, p. 245–257, 2007.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 493–502, 2011.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Ufrgs Porto Alegre, 1995. v. 174

TERRA, A. B. C.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V.; SILVA, N. C. D. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 11–20, 2019.

CAPÍTULO 3 – PRODUTIVIDADE DE MASSA SECA, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA, TEORES E ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM PASTAGEM DE CAPIM MARANDU ADUBADA COM FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

Resumo – Nas regiões tropicais, a baixa disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores que interferem na produtividade e na qualidade da forragem. Sendo assim, a aplicação de nutrientes em quantidades e proporções adequadas, especialmente o N, é uma prática essencial para aumentar a produção de forragem. O experimento foi realizado no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena, com o objetivo de avaliar fontes nitrogenadas convencionais e com eficiência aumentada na produção de massa seca, composição morfológica, teores e absorção de macronutrientes em *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2+1. As parcelas constituíram de quatro fontes nitrogenadas (ureia, nitrato de amônia, ureia+NBPT e ureia+Duromide), com duas doses de nitrogênio (100 e 200 kg ha⁻¹), acrescido um tratamento sem adubação nitrogenada (controle). As doses nitrogenadas foram parceladas em quatro aplicações iguais (25 e 50 kg ha⁻¹). A maior produção acumulada de massa seca do capim Marandu, no primeiro e segundo ano, foi com a utilização da ureia+Duromide em relação as outras fontes (ureia, nitrato de amônio e ureia+NBPT). A produção de massa seca de lâmina foliar acumulada de capim Marandu com a utilização de ureia+Duromide proporcionou maiores produtividades de forragem no primeiro ano e resultado semelhante foi observado no segundo ano. Aumento da dose de nitrogênio na adubação do capim Marandu promoveu maior produção acumulada de lâmina foliar nos dois anos do experimento. Em relação ao controle a aplicação de nitrogênio com as fontes ureia+NBPT e Ureia+Duromide apresentaram maiores concentrações de N na fitomassa e conseqüente melhor qualidade da forragem. A aplicação de N na adubação proporcionou aumento dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea do capim Marandu.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, *Urochloa brizantha*, regiões tropicais

Dry mass accumulation, morphological composition, macronutrient content and absorption in Marandu grass pasture fertilized with nitrogen sources and doses

Abstract – In the tropics, low nutrient availability is one of the main factors interfering with forage yield and quality. Thus, the application of nutrients in adequate amounts and proportions, especially N, is an essential practice to increase forage production. The experiment was conducted in the experimental field of the College of Agrarian and Technological Sciences, Dracena Campus, with the objective of evaluating conventional nitrogen sources and those with increased efficiency in the production of dry mass, morphological composition, levels and absorption of macronutrients in *Urochloa brizantha* cv. Marandu. The experimental design was randomized block design with four repetitions, in a 4x2+1 factorial scheme. The plots consisted of four nitrogen sources (urea, ammonium nitrate, urea+NBPT and urea+Duromide), with two nitrogen doses (100 and 200 kg ha⁻¹), plus a treatment without nitrogen fertilization (control). The nitrogen doses were divided into four equal applications (25 and 50 kg ha⁻¹). The highest accumulated production of dry mass of Marandu grass, in the first and second year, was with the use of urea+Duromide in relation to the other sources (urea, ammonium nitrate and urea+NBPT). The accumulated leaf blade dry mass production of Marandu grass with the use of urea+Duromide provided higher forage yields in the first year and similar result was observed in the second year. Increasing the dose of nitrogen in the fertilization of Marandu grass promoted greater accumulated production of leaf lamina in the two years of the experiment. Compared to the control, the application of N with the source's urea+NBPT and Urea+Duromide showed higher concentrations of N in the phytomass and consequently better forage quality. The application of N in fertilization provided increased levels of N, P, K, Ca, Mg and S in the aboveground part of Marandu grass.

Keywords: Nitrogen fertilization, *Urochloa brizantha*, tropical regions

3.1 INTRODUÇÃO

O potencial produtivo de uma forrageira é determinado geneticamente, entretanto, para que seu potencial seja obtido, condições adequadas do meio (temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de nutrientes) e de manejo necessitam ser adotados. Entre essas condições, nas regiões tropicais, a baixa disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores que interferem na produtividade e na qualidade da forragem. Sendo assim, a aplicação de nutrientes em quantidades e proporções adequadas, especialmente o N, é uma prática essencial para aumentar a produção de forragem e influenciar na qualidade do pasto, principalmente pelo aumento do teor de proteína na forrageira (FAGUNDES *et al.*, 2005; MOREIRA, 2003).

A forma extrativista de exploração pecuária contribui para o aumento de áreas degradadas de pastagem ou em processo de degradação. Na degradação das pastagens, a produtividade e composição botânica são consideravelmente alteradas ao longo do tempo. Entre as causas da degradação de pastagens cultivadas está associado a redução fertilidade do solo, ausência de adubação e ao manejo inadequado das plantas forrageiras (COSTA; FAQUIN; OLIVEIRA, 2010)

A adubação nitrogenada na *Urochloa brizantha* cv. Marandu exerce efeito positivo nas taxas de alongamento e aparecimento foliar, no número de perfilhos, de folhas vivas e no comprimento final das lâminas foliares, contribuindo com a velocidade de estabelecimento do capim Marandu (ALEXANDRINO; VAZ; SANTOS, 2010). Conforme Fagundes *et al.* (2005), com a adubação nitrogenada, são observadas alterações positivas na taxa de acúmulo de massa seca da forragem ao longo das estações do ano. Além do potencial produtivo, as características morfogênicas e morfofisiológicas do dossel também podem responder a adubação nitrogenada (PREMAZZI; MONTEIRO; CORRENTE, 2003).

As tecnologias que aumentam o efeito da adubação nitrogenada são os fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada, como os de liberação lenta, controlada ou com inibidores de urease, que visam reduzir os processos de perdas do N proveniente do fertilizante, acrescentando na produção da cultura (FRAZÃO *et al.*, 2014). Os fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada que utilizam inibidores de urease, como o NBPT (N-(n-butil) triamida tiofosfórica) têm proporcionado os

melhores efeitos decorrentes da aplicação superficial de ureia (CANTARELLA *et al.*, 2008)

O objetivo desse trabalho foi avaliar a viabilidade do uso de doses e fontes nitrogenadas convencionais e com eficiência aumentada na produtividade de massa seca e teores de nutrientes em pastagem de capim Marandu (*Urochloa brizantha*).

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi instalado em área de formação de pastagem *Urochloa brizantha* cv. Marandu e avaliado por dois anos agrícolas 2018/2019 e 2019/2020, no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP, Campus de Dracena, situado a 21° 27' latitude sul, 51° 36' longitude oeste e a 421 metros de altitude. A precipitação acumulada anual é de 1300 mm, com temperatura média anual do ar de 24°C, com média máxima de 31°C e mínima de 19°C. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (SANTOS *et al.*, 2018).

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2+1, constituído de quatro fontes nitrogenadas (ureia, nitrato de amônio e ureia com inibidor de uréase [N-(n-butil) tiofosfórico triamida]) (ureia+NBPT e ureia+Duromide), e duas doses de nitrogênio (100 e 200 kg ha⁻¹ ano), acrescido um tratamento sem adubação nitrogenada (controle), totalizando 36 parcelas. As doses de nitrogênio foram divididas em quatro aplicações, representando 25 e 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio por aplicação, distribuídas a lanço e sem incorporação ao solo, sendo a primeira 30 dias após a semeadura e as demais após cada corte subsequente.

O NBPT [N-(n-butil) tiofosfórico triamida] é o inibidor convencional que em condições de pH do solo ácido e temperaturas acima de 30° C reduz a sua eficiência.

