

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**PASTAGEM DE CAPIM-MOMBAÇA IRRIGADO E
ADUBADO COM NITROGÊNIO: SISTEMA RADICULAR,
RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO E PERDA DE
NITROGÊNIO**

Autor: Tatiane Beloni

Orientador: Prof. Dr. Ulysses Cecato

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Pastagem e Forragicultura.

Maringá
Estado do Paraná
Fevereiro – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**PASTAGEM DE CAPIM-MOMBAÇA IRRIGADO E
ADUBADO COM NITROGÊNIO: SISTEMA RADICULAR,
RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO E PERDA DE
NITROGÊNIO**

Autor: Tatiane Beloni

Orientador: Prof. Dr. Ulysses Cecato

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Pastagem e Forragicultura.

Maringá
Estado do Paraná
Fevereiro – 2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

B452p Beloni, Tatiane
Pastagem de capim-mombaça irrigado e adubado com nitrogênio: sistema radicular, resistência à penetração e perda de nitrogênio / Tatiane Beloni. - Maringá, 2012.
55 f. : il. col., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ulysses Cecato.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2012.

1. *Panicum maximum* cv Mombaça - Adubação nitrogenada - 2. Capim-mombaça - Irrigação. 3. Capim-mombaça - Volatilização de nitrogênio. 4. Forragicultura. I. Cecato, Ulysses, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 21.ed. 633.27

ECSL-00090



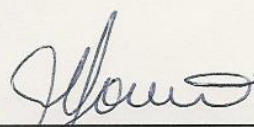
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**PASTAGEM DE CAPIM-MOMBAÇA IRRIGADO
E ADAUBADO COM NITROGÊNIO: SISTEMA
RADICULAR, RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO
E PERDA DE NITROGÊNIO**

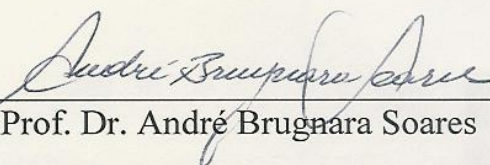
Autora: Tatiane Beloni
Orientador: Prof. Dr. Ulysses Cecato

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Pastagem e
Forragicultura

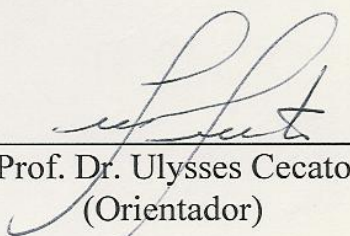
APROVADA em 29 de fevereiro de 2012.



Prof. Dr. Cassio Antonio Tormena



Prof. Dr. André Brugnara Soares



Prof. Dr. Ulysses Cecato
(Orientador)

Dedico

Aos meus pais, Pedro Ribeiro da Silva e Laudelina Leonilda Beloni, por todo o amor, incentivo, educação que proporcionaram, respeitando sempre meus sonhos.

Aos meus irmãos, Aline e Rafael, pelo apoio e confiança.

A minha sobrinha Laura, pelo apoio, carinho e amor, na sua pura inocência.

Vocês fazem parte dessa conquista, e que nós possamos estar sempre juntos, pois a jornada continua...

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida, e por proporcionar tantas conquistas.

À Universidade Estadual de Maringá, em particular ao programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade da realização do Mestrado.

Ao Professor Dr. Ulysses Cecato, pelo prazer de conviver com essa pessoa que é iluminada, exemplo de profissional e de ser humano, que além de orientador ao longo desses anos, pude contar com sua amizade.

Aos Professores Dr. Clóves Jobim e Dr. Carlos Furtado, pelo apoio e amizade.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia da UEM, pelos ensinamentos e orientações no decorrer do curso.

Ao CNPq, pelos recursos concedidos para condução da pesquisa de campo.

As minhas amigas e companheiras de experimento, Vanessa Piotto e Gracielle Mari, pelo apoio, força, dedicação e amizade.

Aos componentes do Grupo de Estudos em Forragicultura Cecato – GEFORCE (Alyson Pinheiro, Bruno Shigueo Iwamoto, Alexandre Krutzmann, Túlio Lins, José Saute, Vinícius Pereira, Rodrigo de Carvalho, Leonardo Limeira, Edmar Peluso, Rafael Lopes, Lucas Esteves, Caroline Stanquevis, Sandra Galbeiro, Pedro dos Santos, Silvana Teixeira, Vanessa Takahashi, Thais Hirade, João Zanoti, Raphael Murano, Larissa Amano, Sérgio Consani, Marcos Leandro Batista, Murilo do Carmo e Diogo Rodrigues), pela amizade, companheirismo e dedicação quando se dispuseram a me

ajudar para a conclusão desse trabalho, porque, sem eles, não teria esse privilégio e conquista.

Aos amigos Miriã Ferreira, Ariane Gonçalves, Lissandra Forte, Livia Pian, Patrícia Pereira, Ana Lígia Vieira, Ana Carla de Souza, Carolina Boschini, André Hidalgo, Fernando Urgnani, Sheila Oliveira, Ossival Ribeiro, Juliana Ribeiro, Nilma Araújo, Otávio Lago, Jaqueline Côrtes, Marival de Oliveira, Camila Galana, Mariana Farias, pela amizade sincera de sempre.

À minha família pelo apoio, carinho, oportunidade e incentivo de sempre, é de vocês essa conquista.

Ao Professor Dr. Elias Nunes Martins, pela orientação, ensinamentos, auxílio e desenvolvimento das análises estatísticas.

Aos funcionários do Departamento e do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela dedicação, atenção e pelo profissionalismo.

Aos integrantes dos Laboratórios de Zootecnia da UEM, pela orientação, paciência na condução das análises laboratoriais.

Aos funcionários da Estância JAE, pela disposição e prontidão para a condução dos serviços a campo, em especial Senhor José e Senhora Sebastiana, pela amizade e apoio.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação e a concretização de mais essa conquista.

OBRIGADA

BIOGRAFIA

TATIANE BELONI, filha de Laudelina Leonilda Beloni, nasceu em Umuarama, Estado do Paraná, no dia 27 de maio de 1986.

Em dezembro de 2009, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Em fevereiro de 2010, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, na área de concentração: Pastagens e Forragicultura, da Universidade Estadual de Maringá – UEM, realizando estudos na área de Forragicultura e Pastagens.

Em 29 de fevereiro de 2012, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação de Mestrado.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO GERAL.....	xiii
GENERAL ABSTRACT.....	xv
I - INTRODUÇÃO GERAL.....	17
1.1. Capim-Mombaça.....	18
1.2. Adubação nitrogenada.....	19
1.3. O nitrogênio e a irrigação na produção de forragem.....	21
1.4. Influência da intensificação da produção no comportamento do sistema radicular.....	23
1.5. Perdas de amônia (N-NH ₃) por volatilização.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
II OBJETIVOS GERAIS.....	33
III – Sistema radicular e resistência solo a penetração em capim-Mombaça adubado com nitrogênio e irrigado, sob pastejo.....	34
Resumo.....	34
Abstract.....	35
Introdução	36
Material e Métodos	37
Resultados e Discussão.....	42

Conclusões	51
Literatura Citada.....	52
IV - Perdas de N-NH₃ por volatilização em pastagem capim-Mombaça adubada com nitrato de amônio, na presença de irrigação.....	54
Resumo.....	54
Abstract.....	55
Introdução.....	56
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	61
Conclusões.....	68
Literatura Citada.....	69

LISTA DE TABELAS

III – Sistema radicular e resistência a penetração em capim-Mombaça adubado com nitrogênio na presença de irrigação, sob pastejo

Tabela 1. Composição química do solo da área no início do período experimental (0-20 cm de profundidade)	38
Tabela 2. Características granulométricas da área experimental (0-20 cm de profundidade)	39
Tabela 3. Concentração de N-total (g kg^{-1}), características geométricas (área (mm^2), diâmetro (mm) e comprimento (mm) e biomassa radicular (kg m^{-3}) das raízes de capim-Mombaça em função das profundidades de coleta 9cm).....	44
Tabela 4. Equações de regressão e coeficientes de determinação para as características geométricas das raízes de capim-Mombaça em função das estações do ano e profundidade de coleta (cm).....	45
Tabela 5. Resistência do solo a penetração (kPa), equação de regressão e coeficiente de determinação em função das estações do ano e das doses de nitrogênio (kg ha^{-1} ano) em pastagem de capim-Mombaça.....	50

IV - Perdas de N-NH_3 por volatilização em pastagem capim-Mombaça adubada com nitrato de amônia, na presença de irrigação

Tabela 1. Composição química do solo da área no início do período experimental (0-20 cm de profundidade)	59
Tabela 2. Principais características do fertilizante nitrato de amônio	60
Tabela 3. Perdas relativas (%) de N-NH ₃ por volatilização no terceiro dia de avaliação, perdas totais, equação de regressão e coeficiente de determinação em função das doses de nitrogênio e estações do ano em pastagem de capim-Mombaça.....	66

LISTA DE FIGURAS

III - Sistema radicular e resistência a penetração em capim-Mombaça adubado com nitrogênio na presença de irrigação, sob pastejo

- Figura 1.** Precipitação (mm) e temperaturas (°C) observados durante o período experimental 38
- Figura 2.** Produção total de massa de forragem (ton ha⁻¹) em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano) 41
- Figura 3.** Concentração de N-total (g kg⁻¹) das raízes de capim-Mombaça em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano) (A) e das estações do ano (B) 43
- Figura 4.** Resistência do solo a penetração em pastagens de capim-Mombaça em função da profundidade de coleta (cm) (A) e das estações do ano (B) 47
- Figura 5.** Teor de água no solo em pastagens de capim-Mombaça em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano) (A) e das estações do ano (B)..... 48
- Figura 6.** Taxa de lotação animal acumulada em pastagens de capim-Mombaça em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano) (A) e das estações do ano (B).. 51

IV - Perdas de N-NH₃ por volatilização em pastagem capim-Mombaça adubada com nitrato de amônia, na presença de irrigação

- Figura 1.** Precipitação (mm) e temperaturas (°C) observados durante o período experimental 58

- Figura 2.**Perdas médias diárias de N-NH₃ (kg ha⁻¹ dia) por volatilização em pastagem de capim-Mombaça na estação da primavera em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano) 62
- Figura 3.**Perdas médias acumuladas de N-NH₃ (kg ha⁻¹ dia) por volatilização em pastagem de capim-Mombaça na estação da primavera em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano) 62
- Figura 4.**Perdas médias diárias de N-NH₃ (kg ha⁻¹ dia) por volatilização em pastagem de capim-Mombaça na estação do verão em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano) 64
- Figura 5.**Perdas médias acumuladas de N-NH₃ (kg ha⁻¹ dia) por volatilização em pastagem de capim-Mombaça na estação do verão em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano) 65

RESUMO GERAL

O experimento foi conduzido no município de Santo Inácio, na região noroeste do Paraná, com o objetivo de avaliar o sistema radicular, sua geometria, biomassa e concentração de N-total bem como a resistência do solo a penetração e as perdas de N-NH₃ por volatilização do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) fertilizado com diferentes doses de nitrogênio nas estações do ano, irrigado e sob pastejo com lotação intermitente. Para a avaliação de sistema radicular e da resistência do solo a penetração, utilizou-se delineamento experimental em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições e quatro tratamentos: capim-Mombaça + 0 kg de N ha⁻¹ano (testemunha), capim-Mombaça + 200 kg de N ha⁻¹ano, capim-Mombaça + 400 kg de N ha⁻¹ano e capim-Mombaça + 800 de N ha⁻¹ano. Nas subparcelas foram avaliadas as estações (primavera, verão, outono e inverno). A área total da pastagem foi de aproximadamente dois ha, dividida em três blocos e esses por sua vez subdivididos em quatro piquetes (unidades experimentais), perfazendo um total de 12 piquetes. A irrigação da área experimental era em sistema de aspersão. Para estimar as características do sistema radicular, foram coletadas amostras de 10 a 40 cm de profundidade do solo, uma vez por estação. De forma semelhante, foi realizada a avaliação da resistência do solo a penetração. Calculou-se a taxa de lotação animal acumulada na estação para expressar o impacto que a quantidade de animais poderia causar na resistência do solo e conseqüentemente nas raízes. O pasto foi manejado pelo método de lotação intermitente com taxa de lotação variável. Os animais eram introduzidos no pasto quando atingia aproximadamente 90 cm (95 % de interceptação luminosa). Para a avaliação das perdas de N-NH₃ por volatilização, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 12 repetições (coletores) para cada tratamento. Na área de capim-Mombaça foram demarcadas as quatro parcelas de

12 m² cada, em que foram alocados os quatro tratamentos acima citados. As perdas de N-NH₃ foram avaliadas somente nas estações da primavera e do verão. Sendo o período de avaliação de 15 dias. A concentração de N-total nas raízes foi maior nas que se encontravam na profundidade de 0-10 cm, com a aplicação de 800 kg ha⁻¹ ano na estação do outono seguido de primavera e verão. As características geométricas, área diâmetro e comprimento radicular foram maiores na profundidade de 0-10 cm. A maior porcentagem de biomassa radicular (89,5%) estava concentrada na camada de 0-10 cm de profundidade, o que se justifica pela menor resistência do solo à penetração nesta camada. Em relação às estações do ano, a resistência à penetração apresentou efeito quadrático, reduzindo da primavera ao outono e elevando no inverno, em que o teor de água foi menor. Houve interação entre as doses de nitrogênio e estações do ano para resistência à penetração, em que os maiores valores foram encontrados nas doses de 400 e 800 kg de N ha⁻¹ ano, com maiores concentrados na estação das águas, essas doses proporcionaram maiores taxas de lotação animal acumulada nestes períodos, bem como apresentaram os menores teores de umidade no solo. As perdas diárias de N-NH₃ por volatilização da adubação nitrogenada da primavera foram maiores para as doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ de N ano, respectivamente. No entanto, as perdas observadas no primeiro dia foram as maiores nesta estação, com perdas de 0,68, 1,56 e 3,11 kg ha⁻¹ de N dia⁻¹ para as doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de N ano, respectivamente, em relação às perdas acumuladas, nos 15 dias de avaliação. Estas se elevaram à medida que aumentaram as doses de nitrogênio, sendo de 0,93, 2,63 e 4,69 kg ha⁻¹ de N, de acordo com as doses estudadas. Na estação do verão, as perdas diárias de N-NH₃ por volatilização foram maiores nos dois primeiros dias após aplicação, sendo de 1,88, 3,39 e 4,89 kg ha⁻¹ de N para as doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de N ano, respectivamente. As perdas acumuladas de N-NH₃ aumentaram na medida em que aumentaram as doses de aplicação de nitrogênio, sendo de 1,99, 3,70 e 5,37 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. A aplicação de nitrato de amônio acarreta perdas de relativas de 0,46, 0,66 e 0,58% na primavera e 0,99, 0,92 e 0,67% no verão para as doses 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de N ano, respectivamente. A magnitude das perdas é pequena e dependente da quantidade aplicada e das condições climáticas observadas em cada estação estudada.