O Duromide é um novo inibidor de urease (princípio ativo), que consiste em uma nova geração do NBPT. A nova molécula possui a mesma função química encontrada na molécula de NBPT convencional, que lhe confere a propriedade de se ligar ao sítio ativo da urease, inativando-a, mas por outro lado o restante de sua estrutura química se difere do NBPT de modo a torná-la mais estável. Com a maior estabilidade do novo princípio ativo, espera-se maior durabilidade de embalagem e depois de aplicado ao solo, com viabilidade em maior amplitude de pH e temperatura. A partir dessas características, estima-se melhor atuação na inibição da urease e consequentemente menor perda de nitrogênio por volatilização.

3.2.3 Instalação e condução do experimento

Para caracterização química do solo inicial as amostras foram coletadas na profundidade 0 - 20 cm, com os atributos químicos e granulometria apresentadas na Tabela 2.1

As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Raij (2011). Foram avaliados os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio pelo método de extração com resina trocadora de íons. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico e o pH, em cloreto de cálcio, além da acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0. Foram calculadas as somas de bases ($SB = Ca + Mg + K$), capacidade de troca catiônica ($CTC = SB + (H + AL)$) e saturação por bases ($V\% = (100 \times SB) / CTC$). O boro disponível foi extraído pelo método da água quente e os demais micronutrientes foram avaliados em DTPA.

Em agosto de 2018 foi realizada a calagem para elevar a saturação por bases a 60%. O calcário dolomítico foi incorporado com arado de disco a 0,20 m de profundidade. Adubação de fósforo e potássio em área total, foi aplicado a lanço com 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 via superfosfato simples e 30 kg ha^{-1} de K_2O via cloreto de potássio de acordo com as recomendações (RAIJ *et al.*, 1997)

Em 17/12/2018 foi instalado o experimento, realizando a demarcação das parcelas, sendo 4 m x 4 m, totalizando 16 m². O espaçamento entre parcelas e blocos foi de 1 m, para evitar a contaminação entre os tratamentos. O capim Marandu foi semeado em linhas com espaçamento de 25 cm entre linhas e uma densidade de semeadura de 10 kg ha^{-1} de sementes puras e viáveis.

Foram realizados quatro cortes, com intervalos regulados quando a média do melhor tratamento atingiu 28 cm de altura (95% de interceptação luminosa) (CORRÊA, 2000). Os intervalos dos cortes entre um ciclo e outro ocorreram em média de 30 dias.

Em 08/01/2019, foi realizada a primeira aplicação de fertilizantes nitrogenados em todas as parcelas, com início das avaliações do primeiro ano de condução do experimento.

No período seco do primeiro ano agrícola não foi realizado corte, uma vez que o capim não alcançou a altura ideal, onde alguns dos fatores foram limitantes, como fotoperíodo, temperatura do ar, radiação solar e disponibilidade hídrica.

Para início das avaliações do segundo ano agrícola, em 17/10/2019 foi realizado o corte antes da adubação. Dessa forma foi possível avaliar o efeito residual das doses e fontes da adubação do primeiro ano.

No período de 18/10/2019, foi realizada a primeira aplicação de fertilizantes nitrogenados na dose conforme apresentado nos tratamentos. No período das chuvas foram realizados quatro cortes, com intervalo regulado pelo melhor tratamento atingir 28 cm de altura e um corte no período outono/inverno. As doses e fontes de fósforo e potássio foram as mesmas utilizadas no primeiro ano e aplicadas junto com a primeira parcela da adubação nitrogenada.

3.2.4 Produção de forragem

A massa verde de forragem foi mensurada por meio do uso de um amostrador retangular de ferro com 0,5 m² (1 m x 0,5 m), sendo retirada uma amostra por unidade experimental. O amostrador foi posicionado em ponto aleatório e representativos de cada parcela e a forragem contida no interior do quadro foi cortada a 15 cm de altura do solo e foi imediatamente pesada para obtenção da massa verde de forragem.

Para a avaliação da massa seca foi retirada uma subamostra da forragem, a qual foi pesada imediatamente e seca em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, conforme descrição de Silva e Queiroz (2002). A partir desses valores foi calculada a massa seca produzida por hectare.

3.2.5 Composição morfológica

Para determinar a participação relativa de cada componente morfológico foi retirada uma subamostra da amostra de massa verde de forragem, a qual foi separada em frações de lâminas foliares e pseudocolmo (colmos + bainhas) as quais foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, conforme descrição de Silva e Queiroz (2002).

3.2.6 Teores de macronutrientes da parte aérea da forrageira

Para determinar a concentração de macronutrientes na parte aérea total da forragem foi utilizada a amostra na qual foi determinada a massa seca total de forragem. As amostras foram moídas em moinho tipo Willey e seguiu a metodologia descrita por Malavolta (1997). Foi analisada a forragem amostrada em dois cortes, sendo uma representativa do período das chuvas e outra do período das secas.

3.2.7 Análise estatística

Os dados foram realizados avaliados quanto a normalidade e homogeneidade dos erros de variância e as análises foram realizadas utilizando SISVAR® (FERREIRA, 2010), no qual os resultados foram submetidos a análise de variância e comparação de médias dos tratamentos pelo teste Tukey (PIMENTEL-GOMES, 2009).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Massa seca de forragem

As produtividades de massa seca do capim Marandu de quatro cortes do período das águas, um do período seco (inverno) e a produção acumulada no primeiro ano do experimento estão apresentadas na Tabela 3.1.

Em todos os cortes e na produção acumulada no período foi verificado interação significativa entre doses e fontes de N na produção de massa seca de capim Marandu (Tabela 3.1).

No primeiro corte observou-se que a produção de massa seca com a aplicação de nitrogênio equivalente a dose de 100 kg ha^{-1} de N não apresentou diferença entre as fontes nitrato de amônio, ureia+NBPT e ureia+Duromide, enquanto na dose equivalente a 200 kg ha^{-1} as fontes ureia+NBPT e ureia+Duromide foram superiores as fontes ureia e nitrato de amônio.

No segundo corte verificou-se tendência semelhante a observada no primeiro corte, com destaque da ureia+Duromide na dose equivalente a 200 kg ha^{-1} que diferiu da ureia enquanto as demais não diferiram estatisticamente. Na média, a produção de forragem no segundo corte foi muito maior em relação aos demais cortes (Tabela 3.1). Isso pode ser atribuído a muita chuva distribuída no período, que proporcionou crescimento acelerado da forrageira e foi necessário retardar o corte para atingir os 26 dias da avaliação de volatilização.

No terceiro e quarto corte, na comparação entre as fontes, a ureia+Duromide propiciou as maiores médias de produção. Na dose equivalente a 200 kg ha^{-1} com a ureia+Duromide foi superior as demais fontes avaliadas. Possivelmente, o novo inibidor de urease associado a ureia+Duromide com características de maior estabilidade em altas temperaturas são positivas para aumentar sua eficiência sob as condições climáticas de regiões tropicais, como é o caso da região de Dracena. O quinto corte a fonte ureia+NBPT apresentou maior produção de massa seca que as outras fontes. No acumulado foi possível observar que a fonte ureia+Duromide seguida da ureia+NBPT, contribuiu para a maior produção de massa seca de capim Marandu no primeiro ano de avaliação (Tabela 3.2).

Tabela 3.1 - Produção de massa seca de capim Marandu adubado com doses e fontes de nitrogênio. Ano agrícola 2018/2019.

Variáveis	Cortes					Acumulado
	1º	2º	3º	4º	5º	
	25.02.2019	26.03.2019	25.04.2019	06.06.2019	17.10.2019	
-----kg ha ⁻¹ -----						
Fontes de N						
Ureia	1940,03 c	2656,28 b	930,90 c	1083,37 c	827,87 c	7438,47 c
N. de Amônio	2209,32 b	3057,93 a	898,12 bc	1080,20 c	462,82 d	7245,57 c
Ureia+NBPT	2618,77 a	3066,61 a	1060,69 b	1597,48 b	1246,50 a	9590,08 b
Ureia+Duromide	2727,90 a	3395,39 a	1736,36 a	1870,54 a	1081,39 b	10811,60 a
Dose de N kg ha ⁻¹						
0	2119,18 b	2437,43 c	695,85 b	541,02 c	408,66 c	6202,14 c
100	2023,70 b	2978,15 b	1060,19 b	1387,64 b	1013,92 b	8463,62 b
200	2979,14 a	3716,59 a	1713,52 a	2295,03 a	1291,35 a	11995,65 a
Teste F						
Fontes de N (F)	27,019*	9,339*	109,277*	294,48 *	2275,13 *	116,36 *
Dose de N (N)	74,707*	56,110*	250,962*	1958,95 *	5309,64 *	516,33 *
FxN	10,973*	2,583*	78,311*	246,27 *	625,53 *	47,08 *
Média Geral	2374,01	3044,05	1156,5220	1407,89	904,64	8887,13
CV(%)	10,26	11,25	11,26	5,63	2,74	5,78

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

Com o acumulado referente a soma de todos os cortes, foi possível finalizar que em todos os cortes a dose de 200 kg ha⁻¹ foi a que proporcionou maior produção de massa seca para todas as fontes, porém entre as fontes, a que apresentou maior produção foi a ureia+Duromide, e para a dose de 100 kg ha⁻¹ o destaque foi para as fontes ureia+NBPT e ureia+Duromide. Quando comparado com a ureia, a utilização da fonte ureia+Duromide proporcionou um acréscimo na produção de massa seca de 47,63 % na dose de 100 kg ha⁻¹ de N e 73, 63% na dose de 200 kg ha⁻¹ de N. O que confirma a importância da adubação nitrogenada manejada corretamente, para o aumento da produção de forragem (BONFIM-SILVA; MONTEIRO, 2006).

Tabela 3.2 Desdobramento da interação de fontes e doses de nitrogênio na produção de massa seca em cinco cortes e acumulada de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Dracena, ano agrícola 2018/2019.

Fontes de N	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
	0	100	200	0	100	200
----- kg ha ⁻¹ -----						
	1° corte			2° corte		
Ureia	2119,18 B	1244,70bB	2456,21 bA	2437,43 B	2289,16 bB	3242,27 bA
N. de amônio	2119,18 B	2142,17 aA	2366,60 bA	2437,43 B	2996,00 aB	3740,37 abA
Ureia+NBPT	2119,18 B	2340,89 aB	3396,26 aA	2437,43 B	3020,70 aB	3741,70 abA
Ureia+Duromide	2119,18 B	2367,03 aA	3697,50 aA	2437,43 B	3606,75 aB	4142,01 aA
	3° corte			4° corte		
Ureia	695,85 B	1045,70 abA	1051,14 cA	541,02 C	1198,74 cB	1510,34 cA
N. de amônio	695,85 C	897,84 bAB	1100,67cA	541,02 B	1376,73 bB	1322,86 dA
Ureia+NBPT	695,85 C	1055,25 abB	1430,99 bA	541,02 C	1591,75 aB	2659,67 bA
Ureia+Duromide	695,85 C	1241,97 aB	3271,27 aA	541,02 C	1383,33 bB	3687,26 aA
	5° corte			Acumulado		
Ureia	408,66 C	933,70 cB	1141,26 cA	6202,14 B	6712,02 cB	9401,25 cA
N. de amônio	408,66 B	422,22 dB	557,58 dA	6202,14 C	7834,96 bB	9088,08 cA
Ureia+NBPT	408,66 C	1389,31 aB	1941,54 aA	6202,14 C	9397,91 aB	13170,18 bA
Ureia+Duromide	408,66 C	1310,47 bB	1525,03 bA	6202,14 C	9909,58 aB	16323,09 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

Já no segundo ano agrícola 2019/2020 em todos os cortes foi verificado interação significativa entre doses e fontes de N na produção de massa seca de capim Marandu (Tabela 3.3). Dessa maneira, realizou-se o desdobramento entre os dois fatores (dose e fontes) em cada corte e os resultados foram compilados na Tabela 3.4.

No primeiro e quinto corte observou-se que a produção de massa seca com a aplicação de nitrogênio equivalente a dose de 200 kg ha⁻¹ de N apresentou diferença entre as fontes, onde ureia+Duromide obteve maior produção em relação ureia, nitrato de amônio e ureia+NBPT. No segundo corte verificou-se tendência semelhante a observada no primeiro corte, com destaque ureia+Duromide na dose equivalente a 200 kg ha⁻¹ (Tabela 3.3). Vitor et al. (2014), analisando o efeito de doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre as características estruturais de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, utilizando adubação nitrogenada parcelada em três aplicações, verificaram que as doses de nitrogênio proporcionaram efeito linear positivo sobre a taxa de acúmulo de massa seca, onde a maior produtividade de massa seca foi na dose de nitrogênio de 400 kg ha⁻¹.

No terceiro e quarto corte, na comparação entre as fontes, a ureia+NBPT e ureia+Duromide sempre estavam entre as maiores médias de produção. Possivelmente, o novo inibidor de urease associado a ureia+Duromide com características de maior estabilidade em altas temperaturas são positivas para aumentar sua eficiência sob as condições climáticas de regiões tropicais, como é o caso da região de Dracena.

Na média, a produção de forragem no terceiro corte foi muito maior em relação aos demais cortes. Nascimento *et al.* (2019), observaram que com a redução do uso do nitrogênio no cultivo de *Urochloa brizantha*, nota-se uma limitação na produção de massa seca na parte aérea da cultura, o que reflete na altura do dossel das plantas, uma vez que na ausência de nitrogênio, o capim Marandu apresentou menores quantidades de massa seca, pois o nitrogênio ativa processos metabólicos essenciais para a produção de massa de forrageiras. As doses de nitrogênio influenciaram positivamente a produção de massa seca do capim Marandu.

Tabela 3.3 - Produção de massa seca de capim Marandu adubado com doses e fontes de nitrogênio. Ano agrícola 2019/2020.

Variáveis	Cortes					Acumulado
	1º	2º	3º	4º	5º	
	13.11.2019	10.12.2019	15.01.2020	02.03.2020	10.06.2020	
-----kg ha ⁻¹ -----						
Fontes de N						
Ureia	482,23 c	828,62 c	1655,29 bc	1428,48 ab	638,62 b	5033,26 c
N. de Amônio	626,01 b	845,77 c	1433,34 c	1265,26 b	639,32 b	4809,71 c
Ureia+NBPT	589,02 bc	941,42 b	1926,51 ab	1648,22 a	619,82 b	5725,00 b
Ureia+Duromide	994,29 a	1415,54 a	2137,07 a	1653,17 a	799,15 a	6999,23 a
Dose de N kg ha ⁻¹						
0	350,41 c	443,11 c	968,87 c	890,01 c	103,17 c	2755,58 c
100	688,79 b	1211,50 b	1999,69 c	1558,11 b	863,15 b	6321,25 b
200	979,46 a	1368,90 a	2395,60 c	2048,24 a	1056,36 a	7848,58 a
Teste F						
Fontes de N (F)	38,10 *	1436,82 *	13,69 *	4,94 *	64,99 *	95,97 *
Dose de N (N)	101,48 *	6158,11 *	104,51 *	63,32*	3135,72 *	900,47 *
FxN	9,82 *	373,47 *	4,32 *	3,49 *	50,90 *	26,43 *
Média Geral	672,89	1007,84	1788,05	1498,78	674,23	5641,80
CV(%)	18,58	2,51	16,12	19,50	5,34	6,18

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

Em todos os cortes houve interação no desdobramento entre doses e fontes de nitrogênio no qual as fontes apresentaram maiores valores de produção de massa seca para a maior dose de N para todas as fontes nitrogenadas, dando destaque para as fontes ureia+NBPT e ureia+Duromide (Tabela 3.4). No acumulado é possível considerar a média para todos os cortes, onde a fonte ureia+Duromide foi superior as demais fontes, o que pode ser justificado pela sua alta tecnologia, melhorando a absorção dos nutrientes pela forrageira.