Palavras-chave: compactação do solo, forragicultura, nitrato de amônio, *Panicum maximum*

GENERAL ABSTRACT

The experiment was carried out in Santo Inácio's city in the northwest region of Paraná, in order to evaluate the root system, its geometry, biomass and total N concentration and the penetration resistance and volatilization losses of NH₃-N of Mombaça grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) fertilized with nitrogen levels in seasons, irrigated and under pasture with rotational stocking. To evaluate the root system and resistance to penetration, it was used an experimental design of randomized blocks with split plots with three replications and four treatments: Mombaça grass + 0 kg N ha⁻¹ year (control), Mombaça grass+ 200 kg N ha⁻¹year, Mombaça grass + 400 kg N ha⁻¹year and Mombaça grass + 800 N ha⁻¹ year. Plots were evaluated considering seasons (spring, summer, autumn and winter). The total pasture area was approximately two hectares, divided into three blocks, subdivided into four paddocks (experimental units), with a total of 12 paddocks. The experimental area was irrigated using the sprinkler system. To estimate the root system characteristics, samples were collected from 10 to 40 cm of soil depth, once per season. Similarly, there was evaluated the penetration resistance. It was calculated the cumulative stocking rate at the station to express the impact that the number of animals could cause in soil resistance and therefore the roots. The pasture was managed by the method of intermittent stocking with variable stocking rate. The animals were placed in pasture when it was approximately 90 cm (95% light interception). For the evaluation of NH₃-N losses by volatilization, the experimental design was completely randomized with 12 replications (collectors) for each treatment. In Mombaça grass area there were demarcated drew four plots of 12 m² each, which were allocated the four treatments mentioned above. The NH₃-N losses

were evaluated only in the spring and summer. The evaluation period was of 15 days. The concentration of total N in roots was higher in those who were at a depth of 0-10 cm, with the application of 800 kg ha⁻¹ year in fall season followed by spring and summer. The geometric characteristics, area diameter and root length were higher in depth of 0-10 cm. The highest percentage of root biomass (89.5%) was concentrated in 0-10 cm depth, which is justified by lower resistance to penetration in this layer. In relation to the seasons, the penetration resistance showed a quadratic effect, reducing from spring to autumn and rising in the winter, in which the water content was lower. There was an interaction between nitrogen and seasons for penetration resistance, where the highest values were found at doses of 400 and 800 kg N ha⁻¹ year being more concentrated in the rainy season. These doses provided greater stocking rates animals accumulated during these periods and showed the lowest levels of soil moisture. The daily losses of N-NH₃ volatilization from nitrogen fertilization in spring were higher for doses of 400 and 800 kg N ha⁻¹ year respectively. However, the observed loss in the first day was higher in this station with, losses of 0.68, 1.56 and 3.11 kg ha⁻¹ N day at doses of 200, 400 and 800 kg ha⁻¹ N year, respectively, in relation to the accumulated loss during the 15 day trial. They rose with the increased nitrogen levels, being 0.93, 2.63 and 4.69 kg N ha⁻¹, according to the doses studied. In the summer season, the daily loss of N-NH₃ volatilization were higher in the first two days after application with values of 1,88, 3,39 and 4,89 kg N ha⁻¹ at doses of 200, 400 and 800 kg N ha⁻¹ respectively. The cumulative loss of NH₃-N increased with the increased doses of nitrogen, being of 1,99, 3,70 and 5,37 kg ha⁻¹ N, respectively. The application of ammonium nitrate results in losses of 0.46, 0.66 and 0.58% in spring and 0.99, 0.92 and 0.67% in the summer for doses 200, 400 and 800 kg ha N⁻¹ year, respectively. The magnitude of the loss is small and dependent on the amount applied and the weather conditions observed at each season.

Key-words: ammonium nitrate, forage, *Panicum maximum*, soil compaction

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil as pastagens constituem a forma mais viável da alimentação dos ruminantes, tanto pela praticidade de uso quanto pela economicidade e sustentabilidade da pecuária brasileira. Estima-se que no Brasil existam 190,5 milhões de hectares de pastagens, dos quais aproximadamente 120 milhões são de pastagens cultivadas (Anualpec, 2008). O estado do Paraná conta com aproximadamente 3,4 milhões de hectares de pastagens cultivadas e deste total, 300 mil se apresentam de forma degradada (IBGE, 2006). Ainda segundo o Anualpec (2008) aproximadamente 88% do rebanho bovino brasileiro são manejados única e exclusivamente em pastagens.

As pastagens assumem dois aspectos importantes: viabilizam a competitividade brasileira e possibilitam a produção de forma natural, com respeito ao ambiente e aos animais (Teixeira et al., 2011). Em se tratando de produção animal a pasto, deve-se levar em consideração a adequada escolha da espécie forrageira a ser implantada em determinada região, respeitando os aspectos fisiológicos e morfológicos, seguido de um bom manejo e acompanhamento da qualidade nutricional e estrutural do solo, para maior perenidade e rebrota rápida, assim como melhor qualidade e valor nutricional dessa forragem.

Porém o que se observa é a baixa produtividade nas áreas de pastagens, devido, em parte, a falta de conhecimento dos limites de utilização das plantas forrageiras, nos mais variados ambientes (Barbosa et. al. 2007). Causando a limitada rentabilidade e competitividade da produção animal a pasto quando comparada com outras atividades agropecuárias existentes.

Cecato et al. (2005) salientam que a baixa produção animal em pastagens é resultado do processo de degradação das pastagens, que tem sua origem na acidez e baixa fertilidade do solo, falta de adubação corretiva e de manutenção, práticas

inadequadas de formação e de manejo. Além disso, a estacionalidade da produção forrageira constitui um fenômeno que ocorre na maioria das espécies tropicais, sendo determinado, principalmente, pelas limitações de luz, umidade e temperatura, que causa elevado contraste de produção entre os períodos do ano. Isso se deve porque nas condições tropicais, durante a época seca, as condições climáticas são inadequadas para se obter um bom desempenho das plantas forrageiras, ao contrário do que ocorre na época das águas, em que os fatores climáticos estão adequados e, dependendo das condições de manejo pode se obter elevada produção de massa de forragem.

Assim, para aumentar a produtividade de leite e de carne em nível de propriedade rural, é requerida uma intensificação da produção a pasto, pelo uso racional de tecnologias relacionadas com o manejo do solo, do ambiente, da planta e do animal. Com esta intensificação no sistema de produção, cresce a necessidade de pesquisas que considerem a interface solo-planta-animal para melhor entendimento da reação da planta ao pastejo.

Ultimamente, tem-se incrementado o uso da irrigação de pastagens como forma de melhorar a distribuição e a capacidade produtiva de biomassa das forrageiras tropicais nas estações do ano. A tecnologia está diretamente relacionada com fatores climáticos, principalmente temperatura, fotoperíodo e o uso de nutrientes em pastagens. Quando os demais nutrientes se apresentam em equilíbrio e em quantidades suficientes a atender as exigências das plantas, o nitrogênio (N) é o responsável pelo aumento na produtividade e sustentabilidade da produção do sistema em pastejo (Euclides et al., 2007).

O N é de fundamental importância, para potencializar a produção dos pastos, aumentar o ganho animal individual, e como consequência, a produtividade por área. Assim é de suma importância a avaliação conjunta destas técnicas de manejo. O manejo adequado das pastagens possibilita o aumento da produção animal por área, por meio da combinação de rendimento forrageiro e eficiente conversão da massa produzida em produto animal (Paris et al., 2009).

1.1.Capim-Mombaça

Nos ambientes tropicais e subtropicais as forrageiras do gênero *Panicum*, tornaram-se as principais opções forrageiras para sistemas intensivos de produção animal a pasto (Martha Júnior et al., 2004), em virtude da alta capacidade de produção de forragem e do bom valor nutritivo. Além de sua forma de estabelecimento, por sementes, que facilita sua utilização. Este é originário da África tropical até a África do Sul, em margens florestais, em que ocupa solo recém-desmatado e em pastagens sob sombra rala de árvores. Seu habitat abrange altitudes desde o nível do mar até 1.800 m (Euclides et al., 2008).

Foram lançados no Brasil, por diversas instituições de pesquisa, várias cultivares de *Panicum maximum*, tais como: Tobiata, Vencedor, Centenário, Centauro, Aruana, Tanzânia, Mombaça e Massai. O capim-Mombaça, foi lançado no Brasil em 1993 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), sendo classificado como BRA 006645, coletado próximo a Korongue, na Tanzânia, em 1967. Acredita-se que o cv. Colonião que deu origem as demais cultivares, era utilizado como cama nos navios negreiros que traziam escravos para o Brasil e se estabeleceu, naturalmente, nos locais onde esses navios eram descarregados (Parsons, 1972). Posteriormente, o vento, os pássaros e as próprias pessoas disseminaram a espécie em diversas regiões do país (Aronovich, 1995).

Espécies deste gênero têm sido recomendadas como forrageiras em pastagens em diversas regiões tropicais e subtropicais do mundo, que ocupam proporção significativa das áreas de pastagens cultivadas e desempenham papel importante na produção de carne e leite a pasto (Herling et al., 2000). O capim-Mombaça como as demais espécies deste gênero é muito valorizado pelos pecuaristas das regiões tropicais por seu elevado potencial de produção de matéria seca, qualidade (Rodrigues & Reis, 1995) e palatabilidade da forragem produzida, além da boa persistência das pastagens (Valentim et al., 2001).

Entretanto, a exemplo de outras cultivares de *Panicum maximum*, é exigente em fertilidade de solo e manejo, especialmente em relação à intensidade de desfolha, que condiciona a velocidade de rebrota da planta imediatamente após o pastejo.

1.2. Adubação nitrogenada

As cultivares de *Panicum maximum* Jacq. disponíveis comercialmente são basicamente adaptadas a solos profundos, bem drenados e de boa fertilidade. O cultivo

dessas espécies em solos que não satisfazem essas condições e que não recebem adequado suprimento de N tem levado frequentemente a má formação, ou, mais comumente, a baixa persistência sob pastejo, com conseqüente perda da capacidade produtiva e necessidade de medidas corretivas de recuperação em curto prazo (Herling et al., 2000).

Sendo assim, torna-se fundamental a adoção de práticas de manejo que possam reverter essa situação. A adubação das pastagens com o uso da fertilização química causa grandes incrementos no rendimento forrageiro. Isso implica no acréscimo da capacidade de suporte das pastagens, dietas mais nutritivas e no ganho de peso vivo por hectare (Dias et al., 2000).

Dos nutrientes minerais essenciais às plantas e aos animais, o N é considerado o mais dinâmico do sistema, tendo suas formas minerais absorvíveis (íons amônio e nitrato) extremamente variáveis, dependentes das condições climáticas e da qualidade dos resíduos culturais no solo (Cantarutti et al., 2002). Dentre os nutrientes minerais utilizados nas adubações das pastagens, o N tem papel fundamental, porém, é o mineral mais limitante ao desempenho produtivo de gramíneas e se encontra em baixas concentrações no solo, em maior parte indisponível (Skonieski et al., 2011).

A utilização da adubação nitrogenada é uma prática fundamental, porque o N presente no solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica derivada do complexo solo-planta-animal, não é suficiente para as gramíneas de alta produção expressarem o seu potencial produtivo (Guilherme et al., 1995). No entanto, a importância da adubação no sistema determina o potencial produtivo da planta forrageira e deve ser avaliada em quantidade e forma de utilização (Barbero et al. (2010).

A quantidade requerida de nutrientes pelas plantas depende da sua produção, ou seja, quanto mais produtivas mais nutrientes extrairão do solo. E essa demanda por nutrientes varia com a época do ano e do manejo geral da pastagem.

O uso da adubação nitrogenada é uma estratégia recomendável para aumentar a produção da pastagem, e, sobretudo, a disponibilidade de folhas. A aplicação de N no sistema estimula o crescimento da forrageira, além do aumentar a longevidade da pastagem (Martha Júnior et al., 2004), principalmente quando a forrageira considerada, o capim Mombaça, responde expressivamente à adubação nitrogenada.

Ao acelerar a taxa de crescimento, independente da altura da pastagem em oferta, o N poderá propiciar aumento do consumo, simplesmente por elevar a produção

de matéria seca dentro dos estratos verticais da pastagem (Heringer & Moojen, 2002), bem como aumento da produção por área (Primavesi et al., 2004), é uma alternativa tecnológica muito eficaz, não somente aumenta a produção de forragem, mas também a sua qualidade (Heringer & Jacques, 2002), uma vez que proporciona uma rápida renovação do pasto, que é ofertado aos animais com folhas novas apresentando maior digestibilidade.

A partir da utilização da prática de adubação de pastagens, têm-se alcançado maiores índices de desempenho dos animais por causa da presença de maior oferta de forragem. Os conhecimentos sobre o comportamento dos componentes do fluxo de biomassa e características estruturais do dossel necessitam ser melhor estudados para que se possa recomendar práticas de adubação no manejo das pastagens.

1.3.O nitrogênio e a irrigação na produção de forragem

A produção e a qualidade das pastagens no Brasil, apresentam de forma sazonal, no período das águas têm-se maior produção de massa seca com considerada qualidade e no período seco há um déficit na produção e no valor nutricional da forragem. A escassez (ou má distribuição) de água (chuva) limita a capacidade das plantas forrageiras em aproveitar a disponibilidade de luz e de temperatura adequada num determinado momento do ciclo de produção.

Essa sazonalidade na quantidade e na qualidade da forragem produzida faz com que haja uma queda nos índices zootécnicos, principalmente produção e reprodução de um determinado rebanho. Antes mesmo de atender as exigências dos animais, é necessário atender as necessidades fisiológicas da pastagem, para que a mesma expresse seu potencial genético (produção de massa e composição química), que posteriormente resultarão em maior desempenho animal. Segundo Fagundes et al. (2005) o potencial de produção de uma espécie forrageira é geneticamente programada, porém influenciada por fatores ambientais como temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica e nutrientes seguida de um bom manejo.

Essas limitações na produção animal em pastagens tropicais podem, em parte, ser eliminadas ou minimizadas com práticas de manejo adequadas que aumentem a eficiência de produção e utilização da pastagem. O uso da irrigação pressupõe a adoção de um sistema intensivo de produção em áreas adubadas e cultivadas com forrageiras de elevado potencial de produção de biomassa. Neste sentido, a espécie forrageira do

gênero *Panicum* se destaca pela produtividade e pelo valor nutritivo (Palieraqui et al., 2006).

As plantas, irrigadas ou de sequeiro necessitam de uma quantidade mínima e balanceada de elementos minerais no solo, para atender as demandas nutricionais. Entretanto, quando comparadas as duas formas de produção as pastagens irrigadas apresentam uma demanda maior por nutrientes, uma vez que a irrigação, em geral, eleva a produtividade do pasto. Oliveira Filho (2007) avaliando os capins Tanzânia e Xaraés no município de Gurupi, TO, verificou aumento da produtividade de matéria seca de ambos os capins com o aumento da lâmina de irrigação e adubação com N e K₂O.

A prática da irrigação de pastagens é uma técnica que deve ser aplicada em áreas que já se utilizam outros avanços tecnológicos (genética, sanidade animal, adubação, etc.), de modo a superar a limitação de disponibilidade de água, aumentando a produção de forragem e a taxa de lotação animal. Portanto, é necessário aprofundar o conhecimento sobre a irrigação de pastagens tropicais associada à adubação nitrogenada nas diversas estações do ano, para obter melhores resultados, com custos adequados, de modo a aumentar a rentabilidade do sistema de produção animal.

O sucesso na utilização de pastagens não depende apenas da disponibilidade de nutrientes ou da escolha da espécie forrageira, mas também da compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e de sua interação com o ambiente e do manejo, fundamental para o crescimento da forrageira e a manutenção da capacidade de suporte da pastagem (Fagundes et al., 2006). Assim o cultivo de pastagens irrigadas e adubadas requer o entendimento da sua complexidade, já que estão envolvidos os animais, a forragem, o solo e os fatores ambientais.

Apesar da crescente utilização da irrigação como forma de aumentar a produção das pastagens e, em virtude do aumento da capacidade suporte da pastagem e da produtividade animal, Martins et al. (2000) destacaram que a resposta na capacidade produtiva das pastagens, em decorrência da irrigação, está diretamente relacionada a temperatura e luminosidade (fotoperíodo). Sendo assim a resposta da pastagem à irrigação pode variar de acordo com a região geográfica, espécie forrageira e época do ano avaliada.

Se a planta forrageira não se desenvolve em, razões das limitações de temperatura ou de luminosidade (fotoperíodo), a irrigação não surtirá efeito. Porém, se a limitação é a disponibilidade hídrica, a irrigação aumentará substancialmente a produtividade. A irrigação, associada ao manejo adequado e a utilização de fertilizantes

(principalmente nitrogenados), como formas de explorar o potencial produtivo das espécies forrageiras tropicais, podem promover aumento significativo da produtividade animal, diluindo custos fixos do sistema de produção (Rolim, 1994).

1.4. Influência da intensificação da produção no comportamento do sistema radicular

Qualquer fator que limite o crescimento de raízes pode prejudicar a produção de massa seca da planta forrageira. O crescimento e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas são influenciados pelas condições ambientais, porém a disponibilidade de nutrientes exerce papel fundamental sobre ambos os parâmetros. De modo geral, pesquisas com as raízes de plantas forrageiras são escassas. Entretanto, sabe-se que existe interdependência do sistema radicular com a parte aérea da planta, uma vez que as raízes suprem com água e nutrientes, recebendo em troca produtos fotossintetizados e reguladores de crescimento (Cecato et al., 2004).

Ainda pouco se conhece sobre os mecanismos de crescimento do caule, muito menos se sabe sobre os da raiz (Scurlock & Hall, 1998; Matta, 1999; Bono et al., 2000). Pelo conhecimento prévio do crescimento e da distribuição do sistema radicular, pode-se orientar práticas que visem aumentar a perenidade e produtividade da pastagem no sistema de produção (Da Costa et al., 1983).

Muller et al. (2001) verificaram menor densidade de raízes em pastagem degradada de capim-colonião em comparação a uma pastagem produtiva. Bono et al. (2000), trabalharam com biomassa radicular de cultivares do gênero *Panicum* em quatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 e 30-40cm), observaram que 53% da biomassa radicular foi encontrada na profundidade de 0-10 cm. Segundo esse autor, a camada de 0-20 cm de solo seria a responsável pela maior proporção do volume de massa radicular de gramíneas por causa da concentração de nutrientes nesta camada do solo.

O ecossistema de pastagens é dinâmico, apresentando distribuição de sua produção anual entre as partes aérea e subterrânea, mas pode apresentar alterações decorrentes das condições do meio ambiente tal como disponibilidade de água, nutrientes e manejo do pastejo. Em um sistema de pastejo, a parte vegetativa aérea é mais estudada e conseqüentemente mais valorizada porque é desse que o animal se alimenta, além das dificuldades existentes para investigações do sistema radicular (Voorhees et al., 1980),

porém a planta deve ser estudada como um todo, porque as diferentes estruturas que a compõem interagem para seu crescimento e sua produção.

A melhoria da fertilidade do solo proporciona aumentos da produtividade das pastagens e permite intensificar a sua utilização com maior taxa de lotação animal (Lugão et al., 2003). Por outro lado, a pressão do casco dos animais sobre o solo pode comprometer a qualidade física na camada superficial, em razão do aumento da densidade do solo e da redução da porosidade (Imhoff et al., 2000; Giarola et al., 2007). A densidade e a porosidade do solo são as propriedades físicas mais utilizadas na quantificação da qualidade física do solo, em pastagem sob pastejo, a qual é mais afetada nos primeiros 150 mm de profundidade (Greenwood & McKenzie, 2001).

O aumento da pressão de pastejo, relação entre o peso animal e a massa de forragem disponível, em consequência do aumento da taxa de lotação animal em pastagens de baixa produtividade, compromete a qualidade física do solo, por resultar em maior compactação o solo (Silva et al., 2003), independentemente do sistema de produção (pastejo com lotação intermitente, pastejo contínuo com taxa de lotação variável e integração lavoura-pecuária), conforme Leão et al. (2006), Lanzasova et al. (2007) e Marchão et al. (2007).

O efeito do pisoteio dos animais sobre o solo é potencializado, quando o pastejo é realizado em solos com umidade elevada e com baixa cobertura vegetal. Uma lotação animal adequada, a quantidade de pastagem produzida e a manutenção de cobertura vegetal sobre os solos minimizam esse efeito do pisoteio sobre a qualidade física dos solos (Silva et al., 2003; Sarmiento et al., 2008).

A resistência do solo à penetração (RP) é uma característica física do solo que influencia diretamente no crescimento radicular e da parte aérea das plantas, sendo que esta característica é a que melhor representa as condições para o desenvolvimento radicular (Furlani et al., 2003). A deformação e a susceptibilidade do solo à compactação estão relacionadas com o estado inicial de compactação e com a quantidade de água no solo. Resultados apresentados por diversos autores indicam que existe um conteúdo de água ótimo para ocorrer à compactação (Silva et al., 2000).

A compactação resulta em efeitos negativos como aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, redução da aeração e da disponibilidade de água e nutrientes, e, conseqüentemente, decréscimo na produtividade agrícola (Goedert et al., 2002). A estrutura do solo deve permitir um espaço poroso para movimentação de água e gases, com bom contato entre raízes e solo, com baixa RP para não impedir o

crescimento das raízes. Assim, o manejo correto do pasto, com períodos adequados de repouso e ocupação, respeitando o solo e a planta, garante a qualidade física do solo e um sistema radicular vigoroso que reflete no bom desempenho da forragem.

1.5. Perdas de amônia (N-NH₃) por volatilização

O N possui papel decisivo nos fenômenos vitais da planta, sendo encontrado no protoplasma das células, combinado com outros elementos fundamentais sob a forma de substâncias orgânicas nitrogenadas e, fazendo parte da clorofila, que condiciona o processo fundamental da fotossíntese, promovendo o rápido crescimento da planta, com grande produção de caules e folhas verde-escuras (Pupo, 2002).

O N possui grande mobilidade no solo, apresenta inúmeras transformações mediadas por microrganismos, possui alta movimentação em profundidade ou se transforma em formas gasosas e se perde por volatilização tendo baixo efeito residual (Aguiar & Silva, 2005). Apresentando potencial poluente, estimado pela volatilização de amônia (N-NH₃), pelo escoamento superficial, pela lixiviação e por desnitrificação.

Nos trópicos, as maiores perdas oriundas da adubação nitrogenada são por causa das emissões gasosas (volatilização) (Oliveira, 2001). O processo por volatilização de N-NH₃ é definido como a transferência de amônia gasosa do solo para atmosfera. Para que esse processo ocorra, é necessário que haja um suprimento de N-NH₃ próximo à superfície do solo. Em pastagens, isso não é problema, porque o íon NH₄⁺, precursor da amônia, é constantemente formado nos solos pela mineralização da matéria orgânica do solo, pela decomposição de resíduos vegetais ou de origem animal, ou ainda pela hidrólise de fertilizantes amídicos e amoniacais.

Segundo (Harper & Sharpe, 1995), a temperatura e a precipitação pluviométrica são, normalmente, os fatores climáticos mais importantes nesse processo de perda. As chuvas promovem a redução das perdas quando o volume é entre 10 e 20 mm, até três dias após a aplicação do adubo (Black *et al.*, 1987), além da velocidade do vento.

Martha Junior et al. (2004), relatam que no Brasil, os fertilizantes nitrogenados são normalmente aplicados em cobertura, sem incorporação do fertilizante no solo. Desse modo, é necessário desenvolver alternativas para reduzir as perdas e maximizar o uso do N-fertilizante nessas condições.

A uréia é uma das fontes mais utilizadas e mais estudadas de reposição do nitrogênio no sistema solo-planta, sendo empregada largamente nas pastagens

brasileiras. Contudo, em virtude das características intrínsecas deste fertilizante, podem ocorrer significativas perdas por volatilização do $N-NH_3$, maximizadas quando a aplicação é feita em solos degradados, sendo essa perda dependente de fatores como clima, solo, manejo do pasto, bem como a interação entre eles (Trivelin et al., 1994).

Perdas de $N-NH_3$ decorrentes da aplicação superficial e a lanço do nitrato de amônio e de sulfato de amônio ocorrem, embora em porcentagens bem menores, de 5 a 10% do N aplicado em pastagens estabelecidas em solos ácidos (Whitehead & Raistrick, 1990; Whitehead, 1995; Primavesi et. al., 2001). Contudo, em algumas situações as perdas podem ser mais elevadas, chegando até 20% do N-sulfato de amônio aplicado (Martha Júnior, 1999). Em solos alcalinos a perda de $N-NH_3$ a partir de sais amoniacais pode atingir até 40% do N-total aplicado (Urquiaga et al., 1989; Whitehead & Raistrick, 1990).