Tabela 3.4 Interação de fontes e doses de nitrogênio na produção de massa seca em cinco cortes e acumulada de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Dracena, ano agrícola 2019/2020.

Fontes de N	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
	0	100	200	0	100	200
----- kg ha ⁻¹ -----						
	1° corte			2° corte		
Ureia	350,41 B	395,86 bB	700,42 bA	443,11 C	928,77 cB	1113,99 cA
N. de amônio	350,41 C	611,00 bB	916,61 bA	443,11 C	1004,02 bB	1090,18 cA
Ureia+NBPT	350,41 B	610,39 bB	806,25 bA	443,11 C	1050,40 bB	1330,74 bA
Ureia+Duromide	350,41 C	1137,88 aB	1494,57 aA	443,11 C	1862,81 aB	1940,70 aA
	3° corte			4° corte		
Ureia	968,87 C	1655,35 bB	2341,65 bA	890,01 B	1679,61 aA	1715,83 bA
N. de amônio	968,87 B	1645,69 bA	1685,45 cA	890,01 C	1338,40 aAB	1567,38 bA
Ureia+NBPT	968,87 C	2153,57 abB	2657,08 abA	890,01 C	1524,61 aB	2530,06 aA
Ureia+Duromide	968,87 B	2544,13 aA	2898,21 aA	890,01 C	1689,81 aB	2379,71 aB
	5° corte			Acumulado		
Ureia	103,17 C	655,20 cB	1157,48 aA	2755,58 C	5314,81 cB	7029,39 cA
N. de amônio	103,17 C	863,10 bB	951,70 bA	2755,58 C	5462,23 cB	6211,34 dA
Ureia+NBPT	103,17 B	862,95 bA	893,34 bA	2755,58 C	6201,95 bB	8217,47 bA
Ureia+Duromide	103,17 C	1071,36 aB	1222,93 aA	2755,58 C	8306,00 aB	9936,12 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

3.3.2 Composição morfológica

A produção relativa de folhas do capim é uma variável importante na produção de pastagens, por representar o componente de maior valor nutritivo para os animais. É possível verificar que somente no primeiro corte não houve efeito de interação, apresentando maior quantidade de folhas com aplicação de nitrogênio na adubação (Tabela 3.5).

No primeiro ano em relação às doses, a produção de lâminas foliares foi beneficiada pelo aumento da dose de N, em todos os cortes e no acumulado. Bem como observado Cardoso *et al.* (2015) que no acumulado de massa seca de lâminas

foliares de capim Marandu houve incremento na produtividade com aumento das doses de nitrogênio.

Tabela 3.5 Produção relativa de lâminas foliares de *Urochloa brizantha* cv. Marandu adubado com doses e fontes de nitrogênio. Dracena, ano agrícola 2018/2019.

Variáveis	Cortes					Acumulado
	1º	2º	3º	4º	5º	
	25.02.2019	26.03.2019	25.04.2019	06.06.2019	17.10.2019	
	-----%-----					
Fontes de N						
Ureia	69,26	55,65 c	70,33 c	67,07 b	51,45 c	62,75 c
N. de Amônio	69,16	62,25 b	77,17 bc	77,14 a	58,93 b	68,93 b
Ureia+NBPT	67,44	63,12 b	74,62 ab	70,09 b	59,54 b	66,96 b
Ureia+Duromide	66,46	76,16 a	80,74 a	78,56 a	69,45 a	74,27 a
Dose de N kg ha ⁻¹						
0	60,63 b	56,13 c	56,34 c	55,07 c	53,60 c	56,35 c
100	69,14 a	63,63 b	82,26 b	78,78 b	60,04 b	71,84 b
200	74,48 a	73,14 a	88,54 a	85,79 a	65,90 a	76,50 a
Teste F						
Fontes de N (F)	0,534 ^{ns}	36,401*	12,633*	23,838*	37,32*	44,30*
Dose de N (N)	18,673*	47,892*	255,451*	269,845*	34,51*	287,08*
FxN	0,145 ^{ns}	11,271*	9,492*	7,493*	9,67*	13,96*
Média Geral	68,08	64,30	75,71	73,21	59,84	68,23
CV(%)	9,50	7,66	5,64	5,35	7,00	3,65

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

A interação entre doses e fontes de N estão apresentadas na Tabela 3.6. Nos quatro cortes e na produção acumulada é possível identificar a contribuição da adubação nitrogenada em aumentar a proporção relativa de folhas na forragem. Esse resultado está ligado ao processo metabólico do nitrogênio e a função na formação de tecidos novos.

Na utilização da ureia+Duromide a produção relativa de folhas atingiu o máximo com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, exceto no quarto e quinto corte, quando ocorreu incremento com aplicação ao equivalente de 200 kg ha⁻¹ de N. Esse comportamento diferente ao verificado com a utilização de ureia sem inibidor, que apresentou aumento de folhas até 200 kg ha⁻¹ de N, indicando que a eficiência de produção de folhas desse fertilizante foi menor em relação a ureia+Duromide. Entre as fontes, em todos os cortes e na produção acumulada de folhas a ureia+Duromide foi superior em relação a ureia (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 Interação de fontes e doses de nitrogênio na produção relativa de lâminas foliares de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Dracena, ano agrícola 2018/2019.

Fontes de N	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
	0	100	200	0	100	200
	----- % -----					
	2° Corte			3° Corte		
Ureia	56,13 C	45,87 cB	64,97 bA	56,34 B	66,37 bC	88,27 bA
N. de amônio	56,13 B	61,39 bAB	66,34 bA	56,34 B	86,80 aA	88,37 bA
Ureia+NBPT	56,13 B	64,29 bB	71,86 bA	56,34 B	84,96 aA	82,56 bA
Ureia+Duromide	56,13 B	82,96 aA	89,39 aA	56,34 B	90,9 aA	94,96 aA
	4° Corte			5° Corte		
Ureia	55,07 C	68,09 bB	78,04 cA	53,60 B	47,49 cB	53,25 cB
N. de amônio	55,07 B	88,28 aA	88,05 abA	53,60 B	60,01 bAB	63,20 bA
Ureia+NBPT	55,07 C	72,81 bB	82,37 bcA	53,60 B	59,83 bAB	65,21 bA
Ureia+Duromide	55,07 C	85,92 aB	94,68 aA	53,60 C	72,82 aB	81,94 aA
	Acumulado					
Ureia	56,35 C	60,78 cB	71,11 bA			
N. de amônio	56,35 B	75,13 bA	75,31 bA			
Ureia+NBPT	56,35 B	70,58 bA	73,96 bA			
Ureia+Duromide	56,35 C	80,85 aB	85,620 aA			

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

No segundo ano agrícola 2019/2020 em todos os cortes foi verificado interação significativa entre doses e fontes de N na produção de massa seca de capim Marandu (Tabela 3.7).

No primeiro corte observou-se que a produção de massa seca com a aplicação de nitrogênio equivalente a dose de 200 kg ha⁻¹ de N apresentou diferença entre as fontes, onde ureia+Duromide proporcionou maior produção do que ureia, nitrato de amônio e ureia+NBPT. No segundo e quinto corte verificou-se tendência semelhante a observada no primeiro corte, com destaque ureia+Duromide na dose equivalente a 200 kg ha⁻¹.

No terceiro corte, na comparação entre as fontes, a ureia+NBPT e ureia+Duromide sempre estava entre as maiores médias de produção, na dose equivalente a 100 e 200 kg ha⁻¹ de N. Na dose equivalente a 200 kg ha⁻¹ com a ureia+Duromide foi superior as demais fontes avaliadas. Conforme destacado anteriormente, possivelmente, o novo inibidor de urease associado a ureia+Duromide com características de maior estabilidade em altas temperaturas aumentam sua eficiência.

À medida que ocorre maior número de corte da forragem é observado uma ligeira queda na produção de massa seca da lâmina foliar, o que corrobora com outros trabalhos que descrevem sobre a diminuição de folhas, proporcionalmente, com o avanço dos períodos de crescimento, quando as proporções de colmos e de material morto aumentam na *Urochloa brizantha* (RUGGIERI; FAVORETTO; MALHEIROS, 1995).