Alternativas que reduzam as perdas precisam ser desenvolvidas para maximizar a utilização de fertilizantes nitrogenados, entretanto, é imprescindível melhorar o aproveitamento do nutriente pela planta e, conseqüentemente aumentar seu rendimento. De acordo com Werner et al. (2001), as adubações nitrogenadas devem ser parceladas principalmente quando se usam altas doses de N, para se evitar principalmente as perdas, a fim de que se obtenha a maior eficiência de utilização desse nutriente pelas plantas forrageiras. A mensuração dessas perdas é fundamental para a compreensão das interações solo-fertilizante-planta, visto que grande parte da ineficiência no uso dos fertilizantes nitrogenados está diretamente relacionada com esse tipo de perda (Alves, 2006).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A.P.A.; SILVA, A. M. Calagem e adubação da pastagem. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 5. 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005, p. 177-246.
- ALVES, A.C. **Métodos para quantificar volatilização de N-NH₃ em solo fertilizado com uréia.** 2006. 41p. Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/ Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.
- ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA 2008 - ANUALPEC 2008. São Paulo. FNP, 2008. 376 p.
- ARONOVICH, S. O capim colonião e outros cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.): introdução e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p. 1-20.
- BARBERO, L.M.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B. et al. Produção animal e valor nutritivo da forragem de pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.645-653, 2010.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Capim tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.3, p.329-340, 2007.
- BARBOSA, R.A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido à frequências de corte e intensidades de pastejo.** 2004. 122f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- BLACK, A.S.; SHERLOCK, R.R.; RESENDE, L.C.L. *et al.*, Effect of timing of simulated rainfall on ammonia volatilization from urea, applied to soil of varying moisture content. **Journal of Soil Science**, v.38, n.2, p. 679 – 687, 1987.
- BONO, J.A.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.B.P. Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo à penetração em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000. CD-ROM. Forragicultura.
- BRÂNCIO, P.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; REGAZZI, A.J.; ALMEIDA, R.G.; FONSECA, D.M. & BARBOSA, R.A. Avaliação de três cultivares

- de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo. Composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1605-1613, 2002.
- CANTARUTTI, R.B.; FONSECA, D.M.; SANTOS, H.Q. et al. Adubação de Pastagens – Uma Análise Crítica. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMFOR, 2002. p. 43-84.
- CECATO, U.; MACHADO, A.O.; MARTINS, E.N. et al. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.660-668, 2000.
- CECATO, U.; GALBEIRO, S.; RODRIGUES, A.M. Adubação de Pastagens – relação custo/benefício. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO SUSTENTÁVEL EM PASTAGENS, 2005, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá [2005] (CD-ROM).
- CECATO, U.; JOBIM, C.C.; REGO, F.C.A.; et al. Sistema radicular – componente esquecido das pastagens. In: II SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2004, Viçosa. **Anais...**, 2004. p. 159-207.
- CECATO, U.; MACHADO, A.O.; MARTINS, E.N. et al. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.660-668, 2000.
- DA COSTA, N.A.; CORSI, M.; DE FARIA, V.P. Efeito da altura e intervalo de cortes sobre a produção de massa seca aérea e peso da matéria orgânica do sistema radicular do capimandropogon (*Andropogon gayanus*, Kunth). **O Solo**, v.75, n.2, p.5-10, 1983.
- DIAS, P.F.; ROCHA, G.P.; ROCHA FILHO, R.R. et al. Produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais avaliadas no período das águas, sob diferentes doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.1, p.260-271, 2000.
- EUCLIDES, V.P.B. ; MACEDO, M.C.M. ; ZIMMER, A.H. et al . Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.1 8-26, 2008.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. et al. Características do pasto de capim-Tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1189-1198, 2007.
- FAGUNDES, L.J.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.21-29, 2006.
- FAGUNDES, L.J.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.
- FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R. et al. Resistência do solo a penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.3, p.579-587, 2003.
- GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T. et al. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.955-963, 2000.

- GIAROLA, N.F.B.; TORMENA, C.A.; DUTRA, A.C. Degradação física de um Latossolo Vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.5, p.863-873, 2007.
- GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F. C. de. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n. 2, 2002. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000200015&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 26 jan. 2012.
- GREENWOOD, K.L.; MCKENZIE, B.M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1231-1250, 2001.
- GUILHERME, L.R.G.; VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 171p, 1995.
- HARPER, L.H.; SHARPE, R.R. Nitrogen dynamics in irrigated corn: soil-plant nitrogen and atmospheric ammonia transport. **Agronomy Journal**, v.87, n.4, p.669-675, 1995.
- HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.399-406, 2002.
- HERINGER, I. & MOOJEN, E.L. Potencial produtivo, alteração da estrutura e qualidade da pastagem de Milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.875-882. 2002.
- HERLING, V.R. BRAGA, G.J; LUZ, P.H.C. et al. Tobiata, Tanzânia e Mombaça. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. A planta forrageira no sistema de produção: **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. P. 21-64.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pr&tema=censoagro>> Acesso em: 23/11/2011.
- IMHOFF, S.; SILVA, A.P. da; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.
- LACERDA, P.D.; MALAFAIA, P.; VIEIRA, R.A.M. et al. Variação anual da composição bromatológica de duas forrageiras cultivadas nas baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.523-529, 2004.
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R. da S.; LOVATO, T. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.5, p.1131-1140, 2007.
- LEÃO, T.P.; SILVA, A.P. da; MACEDO, M.C.M. et. al. Least limiting water range: a potential indicator of changes in near-surface soil physical quality after the conversion of Brazilian Savanna into pasture. **Soil Tillage and Research**, v.88, p.279-285, 2006.

- LUGÃO, S.M.B.; RODRIGUES, L.R. de A.; ABRAHÃO, J.J. dos S. et al. Acúmulo de forragem e eficiência de utilização do nitrogênio em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio. **Acta Scientiarum**, v.25, n.2, p.371-379, 2003.
- MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M. da. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.873-882, 2007.
- MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G. et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 155-215.
- MARTHA JUNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O. et al., Perda de amônia por volatilização em pastagem de Capim-Tanzânia adubada com uréia no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2240-2247, 2004.
- MARTHA JÚNIOR, G.B. & CORSI, M. Pastagens no Brasil: situação atual e perspectivas. **Preços Agrícolas**. v.171, p.3-6, 2001.
- MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; ALVIM, M. J. et al. Irrigação: uma estratégia de intensificação da produção de leite a pasto. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS – TEMAS EM EVIDENCIA, 1., 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000. p. 311-356.
- MATTA, F.M. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: metodologias e estudo de casos. Aracaju. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 1999. 300p.
- MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T. et al. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.11, p.1409-1418, 2001.
- OLIVEIRA FILHO, J.C. **Produção de duas gramíneas tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio no Estado do Tocantins**. 2007. 121f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- OLIVEIRA, P. P. A. Manejo da calagem e da fertilização nitrogenada na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria* sp. em solos arenosos. 2001. 110f. Tese (Doutorado) – Centro de energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP, 2001.
- PARIS, W.; CECATO, U.; BRANCO, A.F. et al. Produção de novilhas de corte em pastagem de Coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoii* com e sem adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.122-129, 2009.
- PALIERAQUI, J.G.B.; FONTES, C.A.A.; RIBEIRO, E.G. et al. Influência da irrigação sobre a disponibilidade, a composição química, a digestibilidade e o consumo dos capins mombaça e napier. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, n.6, p.2381-2387, 2006.
- PARSONS, J.J. [Spread of African pasture grasses to the American tropics](#). **Journal of Range Management**, Colorado, v.25, p.12-17, 1972.

- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O. CORRÊA, L.A. et al. Adubação nitrogenada em capim-Coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.68-78, 2004.
- PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; PRIMAVESI A.C. et al. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiências e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Circular Técnica, 30).
- PUPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização**. Campinas, SP: Instituto Campeiro de Ensino Agrícola. 2002. p.94.
- RODRIGUES, L. R. de A., REIS, R.A. Bases para o estabelecimento do manejo de capins do gênero *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 197-218.
- ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.533-565.
- SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R. de A.; CRUZ, M.C.P. da. et al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.183-193, 2008.
- SCURLOCK, J.M.O.; HALL, D.O. The global carbon sink: a grassland perspective. **Global Change Biology**, v.4, p.229-233, 1998.
- SKONIESKI, F.R.; VIÉGAS, J.; BERMUDEZ, R.F. et al. Composição botânica e estrutural e valor nutricional de pastagens de azevém consorciadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.550-556, 2011.
- SILVA, R.B.; DIAS JUNIOR, M.S.; SANTOS, F.L. et al. Resistência ao cisalhamento de um Latossolo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.1, p.165-173, 2004.
- SILVA, A.P. da; IMHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil Tillage and Research**, v.70, n.1, p.83-90, 2003.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Suscetibilidade a compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.2, p.239-249, 2000.
- TEIXEIRA, S.; BRANCO, A.F.; GRANZOTTO, F. et al. Fontes de fósforo em suplementos minerais para bovinos de corte em pastagem de *Cynodon nlemfuensis* *Vanderyst*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.190-199, 2011.
- TRIVELIN, P. C. O.; LARA CABEZAS, W. A. R.; BOARETTO, A. E. Dinâmica do nitrogênio de fertilizantes fluidos no sistema solo-planta. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 314-330.
- URQUIAGA, S.; VICTORIA, R. L.; BUITRÓN, F. et al. Perdas por volatilização de ¹⁵N-uréia e ¹⁵N-sulfato de amônio num solo calcário da parte central da região costeira do Peru. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n.5, p. 607-613, 1989.

- VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; SALES, M.F.L. **Amendoim forrageiro cv. Belmonte**: leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre. Rio Branco: Embrapa-CPAF Acre, 2001b. 18p. (Circular Técnica, 43).
- VOORHEES, W.B.; CARLSON, V.A.; HALLAUER, E.A. Root length measurement with a computer-controlled digital scanning microdensitometer. **Agronomy Journal**, v.72, n.2, p.847-850, 1980.
- WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; MONTEIRO, F. A. Adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 129-156.
- WHITEHEAD, D.C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397p.
- WHITEHEAD, D.C.; KAISTRICK, N. Ammonia volatilization from five nitrogen compounds used as fertilizers following surface application to soils. **Journal of Soil Science**, v.41, n.3, p. 387-394, 1990

II – OBJETIVOS GERAIS

Objetivou-se avaliar o sistema radicular, sua geometria, biomassa e concentração de N-total bem como a resistência do solo a penetração e as perdas de N-NH₃ por volatilização do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) fertilizado com diferentes doses de nitrogênio nas quatro estações do ano, sob irrigação, sob pastejo de lotação intermitente.

III – Sistema radicular e resistência a penetração em Capim-Mombaça adubado com nitrogênio e irrigado, sob pastejo

Resumo: Objetivou-se avaliar o sistema radicular, geometria, biomassa e concentração de N-total bem como a resistência do solo a penetração em pasto de capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv Mombaça) fertilizado com diferentes doses de nitrogênio nas estações do ano, na presença de irrigação, sob pastejo com lotação intermitente. Utilizou-se delineamento experimental em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições e quatro tratamentos: capim-Mombaça + 0 kg de N ha⁻¹ano, capim-Mombaça + 200 kg de N ha⁻¹ano, capim-Mombaça + 400 kg de N ha⁻¹ano e capim-Mombaça + 800 de N ha⁻¹ano. Nas subparcelas foram avaliadas as estações (primavera, verão, outono e inverno). A concentração de N-total nas raízes foi maior quando se encontravam na profundidade de 0-10 cm, com a aplicação de 800 kg ha⁻¹ ano no outono seguido da primavera e verão. As características geométricas, área diâmetro e comprimento radicular foram maiores na profundidade de 0-10 cm. A maior porcentagem de biomassa radicular, (89,5%) estava concentrada na camada de 0-10 cm de profundidade, o que se justifica pela menor resistência a penetração nesta camada. Em relação às estações a resistência a penetração apresentou efeito quadrático, reduzindo da primavera ao outono e elevando-se no inverno, devido ao menor teor de água no solo. Houve efeito da interação entre os tratamentos, doses de nitrogênio x estações do ano na resistência a penetração, em que os maiores valores foram encontrados nas doses de 400 e 800 kg de N ha⁻¹ ano com maior concentração na estação das águas. Essas doses proporcionaram maiores taxas de lotação animal acumulada nestes períodos, conseqüentemente os mesmos tratamentos apresentaram os menores teores de umidade no solo.

Palavras-chave: biomassa radicular, compactação do solo, forragicultura, *Panicum maximum*

Root system and resistance to penetration in Mombaça grass fertilized with nitrogen and irrigated under grazing

Abstract: The objective was to evaluate the root system, geometry, biomass and total N concentration and soil penetration resistance of Mombaça grass pasture (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Mombaça) fertilized with different nitrogen levels in the seasons, with irrigation, grazing with rotational stocking. It was used randomized complete blocks with split plots with three replications and four treatments: Mombaça grass + 0 kg N ha⁻¹ year, Mombaça grass + 200 kg N ha⁻¹ year, Mombaça grass + 400 kg N ha⁻¹ year and Mombaça grass + 800 N ha⁻¹ year. Plots were evaluated considering seasons (spring, summer, autumn and winter). The concentration of total-N in roots was higher in those who were at a depth of 0-10 cm, with the application of 800 kg ha⁻¹ year in fall followed by spring and summer. The geometric characteristics, area diameter and root length were higher in the depth of 0-10 cm. The highest percentage of root biomass, (89.5%) was concentrated in the 0-10 cm depth, which is justified by the lower penetration resistance in this layer. Regarding the penetration resistance the stations showed a quadratic effect, reducing from spring to autumn and rising in the winter due to lower water content in the soil. There was a significant interaction between treatments, nitrogen x seasons in the penetration resistance, where the highest values were observed at doses of 400 and 800 kg N ha⁻¹ year with the highest concentration in the rainy season. These doses provided greater stocking rates accumulated during these periods, and the lowest levels of soil moisture.

Key-words: root biomass, forage, *Panicum maximum*, soil compaction

Introdução

Nos últimos anos, os capins do gênero *Panicum* se tornaram as principais opções forrageiras para sistemas intensivos de produção animal a pasto (Martha Júnior et al., 2004). O capim-Mombaça se destaca pelo elevado potencial de matéria seca, qualidade, palatabilidade da forragem produzida, além da boa persistência (Valentim et al., 2001).

A escolha de técnicas que equacionem o problema decorrente da estacionalidade de produção das forrageiras deve ser coerente com o nível da exploração pecuária (Sória et al., 2003). A adubação nitrogenada causa grandes incrementos no rendimento forrageiro e quando aliada à irrigação é capaz de permitir razoáveis ganhos na época seca do ano, além de se apresentar como instrumento para intensificação da produção de forragem no período das águas (Lopes et al., 2003). Isso implica no acréscimo da capacidade de suporte das pastagens, dietas mais nutritivas e no ganho de peso vivo por hectare (Dias et al., 2000).

Entretanto, a taxa de lotação excessiva, pode alterar os atributos físicos do solo na camada superficial (Bertol et al., 2000), o que compromete o crescimento de raízes e de plantas (Sarmiento et al., 2008), resultando em valores elevados de resistência do solo à penetração que podem influenciar no crescimento das raízes (Merotto & Mundstock, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular (Iijima & Kono, 1991). Todavia, o período de descanso da pastagem apresenta correlação negativa com a densidade do solo (Silva et al., 2002), favorecendo a descompactação deste.

Além disso, a reserva nitrogenada da planta forrageira também é um fator fundamental da pronta recuperação da planta após o corte ou pastejo, cerca de 80% do nitrogênio presente na parte aérea é formada na primeira semana após o corte e pode ser proveniente da translocação a partir de raízes e hastes, sendo o restante proveniente da

absorção via solo (Louahlia et al., 2000). Entretanto, o padrão de remobilização destas reservas nitrogenadas até o novo tecido está associado à quantidade de nitrogênio presente no sistema solo-planta (Corsi et al., 2001).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características do sistema radicular (biomassa, diâmetro, densidade, área, comprimento e nitrogênio total) e resistência do solo à penetração em pastagem de capim-Mombaça adubado com doses de nitrogênio, na presença da irrigação, nas quatro estações do ano, sob pastejo intermitente.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na estância JAE, em Santo Inácio-PR, região noroeste do Paraná. A localização geográfica é 23° 25'S de latitude e 51° 57'O de longitude e possui altitude média de 410 metros. O tipo climático predominante na região é o Cfa – subtropical úmido mesotérmico (Köppen), caracterizado pela predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e tendência de concentração das chuvas no período do verão, com temperatura média anual de 22,1°C e precipitação anual de 1200 mm. O período experimental foi de setembro de 2010 a setembro de 2011, compreendendo as quatro estações do ano.

Os dados climáticos referentes à precipitação (mm), umidade relativa do ar (%), temperatura mínima, média e máxima correspondentes ao período experimental podem ser visualizados na Figura 1. No início da estação do inverno (24 de junho) houve a incidência de uma forte geada na região, que afetou grandemente a pastagem.

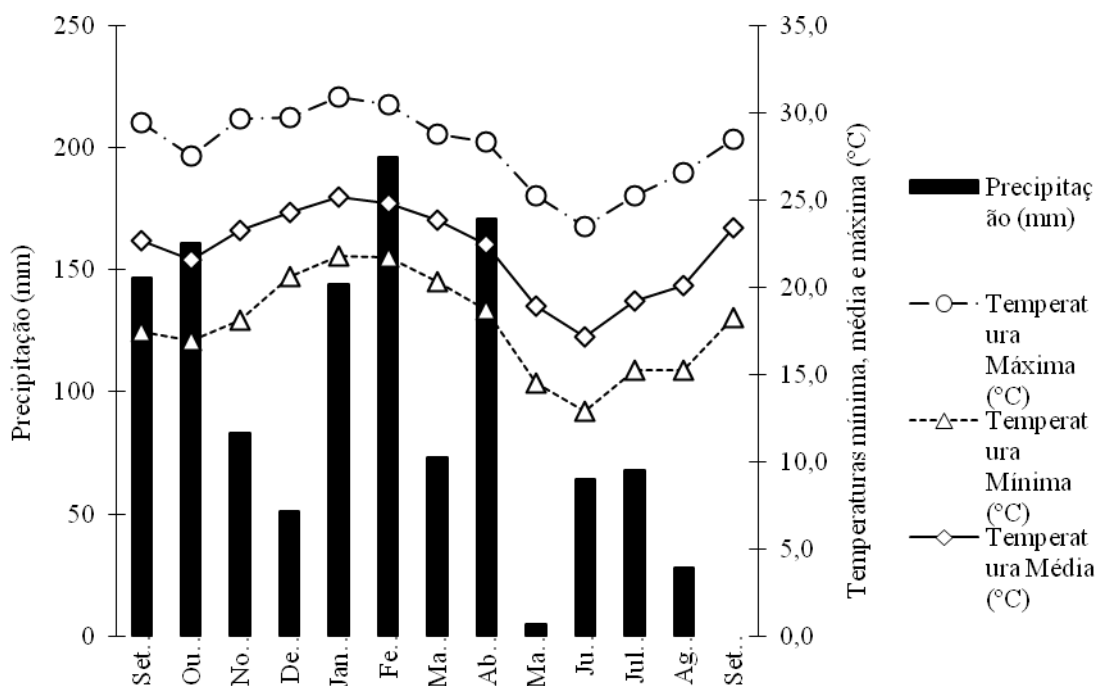


Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura (°C) observada durante o período experimental (setembro de 2010 a setembro de 2011).

Fonte: Precipitação: Estância JAE, Temperatura: IAPAR – Paranavaí-PR.

O solo da região é o Latossolo Vermelho Escuro Distrófico de textura arenosa (Embrapa, 1999). A composição química do solo apresentada no início do período experimental pode ser visualizada na Tabela 1. E nas profundidades de 0-40 cm as características granulométricas na Tabela 2.

Tabela 1. Composição química do solo da área no início do período experimental (0-20 cm de profundidade).

cmolc dm ⁻³					mg dm ⁻³	g dm ⁻³	pH	
H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	C	H ₂ O	CaCl ₂
2,85	0,125	1,12	0,41	0,10	8,03	6,42	5,13	5,00

Fonte: Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente – Universidade Estadual de Maringá.

Tabela 2. Características granulométricas da área experimental (0-40 cm de profundidade).

Profundidade	Branco	Argila+silte	Argila	Areia fina	Areia grossa
0-10	2,5	10	7,17	28,46	9,43
10-20.	2,5	10,67	8	28,91	8,3
20-30	2,5	11,83	9	26,11	7,39
30-40	2,5	12,67	9,83	26,83	8,22

A área utilizada foi estabelecida em fevereiro de 2008 com capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça), sendo realizada uma gradagem e subsolagem. A área total da pastagem é de aproximadamente dois ha, dividida em três blocos e esses por sua vez subdivididos em quatro piquetes (unidades experimentais), perfazendo um total de 12 piquetes com 1600 m² cada.

Utilizou-se um delineamento experimental em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições e tendo como tratamentos na parcelas: capim-Mombaça + 0 kg de nitrogênio (N) ha⁻¹ano (testemunha), capim-Mombaça + 200 kg de N ha⁻¹ano, capim-Mombaça + 400 kg de N ha⁻¹ano e capim-Mombaça + 800 de N ha⁻¹ano. Nas subparcelas foram avaliados as estações do ano, primavera, verão, outono e inverno.

Para a irrigação da área experimental, foi instalado um sistema de aspersão, utilizando o aspersor: Naan 5035, bocais 5,0 x -1 2,5 mm, pressão de serviço 280 kPa, vazão nominal de 1.875 L h e ângulo de inclinação do jato igual a 23°, denominado aspersor A. Esse modelo de aspersor foi adotado por ser comumente utilizado na prática. A quantidade de água foi distribuída de acordo com a disponibilidade de armazenamento do reservatório da propriedade. Foi irrigado um bloco por dia, das 21h à 1 horas, sendo em média cerca de 7 a 8 mm, totalizando aproximadamente 80 mm mensais, ajustada de acordo com a precipitação.

Antes de iniciar o experimento (junho/2010), com base na análise do solo apresentada na Tabela 1, realizou-se a gessagem e a calagem (calcário dolomítico) do solo, a fim de elevar a saturação por bases para 70%, segundo Werner et al. (1996). A adubação fosfatada foi realizada em uma única aplicação, setembro/2010, sendo a fonte de fósforo utilizada o super-fosfato simples ($80 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$). As adubações nitrogenadas ($200, 400 \text{ e } 800 \text{ kg ha}^{-1}$) e potássica ($120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) foram parceladas e realizadas a lanço, no início do experimento (setembro/2010) foi realizada 20% das adubações, e as outras parceladas após cada ciclo de pastejo. Foi utilizado o nitrato de amônio como fonte de nitrogênio e cloreto de potássio como fonte de potássio.

O pasto foi manejado pelo método de lotação intermitente com taxa de lotação variável, sendo pastejado por vacas de leite mestiças (Holandesa-Gir, Holandesa-Jersey, Jersey-Gir) com peso vivo médio de 438 kg. Os animais eram introduzidos no pasto quando este atingia aproximadamente, 90 cm (95 % de Interceptação Luminosa – medindo por meio do aparelho Alcupar 80) e retirando os mesmos quando o resíduo do pasto atingia aproximadamente 40 cm do nível do solo. Monitorando a altura equivalente, em 15 pontos do piquete, com régua graduada (100 cm).

A taxa de lotação acumulada da estação foi calculada, levando em consideração os ciclos de pastejo e em função da produção de massa de forragem em cada tratamento. As médias de produção de massa de forragem, de acordo com os tratamentos, podem ser observadas na Figura 2. Calculou-se a taxa de lotação animal acumulada na estação para expressar o impacto que a quantidade de animais pode causar no solo, e conseqüentemente nas raízes.

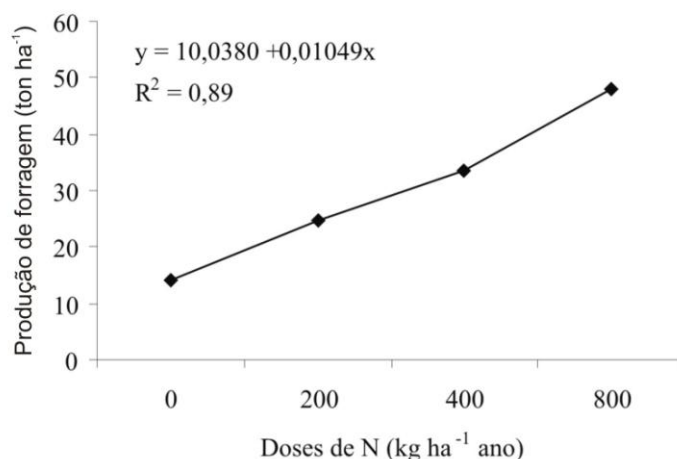


Figura 2. Produção total de massa de forragem (ton ha⁻¹) em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano). (Mari et al. 2011, dados não publicados).

Para a avaliação do sistema radicular, as raízes foram coletadas a cada 90 dias (uma amostragem por estação), utilizando um tubo metálico com volume de 0,3927 m³, realizando a coleta de três amostras ao acaso por piquete, divididas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, nos respectivos tratamentos. As raízes foram lavadas em água corrente utilizando peneira de malha de 2 mm. Imediatamente após a lavagem, foram acondicionadas em frascos plásticos com solução de álcool 30%, para posteriores análises.

De cada amostras foi retirada uma alíquota de 1 g para determinar a densidade (mm/dcm³), a área (mm²), o diâmetro (mm) e o comprimento (mm) das raízes por meio do aparelho DELTA T SCAN equipado com o software de análise de imagem de raízes.

O restante da massa de raízes, já pesado para determinar a biomassa radicular, foi seca a 55°C por 72 horas, em estufa com circulação forçada de ar. Posteriormente, as raízes foram moídas em moinho do tipo faca, para a determinação da concentração de nitrogênio total pelo método do micro Kjeldhal (AOAC, 1990). Sendo estas análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Zootecnia da UEM.

A resistência do solo a penetração (RP) foi medida com um penetrômetro de 0 a 40 cm de profundidade. As amostragens foram feitas a cada 90 dias, sob diferentes teores de água do solo. Foram feitas cinco medidas de RP em cada repetição e um valor médio foi utilizado. Simultaneamente foram coletadas amostras de solos, com auxílio de um trado para determinação do teor de água nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. O teor de água foi obtido pela razão entre a massa de água pela massa de sólidos do solo.

As características avaliadas ajustaram-se a Distribuição Normal, realizando a análise de variância, em que os parâmetros significativos foram submetidos à regressão simples a 5% de probabilidade, analisados estatisticamente por meio do programa R (Development Core Team, 2011).

Resultados e Discussão

Não foi constatado efeito da interação entre as doses de N, profundidades de coleta e estações do ano em relação ao N-total, porém seus efeitos isolados foram encontrados (Figura 3).

As doses de N, Figura 3(A), promoveram aumento nas concentrações de N-total nas raízes, este comportamento é similar aos encontrados por Rodrigues et al. (2007), trabalhando com capim-Xaraés.

Foi observado efeito cúbico das estações do ano, Figura 3(B), em relação à concentração de N-total nas raízes, sendo no outono seu ponto máximo. Isso pode ter ocorrido pelo decréscimo de pastejos nesta estação, uma vez que os fatores climáticos começam a se tornar desfavoráveis ao crescimento das forrageiras tropicais proporcionando o armazenamento de N. O declínio no inverno pode ocorrer pela

translocação de reservas nitrogenadas necessárias para o rebrote das plantas após a geada, ocorrida no início desta estação, porque conforme Cecato et al. (2011) a reserva de N é muito importante para a rebrota da planta forrageira tropical, sendo sua quantidade e eficiência de reciclagem que determina a taxa de expansão de folhas e formação de área foliar.