Tabela 3.7 Produção relativa de lâminas foliares de *Urochloa brizantha* cv. Marandu adubado com doses e fontes de nitrogênio. Ano agrícola 2019/2020.

Variáveis	Cortes					Acumulado
	1º	2º	3º	4º	5º	
	13.11.2019	10.12.2019	15.01.2020	02.03.2020	10.06.2020	
	-----%					
Fontes de N						
Ureia	68,45 c	64,83 c	64,25	62,18	49,76 c	61,89 c
N. de Amônio	67,66 c	63,36 d	63,40	58,84	53,05 b	61,26 c
Ureia+NBPT	72,81 b	73,61 b	64,66	60,21	54,89 b	65,23 b
Ureia+Duromide	77,92 a	79,29 a	66,26	60,78	64,22 a	69,70 a
Dose de N kg ha ⁻¹						
0	62,92 c	63,80 c	61,65 b	54,86 b	30,17 c	54,68 c
100	72,85 b	71,15 b	64,09 ab	62,21 a	65,95 b	67,25 b
200	79,37 a	75,87 a	68,18 a	64,44 a	70,32 a	71,64 a
Teste F						
Fontes de N (F)	45,67 *	2095,69 *	0,40 ^{ns}	2,46 ^{ns}	91,21 *	54,43 *
Dose de N (N)	187,60 *	1828,93 *	4,04 *	43,11 *	1534,48 *	376,28 *
FxN	13,97 *	582,85 *	0,31 ^{ns}	1,62 ^{ns}	28,25 *	13,82 *
Média Geral	71,71	70,27	64,64	60,50	55,48	64,52
CV(%)	3,37	0,81	10,16	5,05	4,05	2,81

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

Nos cinco cortes e na produção acumulada é possível identificar a contribuição da adubação nitrogenada em aumentar a proporção relativa de folhas na forragem. Esse resultado está ligado ao processo metabólico do nitrogênio e a função na formação de tecidos novos (Tabela 3.8).

A produção relativa de folhas atingiu o máximo com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N com ureia+Duromide. Entre as fontes, em todos os cortes e na produção acumulada de folhas a ureia+Duromide foi superior em relação à ureia.

Tabela 3.8 Interação de fontes e doses de nitrogênio na produção relativa de lâminas foliares de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Ano agrícola 2019/2020.

Fontes de N	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
	0	100	200	0	100	200
----- % -----						
	1° Corte			2° Corte		
Ureia	62,92 B	66,39 cA	76,05 bA	63,80 B	65,21 cA	65,50 cA
N. de amônio	62,92 B	65,02cB	75,05 bA	63,80 A	62,31 dB	63,98 dA
Ureia+NBPT	62,92 B	75,94 bA	79,57 bA	63,80 C	74,36 bB	82,66 bA
Ureia+Duromide	62,92 B	84,06 aA	86,80 aA	63,80 C	82,71 aB	91,36 aA
	5° corte			Acumulado		
Ureia	30,17 C	53,81 cB	65,30 bA	54,68 C	62,95cB	68,05 cA
N. de amônio	30,17 B	62,50 bA	66,48 bA	54,68 C	62,49 cB	66,61 cA
Ureia+NBPT	30,17 B	65,69 bA	68,83 bA	54,68 C	68,85 bB	72,17 bA
Ureia+Duromide	30,17 B	81,82 aA	80,68 aA	54,68 C	74,71 aB	79,71 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

3.3.3 Teores de macronutrientes em capim Marandu

No primeiro ano agrícola (2018/2019) foi avaliado os teores de macronutrientes do capim Marandu no segundo e quinto corte, representando um corte no período das águas e outro no período da seca, respectivamente (Tabelas 3.9).

O teor de nitrogênio na parte aérea do capim Marandu, no período das águas (segundo corte), apresentou interação entre fontes e doses de nitrogênio e está compilado na Tabela 3.9. O teor de N na fitomassa é considerada adequado para nutrição de plantas do capim Marandu, inclusive na ausência da adubação do nutriente (RAIJ *et al.*, 1996). No entanto, pode ter ocorrido o efeito de concentração do nutriente devido a menor produção de forragem na ausência de adubação (MARSCHNER, 2012). Entre as fontes ureia+NBPT e ureia+Duromide apresentaram a maior concentração de N na dose equivalente de 100 kg ha⁻¹ e a ureia+Duromide na dose de 200 kg ha⁻¹, seguido pela ureia+NBPT. Esses resultados evidenciam que além da maior produção de massa seca é disponibilizada uma forragem de melhor qualidade em relação a concentração proteica com a utilização de ureia+NBPT e

ureia+Duromide na adubação nitrogenada do capim Marandu. A menor concentração de N com o uso de nitrato de amônio em relação a ureia, pode estar relacionado a maior produção de massa seca com a aplicação de nitrato de amônio (efeito diluição), bem como devido a perdas do nutriente pela desnitrificação e lixiviação. De modo geral os teores de fósforo (P) e potássio (K), apresentaram efeitos superiores na utilização de ureia+NBPT e ureia+Duromide nas doses crescentes.

No quinto corte, representando o período da seca, não houve interação significativa entre fonte e dose para as concentrações de N. Em relação aos teores de P e K houve interação significativa para fontes e doses. Para P as fontes ureia, ureia+NBPT e ureia+Duromide não diferiram entre si, enquanto o nitrato de amônio apresentou menores concentrações de P. As concentrações de K foram maiores para a ureia+Duromide quando comparado com as outras fontes.

No desdobramento entre fontes e doses houve diferença significativa para os teores de nitrogênio no corte de verão no qual para todas as fontes a ausência de adubação houve uma menor absorção, e na dose de 200 kg ha⁻¹. Constatou-se maiores teores quando com as fontes ureia+Duromide (Tabela 3.10).

Na concentração de fósforo o desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio apresentou diferença significativa no corte de verão e inverno no qual para todas as fontes a ausência de adubação houve menor teor de P (Tabela 3.11). Verificou-se que no verão a fonte ureia+Duromide nas doses de 100 kg ha⁻¹ de N e 200 kg ha⁻¹ de N proporcionou maiores teores de fósforo.

Para os teores de K observou-se diferença significativa no desdobramento dos fatores fontes e doses, no corte de verão e inverno, com a ureia+Duromide apresentando valores superiores a ureia, nitrato de amônio e ureia+NBPT. A dose equivalente a 200 kg ha⁻¹ de N foi a responsável pelas maiores concentrações de K na pastagem (Tabela 3.12). Uma possível causa do acréscimo do acúmulo de K na parte aérea pode estar relacionado ao maior desenvolvimento do sistema radicular provocado pela maior dose de N, aumentando a capacidade da planta em absorver K, além da maior demanda pelo aumento da produção de forragem. Lembrando que um sistema radicular melhor desenvolvido tem a capacidade de explorar maior volume de solo, com disposição de absorver maior quantidade de nutrientes apresentando reflexo positivo no desenvolvimento da cultura.

Tabela 3.9 - Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio, nos cortes de verão e inverno do capim Marandu adubado com doses e fontes de nitrogênio, Ano agrícola 2018/2019.