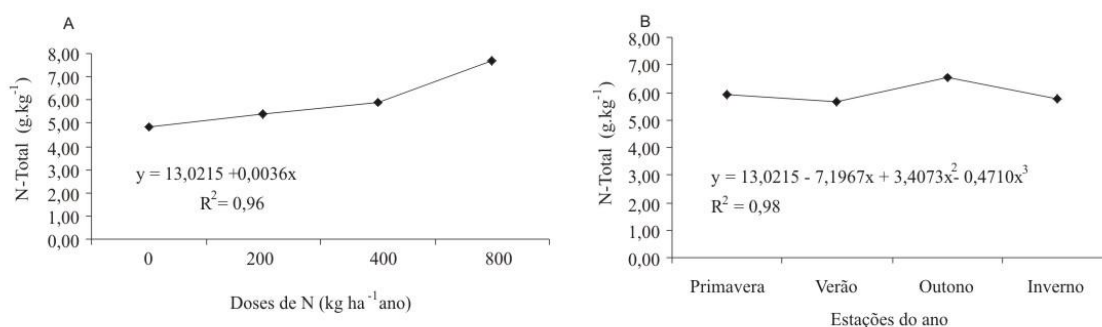


Figura 3. Concentração de N-total (g kg^{-1}) das raízes de capim-Mombaça em função doses de nitrogênio (kg ha^{-1} ano) (A) e das estações do ano (B).

O aumento nos teores de N-total nos órgãos de reservas promovido pelas maiores doses de N pode ser um fator favorável após a desfolha, tanto por corte ou pastejo desse cultivar, de acordo com Cecato et al. (2011), é um elemento importante para o desenvolvimento e crescimento das plantas forrageiras, por acelerar a formação e alongamento de novas folhas, melhora o vigor de rebrota, acelerando sua recuperação após pastejo, resultando em maior produção e capacidade suporte das pastagens ao longo das estações do ano. O N armazenado como reserva estratégica para a rebrota, junto com outras características morfológicas intrínsecas, influenciam na recuperação após desfolha, no crescimento e produtividade das plantas forrageiras (Cecato et al., 2004).

Obteve-se maior concentração de N-total na camada de 0-10 cm de

profundidade de solo (Tabela 3).

Tabela 3. Concentração de N-total (g kg^{-1}), características geométricas (área (mm^2), diâmetro (mm) e comprimento (mm) e biomassa radicular (kg m^{-3}) das raízes de capim-Mombaça em função das profundidades de coleta (cm).

Profundidade	N-Total	Área	Diâmetro	Comprimento	Biomassa
0 a 10	7,21 \pm 2,04 A	2953,15 \pm 1148,62 A	0,45 \pm 0,15 A	7440,69 \pm 1988,86 A	4,27 \pm 2,45 A
10 a 20	5,45 \pm 0,81 B	2336,78 \pm 900,87 B	0,35 \pm 0,07 B	5951,72 \pm 1567,02 B	0,32 \pm 0,90 B
20 a 40	5,24 \pm 0,90 B	2142,61 \pm 917,65 B	0,31 \pm 0,10 B	6039,24 \pm 1503,98 B	0,08 \pm 0,98 B

Letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As características geométricas das raízes (área, diâmetro, comprimento e densidade) não apresentaram efeito das doses de N e das estações do ano avaliadas. Estes dados diferem de Sarmiento (2005), que encontrou efeito da adubação nitrogenada no comprimento e na massa do sistema radicular quando avaliou o acesso de *Panicum maximum* BRA 006998 sob pastejo com diferentes doses de N.

Neste experimento, não foi verificado este efeito em nenhuma característica geométrica, uma vez que a pastagem se encontrava com bom vigor de rebrota, não apresentava sinais de degradação, boa fertilidade do solo, disponibilidade de água e manejo adequado, que fez com que a geometria radicular não apresentasse diferença do tratamento testemunha em relação às diferentes doses de N estudadas.

O que pode estar associado a boa quantidade de matéria seca pós-pastejo e ao índice de área foliar residual (40 cm de altura do solo), que garantem uma boa rebrota sem comprometimento do sistema radicular. Corsi et al. (2001) observaram redução do crescimento do sistema radicular imediatamente após o pastejo, em que a maior intensidade de pastejo determinou uma menor taxa de crescimento e um período mais longo para a retomada do crescimento do sistema radicular, assim a massa de raízes é diretamente proporcional a área foliar residual do capim. No presente experimento, em

todos os tratamentos eram respeitadas estas duas regras de manejo, assim não foram observadas diferenças no sistema radicular em relação à adubação nitrogenada.

As características geométricas foram influenciadas pela profundidade de coleta, para as variáveis área, diâmetro e comprimento radicular (Tabela 3), sendo os maiores valores encontrados para todas as características na primeira camada de avaliação estudada (0-10 cm), resultado da maior alocação de carbono para essa região do sistema radicular por causa das melhores condições nutricionais e disponibilidade hídricas nesta porção de solo.

Para todas as características geométricas, encontrou-se interação entre os tratamentos, profundidade de coleta x estações do ano, como podem ser visualizadas as equações na Tabela 4. Todas as características tiveram seus valores reduzidos no período seco em comparação com as águas e também à medida que aumentava a profundidade do solo.

Tabela 4. Equações de regressão e coeficientes de determinação para as características geométricas das raízes de capim-Mombaça em função das estações do ano e profundidade de coleta (cm).

	Equações	R ²
Área	$y = 4787,6690 - 82,6650x_1 - 694,9740x_2 + 23,2480x_1x_2$	0,81
Diâmetro	$y = 0,6273 - 0,0111 x_1 - 0,0612x_2 + 0,0027 x_1x_2$	0,75
Comprimento	$y = 12894,2610 - 388,0030x_1 + 5,1090x_1^2 - 1177,105x_2 + 34,3330x_1x_2$	0,76
Densidade	$y = 8,5096 - 0,0293x_1 - 0,0003x_1^2 + 0,1484x_2 - 0,02120x_1x_2$	0,52

*x₁ equação referente à profundidade de coleta e x₂ referente às estações do ano e x₁x₂ a interação entre as duas variáveis. **P < 0,05.

A biomassa radicular foi maior na camada de 0-10 cm, sendo 89,5% da biomassa total, enquanto nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm, encontrou-se 8,3 e 2,2 %, respectivamente (Tabela 3). A maior concentração de raízes na profundidade de 0-10

cm é explicada porque planta apresenta raiz do tipo fasciculada, que não atinge grandes profundidades e, geralmente, apresenta maior concentração na camada superficial solo. Outro fator determinante pode ser a concentração de nutrientes nessa camada (0-10 cm), tanto a adubação quanto a calagem foram realizadas a lanço sem incorporação ao solo.

Singh (1999) trabalhando com *Paspalum dilatatum* Schum, *Pennisetum glaucum* L., *Pennisetum purpureum* Schum. e *Brachiaria mutica* Stapf., obteve 65 a 86% da biomassa total de raízes na profundidade de 0-20 cm e de 14 a 35% na profundidade de 20-60 cm quando não houve aplicação de N. No entanto, com a aplicação de 50 a 150 kg/ha de N na superfície do solo, houve aumento na proporção de raízes na camada superficial do solo (82 a 95%) em comparação com a camada mais profunda (5 a 18%).

Porém, o acúmulo de raízes nas porções mais superficiais do solo, pode tornar a planta vulnerável aos déficits hídricos. Trabalho realizado por Cunha et al. (2010) ressaltam que, em longos períodos de veranicos, a gramínea terá maior dificuldade de absorver água de camadas profundas, e sofrerá estresse hídrico. Outro problema que o sistema radicular superficial traz é a redução no raio de ação da planta para obtenção de nutrientes do solo, o que exigirá maior concentração de nutrientes em um menor volume de solo.

Entretanto, no presente estudo, além de nutrientes disponíveis a pastagem foi irrigada, dispondo de suprimento hídrico, que pode ter sido a causa da planta não necessitar se alongar no perfil do solo para aquisição de nutrientes e água. Segundo Sarmiento et al. (2008), o crescimento radicular durante a rebrota é importante para absorção de água, nutrientes e descompactação do solo, o que permite a retomada do crescimento da parte aérea após pastejo.

O crescimento radicular é afetado pela concentração de nutrientes no solo, pela

disponibilidade de água, por fatores físicos do solo e por práticas de manejo da planta (Anghinoni Meurer, 1999). Vale ressaltar que apesar neste estudo não apresentar efeito da adubação nitrogenada nas características geométricas e na quantidade de biomassa radicular, inúmeras pesquisas (Cecato et al., 2004) mostram que quando aplicado quantidades elevadas de N nas pastagens há uma redução do crescimento do sistema radicular em detrimento ao crescimento da parte aérea. Assim, se o manejo e a utilização da adubação não forem adequados, poderão em determinadas circunstâncias, trazer problemas de suprimento de água e nutrientes às plantas, em face da redução da capacidade do sistema radicular de explorar o solo.

Os valores de RP e teor de água do solo das amostragens realizadas nas quatro estações podem ser visualizados na Figura 4 e 5. Considerou um limite de $RP=2500$ kPa como o valor crítico a partir do qual existe impedimento mecânico ao crescimento radicular para gramíneas conforme Imhoff et al. (2000).

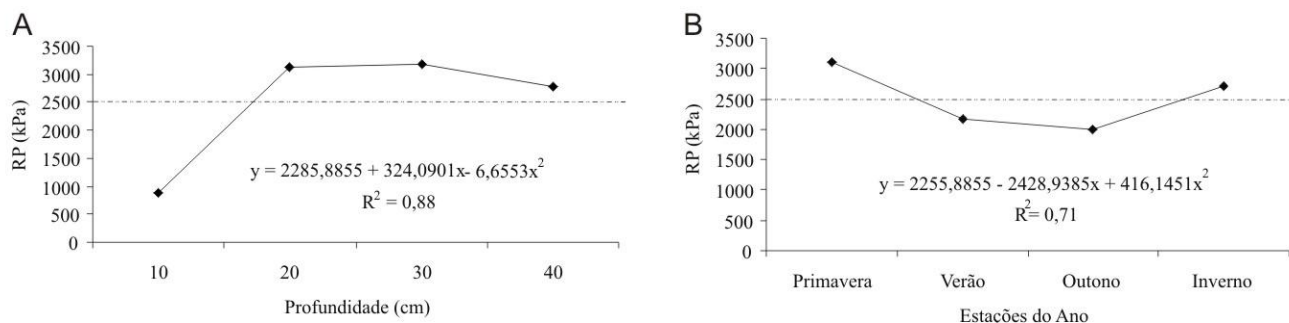


Figura 4. Resistência do solo a penetração (kPa) em pastagens capim-Mombaça em função das profundidades de coleta (cm) (A) e das estações do ano (B).

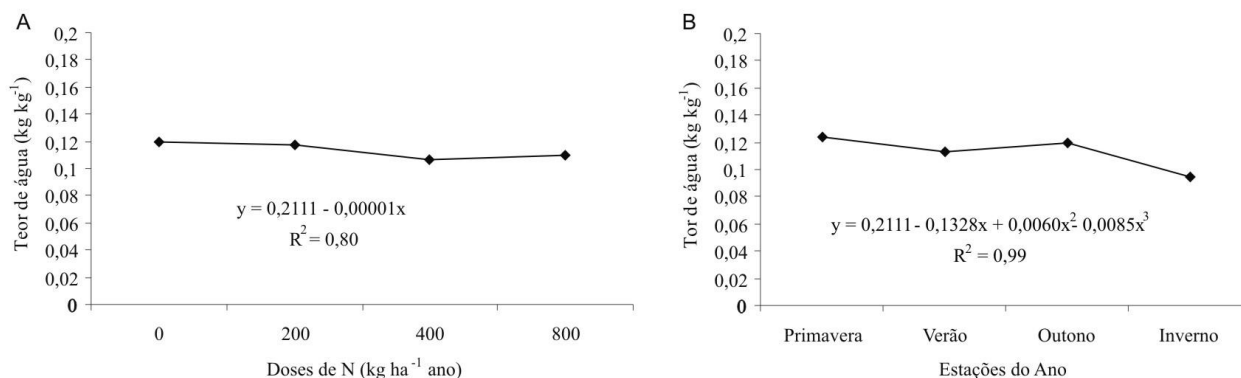


Figura 5. Teor de água no solo (kg kg⁻¹) em pastagem de capim-Mombaça em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano) (A) e das estações do ano (B).

A RP do solo apresentou efeito quadrático negativo em relação às profundidades do solo, Figura 4(A), sendo os primeiros 10 cm de solo apresentaram a menor RP, aumentando nas profundidades de 10 a 20 e 20 a 30 cm, e reduzindo na última camada avaliada. A menor RP na camada 0-10 cm em comparação as intermediárias justifica a maior concentração de biomassa radicular nessa camada do solo, o que corrobora com os dados de Sarmento et al. (2008) avaliando o sistema radicular do capim IPR-86 Milênio, encontrou maior concentração de raízes na camada superficial do solo, que apresentou a menor RP em comparação com as camadas mais profundas. As camadas intermediárias ultrapassaram o valor crítico, isso se deve as características granulométricas deste solo, Tabela 2, que mostram que essas camadas apresentam argila e silte que aumentam naturalmente a RP.

Impedimentos mecânicos na superfície do solo resultaram em uma acumulação superficial de raízes de “bluegrass”, milho e cevada e também afetaram a distribuição vertical e horizontal de raízes de milho ao longo de todo o perfil do solo (Glinski e Lipiec, 1990). Segundo estes autores, esta acumulação pode promover distribuição desuniforme de nutrientes e, ao mesmo tempo, exaustão das camadas superficiais.