Variáveis	Ano agrícola 2018/2019:					
	N		P		K	
	Cortes					
	26.03.2019	17.10.2019	26.03.2019	17.10.2019	26.03.2019	17.10.2019
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
-----g kg ⁻¹ -----						
Fontes de N						
Ureia	17,41 c	9,91	2,93 c	1,39 a	31,77 b	22,58 c
N. de amônio	14,74 d	9,50	3,01 b	1,15 b	28,78 c	23,22 b
Ureia+NBPT	18,99 b	9,78	2,99 b	1,35 a	31,50 b	23,44 b
Ureia+Duromide	21,52 a	10,33	3,75 a	1,36 a	42,11 a	27,46 a
Dose de N kg ha ⁻¹						
0	12,98 c	8,57 b	2,80 c	1,21 b	24,95 c	21,29 c
100	18,23 b	9,32 b	3,27 b	1,39 a	35,64 b	24,66 b
200	23,29 a	11,76 a	3,44 a	1,34 a	40,02 a	26,57 a
Teste F						
Fontes de N (F)	167,46 *	0,95 *	1596,94 *	12,06 *	346,11 *	190,49 *
Dose de N (N)	734,74 *	29,76 *	1570,61 *	10,78 *	805,05 *	367,87 *
FxN	72,55 *	0,51 ^{ns}	476,47 *	6,04 *	94,40 *	60,04 *
Média Geral	18,17	9,88	3,17	1,31	33,54	24,18
CV(%)	4,19	12,34	1,06	8,28	3,26	2,31

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3.10 - Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de nitrogênio no capim Marandu no corte de verão. Ano agrícola 2018/2019.

	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
Fontes de N	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	12,98 C	18,55 bB	20,72 cA
N. de Amônio	12,98 B	14,24 cB	17,01 dA
Ureia+NBPT	12,98 C	19,98 abB	24,01 bA
Ureia+Duromide	12,98 C	20,16 aB	31,43 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

Tabela 3.11 – Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de fósforo no capim Marandu, nos cortes de verão e inverno. Ano agrícola 2018/2019.

	Verão		
	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
Fontes de N	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	2,80 B	2,79 dB	3,20 bA
N. de Amônio	2,80 C	3,22 bA	3,01 cB
Ureia+NBPT	2,80 C	3,04 cB	3,14 bA
Ureia+Duromide	2,80 C	4,02 aB	4,43 aA

	Inverno		
	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
Fontes de N	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	1,21 B	1,39 aAB	1,57 aA
N. de Amônio	1,21 B	1,17 bB	1,08 cB
Ureia+NBPT	1,21 B	1,55 aA	1,28 bcB
Ureia+Duromide	1,21 B	1,44 aB	1,44 abA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

Tabela 3.12 - Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de potássio no capim Marandu, nos cortes de verão e inverno. Ano agrícola 2018/2019.

Verão			
Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	g kg ⁻¹		
Ureia	24,95 C	31,14 bcB	39,21bA
N. de Amônio	24,95 B	30,41cA	30,98 dA
Ureia+NBPT	24,95 C	32,61 bB	36,95 cA
Ureia+Duromide	24,95 C	48,42 aB	52,96 aA

Inverno			
Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	g kg ⁻¹		
Ureia	21,29 B	20,90 Db	25,56 bA
N. de Amônio	21,29 C	23,30 cB	25,07 bA
Ureia+NBPT	21,29 B	24,48 bA	24,54 bA
Ureia+Duromide	21,29 C	29,97 aB	31,13 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

O teor de nitrogênio na parte aérea do capim Marandu no segundo ano agrícola (2019/2020), no terceiro e quinto corte, proporcionou interação entre fontes e doses de nitrogênio (Tabela 3.13). As fontes ureia+NBPT e ureia+Duromide apresentaram a maior concentração de nitrogênio na dose equivalente de 200 kg ha⁻¹ de N.

A menor concentração de N foi observada na ausência da adubação nitrogenada, sendo considerado mais responsivo à adubação nitrogenada. O efeito mais claro sobre a concentração de N foi proporcionado pelas maiores doses de nitrogênio, houve diferença significativa para os teores de nitrogênio no corte de verão e inverno. Verificou-se que no verão e inverno a fonte ureia+Duromide obteve maiores teores de N na dose de 100 kg ha⁻¹ de N e 200 kg ha⁻¹ de N (Tabela 3.14). Os resultados obtidos, evidenciam, a ampla importância do nitrogênio como principal fator responsável pelo aumento e manutenção da produtividade de pastagens

Os teores de fósforo e potássio no inverno apresentaram interação entre fontes e doses de nitrogênio. A concentração de P no inverno foi superior com a utilização de ureia+Duromide (Tabela 3.15). A disponibilidade de fósforo no solo influencia na resposta das plantas forrageiras à adubação com nitrogênio (LIBRA *et al.*, 1994) A ação ativa de P nas reações fotossintéticas e metabolismo do carbono indica que o P tem participação essencial no metabolismo do nitrogênio (N). Esses dois macronutrientes apresentam afinidade sinérgica, com o aumento no suprimento dos dois nutrientes, promove maior produção do que o suprimento de cada nutriente separadamente (VILAR; VILAR, 2013).

Nas concentrações de K, a dose de 200 kg ha⁻¹ de N proporcionou maiores concentrações de K para todas as fontes nitrogenadas (Tabela 3.16). Os nutrientes na matéria seca do capim Marandu, em função de fontes e doses de N, foram estudados por Primavesi *et al.* (2006), que observaram aumento no teor de K com aplicação de N, com variação de 21 a 35 g kg⁻¹.

Tabela 3.13 - Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio, no corte verão e inverno do capim Marandu adubado com doses e fontes de nitrogênio. Ano agrícola 2019/2020.

Variáveis	N		P		K	
			Cortes			
	15.01.2020	10.06.2020	15.01.2020	10.06.2020	15.01.2020	10.06.2020
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
-----g kg ⁻¹ -----						
Fontes de N						
Ureia	11,99 c	8,82 c	2,30 a	2,20 d	28,66	21,02 a
N. de amônio	12,20 bc	6,49 d	2,30 a	2,21 c	28,67	21,33 a
Ureia+NBPT	13,14 ab	10,55 b	2,44 a	2,23 b	27,26	19,60 b
Ureia+Duromide	14,15 a	12,25 a	2,39 a	2,29 a	27,15	21,63 a
Dose de N						
0	9,03 c	6,02 c	2,81 b	2,25 b	25,01 b	18,61 c
100	13,09 b	10,58 b	2,23 a	2,17 c	29,60 a	20,98 b
200	16,50 a	11,98 a	2,04 a	2,28 a	29,20 a	23,09 a
Teste F						
Fontes de N (F)	14,04 *	2749,56 *	0,47 ^{ns}	275,30 *	1,49 ^{ns}	28,94 *
Dose de N (N)	268,01 *	5901,09 *	24,58 *	616,33 *	18,06 8	240,30 *
FxN	4,60 *	723,23 *	0,70 ^{ns}	173,66 *	0,70 ^{ns}	17,57 *
Média Geral	12,87	9,53	2,36	2,23	27,93	20,90
CV(%)	7,10	1,70	13,63	0,40	8,57	2,77

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3.14 – Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de nitrogênio no verão e inverno em capim Marandu, Ano agrícola 2019/2020.

Verão			
Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	9,03 C	12,07 bB	14,87 bA
N. de Amônio	9,03 C	12,56 bB	15,01 bA
Ureia+NBPT	9,03 C	12,95 bB	17,46 aA
Ureia+Duromide	9,03 C	14,77 aB	18,65 aA

Inverno			
Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	6,02 C	9,52 cB	10,92 cA
N. de Amônio	6,02 B	9,52 dA	6,79 dA
Ureia+NBPT	6,02 C	12,00 bB	13,65 bA
Ureia+Duromide	6,02 C	14,14 aB	16,59 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

Tabela 3.15 –Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de fósforo no inverno em capim Marandu, Ano agrícola 2019/2020.

Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	2,16 bB	2,17 bB	2,26 bA
Nitrato de Amônio	2,28 aA	2,16 bC	2,20 dB
Ureia+NBPT	2,28 aC	2,16 bA	2,25 cB
Ureia+Duromide	2,28 aB	2,19 aC	2,41 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

Tabela 3.16 – Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de potássio no inverno em capim Marandu, Ano agrícola 2019/2020.

	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
Fontes de N	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	18,61 C	20,73 bB	23,72abA
Nitrato de Amônio	18,61 C	20,85 bB	24,54 aA
Ureia+NBPT	18,61 C	18,94 cB	21,26 cA
Ureia+Duromide	18,61 B	23,43 aA	22,87 bA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

Em relação aos macronutrientes secundários, no primeiro ano agrícola (2018/2019), verificou-se interação significativa na média das doses nitrogenadas nos teores de Ca e Mg no corte de verão e para os teores de S no período do verão e inverno, a ausência de adubação nitrogenada, promoveu diminuição do teor de S na parte aérea, no qual a ureia+NBPT e ureia+Duromide estabeleceram os melhores tratamentos (Tabela 3.17). O que concorda com Batista e Monteiro (2010) em que o suprimento de N alterou positivamente as proporções de Ca e de Mg na parte aérea do capim Marandu. Em estudo da absorção de cátions e ânions pelo capim Coastcross (*Cynodon spp.*) adubado com doses de N até 200 kg ha⁻¹ por corte, nas fontes de ureia e nitrato de amônio, Primavesi *et al.* (2005) também verificaram que as doses de N propiciaram aumentos nos teores de Ca e Mg no tecido da planta.

Com relação ao desdobramento da interação entre doses e fontes de nitrogênio observa-se que os teores de cálcio no verão foram influenciados devido ao aumento das doses de nitrogênio (Figura 3.18). À medida que se aumentou as doses de nitrogênio, ocorreu aumento considerável nos teores médios de cálcio, no qual a fonte ureia+Duromide apresentou valores superiores a ureia, nitrato de amônio e ureia+NBPT.

Os teores de magnésio no corte de verão, no qual para todas as fontes a ausência de adubação houve menor absorção, e na dose de 200 kg ha⁻¹ houve maiores teores quando com as fontes ureia+NBPT e ureia+Duromide (Tabela 3.19).

Para os teores de enxofre no corte de verão e inverno. Todas as fontes possuíram menor absorção na ausência da adubação nitrogenada, nas doses de 100

kg ha⁻¹ de N e 200 kg ha⁻¹ de N apresentaram maiores teores com a fonte ureia+Duromide (Tabela 3.20).

Tabela 3.17 - Concentração de cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea do segundo e quinto cortes de pastagem de capim Marandu adubado com doses e fontes de nitrogênio. Ano agrícola 2018/2019.

Variáveis	Fontes de Nitrogênio: Ano agrícola 2010/2011:					
	Ca		Mg		S	
	Cortes					
	26.03.2019	17.10.2019	26.03.2019	17.10.2019	26.03.2019	17.10.2019
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
-----g kg ⁻¹ -----						
Fontes de N						
Ureia	0,85 b	4,00	4,75 b	4,13	1,23 c	0,92 c
N. de amônio	0,84 b	3,85	4,26 c	4,25	1,34 b	1,07 b
Ureia+NBPT	0,78 c	4,00	5,18 a	4,27	1,36 b	0,87 c
Ureia+Duromide	1,50 a	3,86	5,29 a	4,23	1,95 a	1,40 a
Dose de N kg ha ⁻¹ -----g kg ⁻¹ -----						
0	0,30 c	4,37 a	4,31 c	4,28	1,05 b	0,44 c
100	1,29 b	3,84 b	4,91 b	4,20	1,68 a	1,42 a
200	1,40 a	3,57 b	5,39 a	4,18	1,68 a	1,34 b
Teste F						
Fontes de N (F)	1374,24 *	0,25 ^{ns}	44,55 *	0,23 ^{ns}	145,27 *	148,91 *
Dose de N (N)	5830,66 *	7,80 *	80,12 *	0,22 ^{ns}	243,86 *	1028,22 *
FxN	386,52 *	0,30 ^{ns}	12,37 *	0,20 ^{ns}	38,35 *	159,62 *
Média Geral	0,99	3,93	4,87	4,22	1,47	1,07
CV(%)	3,18	14,70	4,99	10,79	6,28	6,37

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3.18 – Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de cálcio no capim Marandu, no verão. Ano agrícola 2018/2019.

Verão			
	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
Fontes de N	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	0,30 B	1,12 bA	1,13 bA
N. de amônio	0,30 B	1,10 bA	1,12 bA
Ureia+NBPT	0,30 B	1,03 cA	1,02 cA
Ureia+Duromide	0,30 C	1,89 aB	2,31 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

Tabela 3.19 – Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de magnésio no capim Marandu, no verão. Ano agrícola 2018/2019.

Verão			
	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
Fontes de N	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	4,31 B	4,54bB	5,40 bA
N. de amônio	4,31 B	4,02cC	4,46 cA
Ureia+NBPT	4,31 B	5,51 aA	5,74 abA
Ureia+Duromide	4,31 B	5,59 aA	5,97 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

Tabela 3.20 – Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de enxofre no capim Marandu, no verão e inverno. Ano agrícola 2018/2019.

Verão			
Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	1,05 B	1,32 bA	1,32 cA
N. de Amônio	1,05 B	1,48 bA	1,49 bcA
Ureia+NBPT	1,05 C	1,43 bB	1,60 bA
Ureia+Duromide	1,05 B	2,47 aA	2,32 aA
Inverno			
Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	----- g kg ⁻¹ -----		
Ureia	0,44 B	1,16 cA	1,16 bA
N. de Amônio	0,44 B	1,39 bA	1,39 aA
Ureia+NBPT	0,44 C	0,71 dB	1,47 aA
Ureia+Duromide	0,44 C	2,43 aA	1,35 aB

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey

No segundo ano agrícola 2019/2020 os macronutrientes secundários, acompanham a mesma tendência do primeiro ano, no qual as fontes ureia+NBPT e ureia+Duromide resultaram em maiores concentrações de Ca no verão e inverno, Mg no inverno e S verão e inverno. A maior extração dos nutrientes por plantas de capim Marandu observada neste trabalho, foi ocasionada pelas maiores doses de nitrogênio (Tabela 3.21). Fernandes (2006) expõe que quando adicionado calcário dolomítico ao solo, os teores de Mg igualam ou superam os teores de Ca. O Ca e Mg não apresentam grandes problemas de perdas por lixiviação, dependendo da textura do solo, como também da fonte de fornecimento desse nutriente.

O enxofre na planta encontra-se, em sua maior parte, nas proteínas, desempenhando funções que determinam aumentos na produção e na qualidade do produto obtido (FERNANDES, 2006). A deficiência deste nutriente cessa a síntese de proteínas retardando o crescimento das plantas e as mesmas se apresentam cloróticas. Os teores em plantas totais vão de 2g kg⁻¹a 5 g kg⁻¹ (RAIJ, 2017). Assim os

valores obtidos de S nas avaliações estão de acordo com a literatura citada (Tabela 3.21).

Referente ao desdobramento da interação entre doses e fontes de nitrogênio constata-se que os teores de cálcio no verão foram influenciados positivamente na dose de 200 kg ha⁻¹ com as fontes ureia, nitrato de amônio ureia+NBPT e ureia+Duromide, somente na dose de 100 kg ha⁻¹ as fontes ureia+NBPT e ureia+Duromide diferiram das demais, permanecendo com valores superiores a ureia e nitrato de amônio. Referente ao inverno foi possível verificar que as fontes nitrogenadas propiciaram acréscimo na concentração de cálcio, no entanto a ureia permaneceu com valores inferiores as demais fontes utilizadas (Tabela 3.22).

Verifica-se que no inverno, para os teores de magnésio a fonte nitrato de amônio possuiu concentração menores aos demais, as fontes ureia, ureia+NBPT e ureia+Duromide não diferiram entre si, as doses seguiram a mesma tendência, onde todas as doses, inclusive na ausência da adubação os valores não diferiram entre si. (Tabela 3.23).

As quantidades de enxofre referentes ao desdobramento da interação entre doses e fontes de nitrogênio, foram superiores nas doses de 200 kg ha⁻¹ de N, exceto o nitrato de amônio que também apresentou maiores teores com a dose de 100 kg ha⁻¹ de N. A omissão da adubação nitrogenada proporcionou valores inferiores na concentração de enxofre (Tabela 3.24).

Tabela 3.21 - Concentração de cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea do terceiro e quinto corte de pastagem de capim Marandu adubado com doses e fontes de nitrogênio. Ano agrícola 2019/2020.