Quando os obstáculos mecânicos localizaram-se na base da camada arável, houve redução na densidade das raízes do milho não só na área compactada, como também ao longo de todo o perfil. Para estes autores, esta alteração na proliferação e no crescimento das raízes dentro do perfil do solo pode limitar a assimilação de água e nutrientes pelas plantas.

Para RP nas estações do ano, Figura 4(B), observou-se efeito quadrático, apresentando queda da primavera ao outono e elevando no inverno. Isso pode ter ocorrido uma vez que área, em anos anteriores ao experimento, era mal manejada, com altas pressões de pastejo, muito além da capacidade do suporte da pastagem. Utilizou-se a densidade animal baseada na disponibilidade de forragem aliado ao manejo adequado (dia de ocupação e descanso), com base na interceptação luminosa sendo a fisiologia da planta respeitada, favorecendo assim a descompactação deste solo durante as estações decorrentes. Além disso, outro fator que pode ter colaborado com a queda da RP, é o fato que estas estações, primavera, verão e outono, foram responsáveis pelas maiores produções de forragem, Figura 2, e com isso, pode ter ocorrido maior produção de material morto, que permitiu maior cobertura do solo e conservação da umidade. A RP maior no inverno pode ser explicada pelo menor teor de água no solo neste período, Figura 5(B), uma vez que a irrigação na área não foi suficiente para suprir limitações do ambiente seco natural da estação.

Houve efeito da interação entre doses de N x estações do ano na RP, Tabela 5, que se observou maiores valores nos tratamentos de 400 e 800 kg de N ha⁻¹ ano. Essas doses proporcionaram maior produção de massa de forragem (Figura 2), números de pastejos, conseqüentemente a maior taxa de lotação animal acumulada em todos os períodos avaliados, apresentando uma maior concentração na estação das águas (Figura 6). Isso se deve a época com as melhores condições climáticas para o desenvolvimento

das forrageiras que associada à irrigação propicia a maior produção de forragem, elevando a taxa de lotação nas pastagens tropicais. Entretanto, compactação do solo causada pelo pisoteio dos animais concorre para a redução da produtividade e longevidade das pastagens (Imhoff et al., 2000). Independentemente da dose de N utilizada, a RP foi maior no inverno, em razão do menor teor de água no solo nesta estação.

Tabela 5. Resistência do solo a penetração (kPa), equação de regressão e coeficiente de determinação em função das estações do ano e das doses de nitrogênio (kg ha^{-1} ano) em pastagem de Capim-Mombaça.

Estações do ano	Primavera	Verão	Outono	Inverno	
Doses de N	0	3105,73	1818,52	1745,73	2422,09
	200	2390,01	2348,71	2007,73	2717,48
	400	2856,28	2195,76	1983,99	3029,97
	800	2849,15	2277,36	2075,67	3464,96
Equação	$y = 2285,8855 - 2428,9385x_1 + 416,1481x_1^2 - 1,0454x_2 + 0,6160x_1x_2$				
$R^2 = 0,68$					

* x_1 equação referente às estações do ano e x_2 referente às doses de N e x_1x_2 a interação entre as duas variáveis.

** $P < 0,05$.

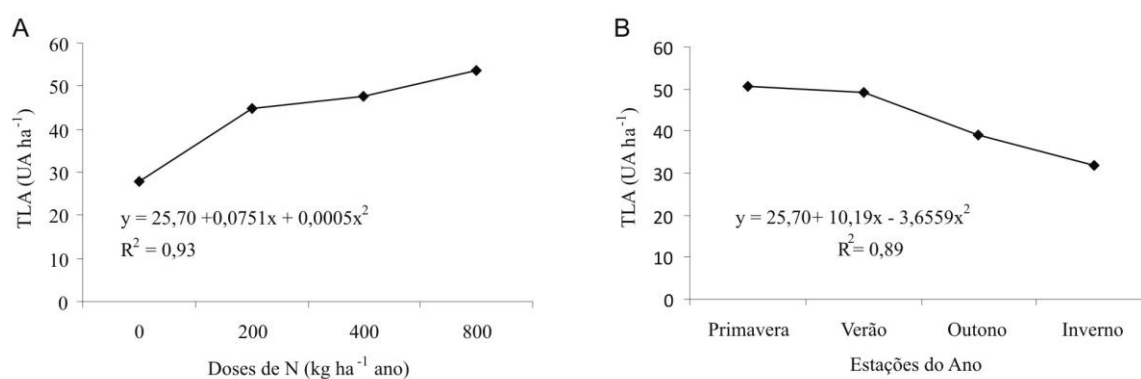


Figura 6. Taxa de lotação animal acumulada em pastagem de capim-Mombaça em função das doses de nitrogênio (kg ha^{-1} ano) (A) e das estações do ano (B).

Segundo Nichols e Clanton (1985) citado por Vallentine (1990) pastagens irrigadas frequentemente, sobre solos com textura tendendo a arenosa, podem não requerer a remoção total da lotação animal. A maior densidade de raízes e liteira reduzem a ação do pisoteio dos animais que promovem a compactação do solo. Os tratamentos com 400 e 800 kg ha⁻¹ de N resultaram em menores teores de umidade no solo (Figura 8) pela maior demanda de água necessária para o desenvolvimento das plantas. A ocorrência de períodos de estresse hídrico faz com que a redução do teor de água no solo incremente a RP resultando num maior impedimento mecânico ao crescimento das plantas.

Conclusões

Os pastos de capim-Mombaça irrigado adubados ou não com nitrogênio apresentam respostas semelhantes para as geometrias e biomassa radicular e resistência do solo a penetração. Entretanto essas características são influenciadas pela profundidade de coleta, ocorrendo as maiores concentrações de raízes na camada de 0-10 cm, o que favoreceu menores valores de resistência nesta porção do solo. A concentração de N-total nas raízes é maior na dose de 800 kg ha⁻¹ ano de nitrogênio, na profundidade de 0-10 na estação do outono.

Literatura Citada

- ANGHINONI, I.; MEURER, E.J. Eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS. Aracajú, 1999. **Anais...** Aracajú: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, p.57-8, 1999.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. (Gaithersburg, Estados Unidos). **Official methods of analysis**. 15th ed. Richmond, p.1298, 1990.
- BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A.; ALMEIDA, E.X. & KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p.1047-1054, 2000.
- CECATO, U.; GALBEIRO, S.; PARIS, W. et al. Uso de nitrogênio em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, 2011, Viçosa. **Anais...**, 2011. p. 117-161.
- CECATO, U.; JOBIM, C.C.; REGO, F.C.A.; et al. Sistema radicular – componente esquecido das pastagens. In: II SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2004, Viçosa. **Anais...**, 2004. p. 159-207.
- CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; PAGOTTO, D. S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: MATTOS, W.R.S.; FARIA, V.P.; SILVA, S. C.; NUSSIO, L.G.; MOURA, J.C. **A produção animal na visão dos brasileiros**. (Ed.) Piracicaba: FEALQ, 2001. p.838-852.
- CUNHA, F.F.; RAMOS, M.M.; ALENCAR, C.A.B. et al. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.2, p.351-357, 2010.
- DIAS, P.F.; ROCHA, G.P.; ROCHA FILHO, R.R. et al. Produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais avaliadas no período das águas, sob diferentes doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.1, p.260-271, 2000.
- DRUMOND, L.C.D.; FERNANDES, A.L.T. **Irrigação por aspersão em malha**. Uberaba: Ed. Universidade de Uberaba, 2001. 84 p
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: 1999.
- GLINSKI, J.; LIPIEC, J. **Soil physical conditions and plant roots**. Boca Raton: CRC Press, 1990. 250p.
- IJIMA, M.; KNO, Y. Interspecific differences of the root system structures of four cereal species as affected by soil compaction. **Japanese Journal of Crop Science**, v.60, p.130-138, 1991.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.

- IMHOFF, S.; SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A. Curva de resistência: aplicações no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Brasília, 1999. **Anais...** Brasília, 1999.
- LOUAHLIA, S.; LAINÉ, P.; OURRY, A. et al. The role of N-remobilization and the uptake of NH_4^+ and NO_3^- by *Lolium perenne* L. In: laminae growth following defoliation under field conditions. **Plant and Soil**, v.220, n.1-2, p.175-187, 2000.
- LOPES, R.S.; FONSECA, D.M.; OLIVEIRA, R.A. et al. Disponibilidade de matéria seca em pastagens de capim-elefante irrigadas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.6, p.1388-1394, 2003.
- LUÍS, G.T.; SORIA, R.D.C.; HERLING, V.R. et al. Resposta do capim Tanzânia a aplicação do nitrogênio e de lâminas de irrigação. I: Produção de forragem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.430-436, 2003.
- MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.2, p.197-202, 1999.
- RODRIGUES, R.C.; MOURÃO, G.B.; VALINOTE, A.C. et al. Reservas orgânicas, relação parte aérea-raiz e C-N e eliminação do meristema apical no capim-xaraés sob doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.3, p.505-514, 2007.
- SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; LUGÃO, S.M.B. et al. Respostas agronômicas e morfológicas de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob pastejo, à adubação nitrogenada. **Boletim da indústria animal**, p.333-346, v.62, 2005.
- SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; LUGÃO, S.M.B. et al. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. Cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido a lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.27-34, 2008.
- SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; TORMENA, C.A. et al. Qualidade física de solos sob sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19., Piracicaba, 2002. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2002. p.79-99.
- SINGH, K.A. Effect of nitrogen levels on yield, root biomass distribution, nitrogen recovery by forage grasses and changes in soil properties of acid Inceptisol. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.69, n.8, p.551-554, 1999.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.2, p.333-339, 1996.
- VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; SALES, M.F.L. **Amendoim forrageiro cv. Belmonte**: leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre. Rio Branco: Embrapa-CPAF Acre, 2001b. 18p. (Circular Técnica, 43).
- VALLENTINE, J.F. **Grazing management**. Academic press, Inc. San Diego, Califórnia, 1990. 533p.
- WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. et al. In: **Forrageiras** - recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC Campinas, 1996. 263p. (Boletim técnico, 100).

IV - Perdas de N-NH₃ por volatilização em pastagem irrigada de capim-Mombaça

Resumo: Objetivou-se avaliar as perdas de N-NH₃ por volatilização no capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv Mombaça) fertilizado com diferentes doses de nitrogênio na primavera e no verão e sob irrigação. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com 12 repetições (coletores) para cada tratamento: capim-Mombaça + 0 kg de N ha⁻¹ano, capim-Mombaça + 200 kg de N ha⁻¹ano, capim-Mombaça + 400 kg de N ha⁻¹ano e capim-Mombaça + 800 de N ha⁻¹ano. Na área demarcaram quatro parcelas de 12 m² cada, sendo o período de avaliação de 15 dias em cada estação. As perdas diárias de N-NH₃ por volatilização, na primavera, foram maiores para as doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ de N ano, respectivamente. As perdas observadas no primeiro dia foram as maiores ocorridas nesta estação, 0,68, 1,56 e 3,11 kg ha⁻¹ de N para as doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Em relação às perdas acumuladas, estas se elevaram à medida que aumentaram as doses de nitrogênio, sendo de 0,93, 2,63 e 4,69 kg ha⁻¹ de N, em função das doses estudadas. No verão, as perdas diárias de N-NH₃ por volatilização foram maiores nos dois primeiros dias após aplicação, sendo de 1,88, 3,39 e 4,89 para as doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de N ano, respectivamente. As perdas acumuladas de N-NH₃ foram proporcionais as doses de nitrogênio, sendo de 1,99, 3,70 e 5,37 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. A aplicação de nitrato de amônio acarreta perdas de relativas de 0,46, 0,66 e 0,58% na primavera e 0,99, 0,92 e 0,67% no verão para as doses 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de N ano, respectivamente. A magnitude das perdas é pequena e dependente da quantidade aplicada e das condições climáticas observadas em cada estação.

Palavras-chave: forragicultura, nitrogênio, *Panicum maximum*

NH₃-N losses by volatilization in irrigated pasture of Mombaça grass

Abstract: The objective was to evaluate the losses of N-NH₃ volatilization in Mombaça grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) fertilized with various doses of nitrogen in the spring and summer and under irrigation. It was used a completely randomized design with 12 replications (collectors) for each treatment: Mombaça grass + 0 kg N ha⁻¹ year, Mombaça grass + 200 kg N ha⁻¹ year, Mombaça grass + 400 kg N ha⁻¹ year and Mombaça grass + 800 N ha⁻¹ year. In the area there were demarcated four plots of 12 m² each, and the evaluation period of 15 days in each season. The daily losses of N-NH₃ volatilization in the spring were higher for doses of 400 and 800 kg N ha⁻¹ respectively. The losses observed on the first day were the largest in this season, being of 0.68, 1.56 and 3.11 kg N ha⁻¹ day doses of 200, 400 and 800 kg N ha⁻¹ respectively. In relation to accumulated losses, they increased with the increased nitrogen levels, being 0.93, 2.63 and 4.69 kg ha⁻¹ N, depending on the doses studied. In summer, the daily loss of N-NH₃ volatilization were higher in the first two days after application being of 1.88, 3.39 and 4.89 for doses of 200, 400 and 800 kg N ha⁻¹, respectively. The accumulated losses of NH₃-N were proportional to the nitrogen, being 1,99, 3,70 and 5,37 kg N ha⁻¹ respectively. The application of ammonium nitrate results in losses of 0.46, 0.66 and 0.58% in spring and 0.99, 0.92 and 0.67% in the summer for the doses of 200, 400 and 800 kg ha N⁻¹, respectively. The magnitude of the loss is small and dependent on the amount applied and the weather conditions observed at each season.