Variáveis	Ca		Mg		S	
	Cortes					
	15.01.2020	10.06.2020	15.01.2020	10.06.2020	15.01.2020	10.06.2020
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
-----g kg ⁻¹ -----						
Fontes de N						
Ureia	2,52 b	1,49 b	3,38	4,00 a	1,34 b	1,00 c
N. de amônio	2,93 a	2,15 a	3,35	3,72 b	1,29 b	0,97 d
Ureia+NBPT	2,81 a	2,05 a	3,31	4,05 a	1,29 b	1,26 b
Ureia+Duromide	3,06 a	1,99 a	3,22	4,09 a	1,56 a	1,30 a
Dose de N						
0	2,72 b	1,79 b	3,14	3,90	1,05 b	0,78 c
100	2,76 b	1,95 a	3,31	3,98	1,51 a	1,25 b
200	3,01 a	2,02 a	3,49	3,93	1,55 a	1,37 a
Teste F						
Fontes de N (F)	11,50 *	50,09 *	0,23 ^{ns}	15,40 *	7,64 *	1541,43 *
Dose de N (N)	7,44 *	10,57 *	1,78 ^{ns}	0,61 ^{ns}	48,43 *	6714,37 *
FxN	4,15 *	2,65 *	0,82 ^{ns}	4,03 *	1,98 ^{ns}	431,46 *
Média Geral	2,83	1,92	3,31	3,96	1,37	1,13
CV(%)	8,19	7,46	15,65	3,77	11,64	1,35

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3.22 – Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na quantidade de cálcio capim Marandu no verão e inverno. Ano agrícola 2019/2020.

Verão			
Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	g kg ⁻¹		
Ureia	2,72 A	2,22 cB	2,63 bA
N. de Amônio	2,72 B	2,76 bB	3,30 aA
Ureia+NBPT	2,72 A	2,84 abA	2,86 abA
Ureia+Duromide	2,72 B	3,20 aA	3,25 aA

Inverno			
Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	g kg ⁻¹		
Ureia	1,53 bA	1,43 bA	1,52 cA
N. de Amônio	1,88 aB	2,21 aA	2,36 aA
Ureia+NBPT	1,88 aA	2,13 aA	2,13 abA
Ureia+Duromide	1,88 aA	2,05 aA	2,05 bA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey

Tabela 3.23 – Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na quantidade de magnésio capim Marandu no inverno. Ano agrícola 2019/2020.

Fontes de N	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
	g kg ⁻¹		
Ureia	3,90 A	4,00 aA	4,03 aA
Nitrato de Amônio	3,90 A	3,61 bB	3,55 bB
Ureia+NBPT	3,90 A	4,10 aA	4,07 aA
Ureia+Duromide	3,90 A	4,21 aA	4,08 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey

Tabela 3.24 – Desdobramento da interação fontes e doses de nitrogênio na concentração de enxofre capim Marandu no inverno. Ano agrícola 2019/2020.

	Doses de nitrogênio		
	0	100	200
Fontes de N ----- g kg ⁻¹ -----			
Ureia	0,78 C	1,08 cB	1,14 cA
Nitrato de Amônio	0,78 B	1,06 cA	1,07 dA
Ureia+NBPT	0,78 C	1,39 bB	1,62 bA
Ureia+Duromide	0,78 C	1,47 aB	1,66 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste Tukey.

3.4 CONCLUSÕES

A maior produção acumulada de massa seca do capim Marandu, no primeiro e segundo ano, foi com a utilização da ureia+Duromide em relação as outras fontes (ureia, nitrato de amônio e ureia+NBPT).

A produção de massa seca de lâmina foliar acumulada de capim Marandu com a utilização de ureia+Duromide proporcionou maiores produtividades de forragem no primeiro ano e resultado semelhante foi observado no segundo ano.

Aumento da dose de nitrogênio na adubação do capim Marandu promoveu maior produção acumulada de lâmina foliar nos dois anos do experimento.

A aplicação de nitrogênio com as fontes ureia+NBPT e Ureia+Duromide proporcionaram maiores concentrações de N na fitomassa e consequente melhor qualidade da forragem.

A aplicação de N na adubação proporcionou aumento dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea do capim Marandu.

3.5 REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, E.; VAZ, R. G. M. V.; SANTOS, A. C. Características da *Brachiaria brizantha* cv. marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, 2010.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 151–161, 2010.
- 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.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilization from urease inhibitor-treated urea Applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 4, p. 397–401, 2008.
- CARDOSO, J. M. S.; ANDRADE, A. C.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; VIEIRA, J. S.; FOGAÇA, F. H. S.; MEHL, H. U.; COSTA, N. L. Fontes e doses de nitrogênio na produtividade do capim Marandu. **PUBVET**, v. 9, p. 348–399, 2015.
- CORRÊA, L. A. Pastejo rotacionado para produção de bovinos de corte. In: Simpósio de forragicultura e pastagens. In: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000, Lavras, MG. **Anais** [...] Lavras: Embrapa, 2000.
- COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 1, p. 192–199, 2010.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; VITOR, C. M. T.; MORAIS, R. V. De; MISTURA, C.; REIS, G. C.; MARTUSCELLO, J. A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 397–403, 2005.
- FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sistema de análises estatísticas-Sisvar 5.6. **Lavras: Universidade Federal de Lavras**, 2010.
- LIBRA, M. A.; FARIAS, I.; FERNANDES, A. P. A.; SOARES, L. M.; JUNIOR, J. C. B. D. Estabilidade de resposta do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.) sob níveis crescentes de nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 29, n. 7, p. 1151–1157, 1994.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Vol. 89. Academicpress, 2012.

MOREIRA, L. Renovação de pastagem de capim-gordura na Zona da Mata Mineira com a introdução de gramíneas, leguminosa e adubação nitrogenada. Composição químico-bromatológica. **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, v. 40, 2003.

NASCIMENTO, D.; VENDRUSCOLO, M. C.; DALBIANCO, A. B.; DANIEL, D. F. Produtividade de capim Paiaguás sob doses de nitrogênio e cortes. **PUBVET**, v. 13, p. 166, 2019.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009.

PREMAZZI, L. M.; MONTEIRO, F. A.; CORRENTE, J. E. Perfilamento em capim-bermuda cv. Tifton 85 em resposta a doses e ao momento de aplicação do nitrogênio após o corte. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 3, p. 565–571, 2003.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Cations and anions uptake by coastcross grass fertilized with urea and ammonium nitrate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 247–253, 2005.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrient content in marandu grass biomass dueto nitrogen sources and levels. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 562–568, 2006.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba-SP, Brasil. **International Plant Nutrition Institute** (Eds.), p. 420, 2017.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Instituto Agrônomo/Fundação IAC Campinas, 1997. v. 285

RUGGIERI, A. C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E. B. Efeito de níveis de nitrogênio e regimes de corte na distribuição, na composição bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 1, p. 20–30, 1995.

SANTOS, H. G. Dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. César. **Análise de alimentos - Métodos Químicos e Biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.

VILAR, C. C.; VILAR, F. C. M. Comportamento do fósforo em solo e planta. **Campo Digital**, v. 8, n. 2, 2013.

VITOR, C. M. T.; COSTA, P. M.; VILLELA, S. D. J.; LEONEL, F. P.; FERNANDES, C. F.; ALMEIDA, G. O. Características estruturais de uma pastagem de *Brachiaria Decumbens* Stapf cv. Basilisk sob doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 2, p. 176–182, 2014.

APÊNDICES – FOTOS DO EXPERIMENTO



Foto 1 - Preparação da área experimental.



Foto 2 - Aplicação do fertilizante nitrogenado nas parcelas.



Foto 3 - Instalação das câmaras para avaliação da volatilização de amônia.



Foto 4 - Câmara para avaliação da volatilização de amônia.



Foto 5 - Vista geral da câmara de coleta de amônia instalada e cilindros instalados para as próximas avaliações.



Foto 6 - Vista aérea do experimento.