Key-words: forage, nitrogen, *Panicum maximum*

Introdução

Para que o sistema de produção animal a pasto se torne mais rentável e economicamente sustentável é imprescindível que se intensifique a produção. Assim, estratégias e conhecimento de manejo para melhorar os índices de produtividade vegetal e animal se tornam necessários.

Visando amenizar o efeito da estacionalidade sobre a produção das forrageiras tem-se utilizado a técnica de irrigação, buscando suprir um dos principais fatores limitantes do crescimento da forrageira, que é a necessidade de água. Contudo a eficiência da irrigação é dependente de outros fatores climáticos, principalmente temperatura e luminosidade. Neste contexto, o nitrogênio passa a ser o principal fator determinante da produção forrageira, depois que se atendem as limitações climáticas e dos demais elementos químicos.

Assim, o nitrogênio surge como alternativa para o aproveitamento do potencial produtivo das gramíneas tropicais, pois segundo Andrade et al. (2003), este exerce efeitos positivos na produção e no valor nutricional da forragem. Entretanto as perdas de nitrogênio por volatilização são os principais fatores que resultam em baixa ineficiência do uso de fertilizantes nitrogenados nas pastagens.

O processo de volatilização tem recebido destaque nos últimos anos, pela sua contribuição para a deterioração da qualidade do ar e prejuízos econômicos pela baixa eficiência de recuperação do fertilizante aplicado (Primavesi et al., 2004). O íon amônio (NH_4^+), precursor da amônia, é constantemente formado no solo pela mineralização da matéria orgânica, pela decomposição de resíduos de origem animal e vegetal e pela hidrólise de fertilizantes amídicos e amoniacais. A amônia, em geral, é transformada em

nitrato, elemento que é absorvido pela planta para seu desenvolvimento e produção de biomassa.

No Brasil, dá-se ênfase a estudos que visam o aumento da eficiência de fontes nitrogenadas em cobertura (Rambo et al., 2004; Silva et al., 2006; Collier et al., 2006) principalmente nas culturas anuais. E a alta concentração de N da uréia e sua facilidade de manipulação, tornaram esse fertilizante potencialmente superior as demais fontes sob o ponto de vista econômico, porém é de extrema importância o estudo das perdas por volatilização de outras fontes de N em pastagens intensificadas.

Objetivou-se com esse estudo avaliar as perdas de nitrogênio ($N-NH_3$) por volatilização em pastagem de capim-Mombaça adubada com nitrato de amônio na presença da irrigação, avaliadas nas estações da primavera e do verão.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na estância JAE, no município de Santo Inácio-PR, região noroeste do Paraná. A localização geográfica é $23^{\circ} 25' S$ de latitude e $51^{\circ} 57' O$ de longitude e possui altitude média de 410 metros. O tipo climático predominante na região é o Cfa – subtropical úmido mesotérmico (Köppen), caracterizado pela predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e tendência de concentração das chuvas no período do verão, com temperatura média anual de $22,1^{\circ} C$ e precipitação anual de 1200 mm.

Os dados climáticos referentes à precipitação (mm), umidade relativa do ar (%), temperatura mínima, média e máxima correspondentes ao período experimental podem ser visualizados na Figura 1.

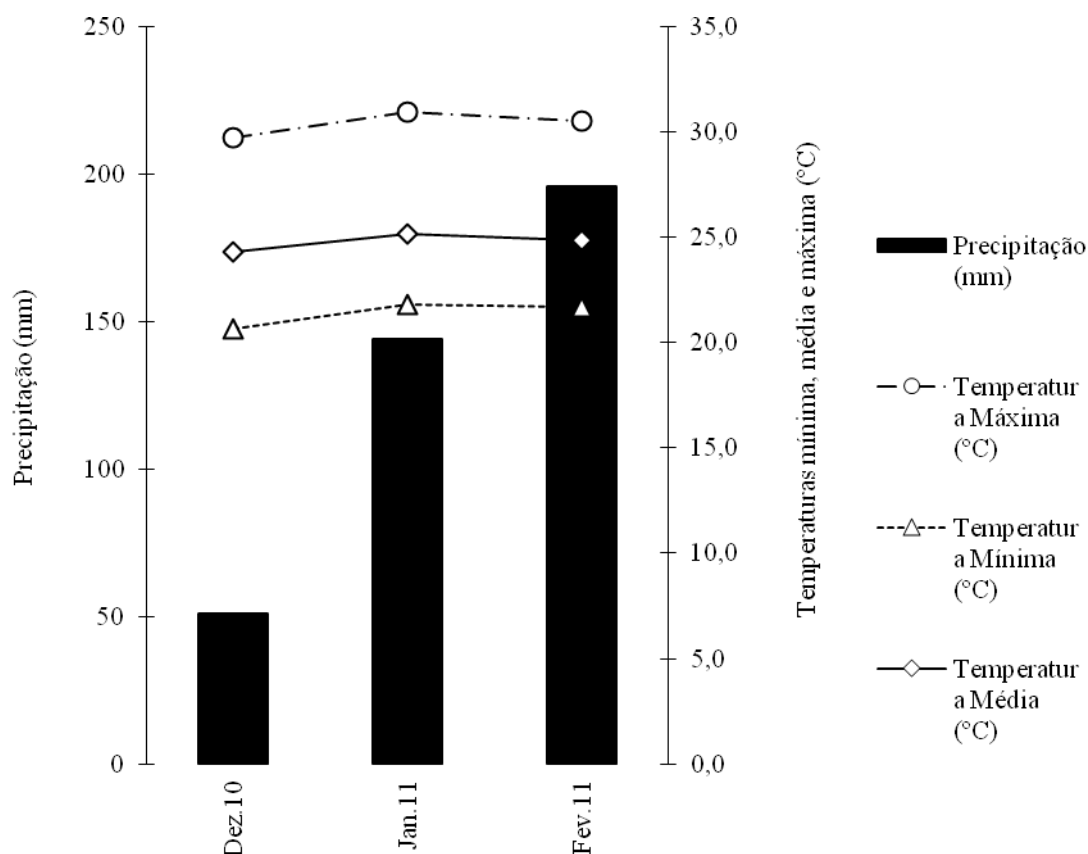


Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura (°C) observada durante o período experimental (fevereiro de 2010 a janeiro de 2011).

Fonte: Precipitação: Estância JAE, Temperatura: IAPAR – Paranavaí-PR.

O solo da região é o Latossolo Vermelho Escuro Distrófico de textura arenosa (Embrapa, 1999). A composição química do solo apresentada no início do período experimental pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do solo da área no início do período experimental (0-20 cm de profundidade).

	cmolc dm ⁻³					mg dm ⁻³	g dm ⁻³	pH	
	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	C	H ₂ O	CaCl ₂
Mombaça	2,85	0,125	1,12	0,41	0,10	8,03	6,42	5,13	5,00

Fonte: Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente – Universidade Estadual de Maringá.

Antes de iniciar o experimento (junho/2010), com base na análise do solo apresentada na Tabela 1, realizou-se a gessagem e a calagem (calcário dolomítico) do solo, a fim de elevar a saturação por bases para 70%, segundo Werner et al. (1996). A adubação fosfatada foi realizada em uma única aplicação, setembro de 2010, sendo a fonte de fósforo utilizada o super fosfato simples (80 kg P₂O₅ ha⁻¹). A adubação potássica (120 kg K₂O ha⁻¹) foi parcelada e realizada a lanço, nos dias próximos a avaliação de perdas por volatilização (3/12/2010 e 12/02/2011, respectivamente), sendo utilizado o cloreto de potássio como fonte de potássio.

Para a irrigação da área experimental, foi instalado um sistema de aspersão, utilizando o aspersor: Naan 5035, bocais 5,0 x -1 2,5 mm, pressão de serviço 280 kPa, vazão nominal de 1.875 L h e ângulo de inclinação do jato igual a 23°, denominado aspersor A. Esse modelo de aspersor foi adotado por ser comumente utilizado na prática. Constituído de uma rede em malha, comumente denominada de aspersão em malha (Drumond & Fernandes, 2001). A quantidade de água foi distribuída de acordo com a disponibilidade de armazenamento do reservatório da propriedade, foi irrigado um bloco por dia, das 21h às 1 horas, sendo em média cerca de 7 a 8 mm, totalizando aproximadamente 80 mm mensais, ajustada de acordo a precipitação.

Na área de capim-Mombaça demarcou-se as quatro parcelas de 12 m² cada, em que foram alocados os seguintes tratamentos: capim-Mombaça + 0 kg de nitrogênio (N)

ha⁻¹ano (testemunha) que serviu como fator de correção para a determinação das perdas de N-NH₃ por volatilização proveniente somente do fertilizante aplicado, capim-Mombaça + 200 kg de N ha⁻¹ano, capim-Mombaça + 400 N ha⁻¹ano e capim-Mombaça + 800 de N ha⁻¹ano. O pasto foi manejado pelo método de lotação intermitente com taxa de lotação variável. As perdas de N-NH₃ foram determinadas de acordo com as épocas de aplicação do N na pastagem. O período de avaliação foi de 15 dias, sendo realizadas as mensurações nos dias 1, 2, 3, 6, 9, 12 e 15 após a aplicação do adubo nitrogenado, que foi calculado estimando a quantidade de pastejos que cada tratamento teria dentro da estação do ano avaliada. A fonte de nitrogênio utilizada foi a nitrato de amônio, suas características são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Principais características do fertilizante nitrato de amônio.

Tipo	Nítrico
Fórmula	NO ₃
% N Total	34
% N-NO ₃	16
% N-NH ₄	16

Fonte: FERTIPAR Fertilizantes – www.fertipar.com.br

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com doze repetições (coletores) para cada tratamento. As medidas de volatilização de amônia foram realizadas por meio de coletores, semiabertos estáticos desenvolvidos conforme Marsolla & Myazawa (1999). Os coletores foram alocados na área demarcada com o capim-Mombaça na altura de 40 cm, referente ao resíduo, altura média de saída dos animais do pasto. Os coletores foram constituídos de frasco plástico transparente tipo PET, de 2 litros, sem a base, com diâmetro de 0,01 m e altura de 0,35 m, mantidos a 0,005 m da superfície do solo e presos por estacas de madeiras, de modo a permitir a circulação de ar no interior do coletor para simular as condições naturais do campo. No interior do coletor utilizou arame inoxidável para manter suspensa uma fita de papel filtro com 0,025 m de largura e 0,25 m de comprimento, que foi mantida em contato e

embebida com solução captora composta de H_2SO_4 0,05 mol/l + glicerina 2% (v/v) contida dentro de um tubo graduado de 50 mL, contendo 20 mL de solução. Em cada momento de amostragem os papéis filtro e a solução captora foram repostos, conforme descrito acima.

Os coletores de amônia foram alocados logo após a adubação nitrogenada, na estação de primavera, dia 3 de dezembro de 2010 e para a estação do verão, dia 12 de fevereiro de 2011. Durante o período de coleta, os papéis filtro foram recolhidos de dentro do tubo graduado, e o volume da solução captora foi completado para 20 mL com água destilada e levado para o laboratório de análises de alimentos e nutrição animal (LANA), pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá. As amostras foram mantidas sob refrigeração até o momento da análise. A concentração do NH_4^+ da solução foi determinada por espectrofotometria de verde de salicilato. As perdas de N- NH_3 foram calculadas de acordo com a curva analítica e a eficiência do método conforme descrita por Marsolla & Myazawa (1999).

Os dados das perdas de N- NH_3 obtidos foram avaliados estatisticamente por meio de curva de regressão sequencial em nível de 5% para determinação das equações. Analisados estatisticamente por meio do programa R (Development Core Team, 2011).

Resultados e Discussão

As perdas de N- NH_3 por volatilização na estação da primavera de 2010 estão representadas nas Figuras 2 e 3. As perdas diárias de N- NH_3 por volatilização durante os dias após a aplicação da adubação nitrogenada (Figura 2) foram maiores para as doses de 400 e 800 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. No entanto, as perdas diárias observadas demonstraram que no 1º dia houve a maior perda nesta estação, com perdas

de 0,68, 1,56 e 3,11 kg ha⁻¹ de N para as doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Isto pode ter ocorrido porque nos primeiros dias após a adubação com N, as perdas são mais elevadas em função da maior quantidade de N presente no solo da pastagem e pela principalmente as condições climáticas (Martha Jr et al., 2004).

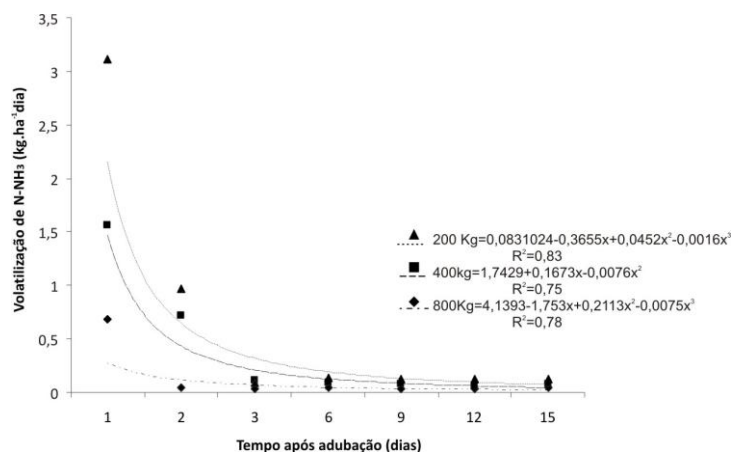


Figura 2. Perdas médias diárias de N-NH₃ (kg ha⁻¹ dia) por volatilização em pastagem de capim-Mombaça na estação da primavera em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano).

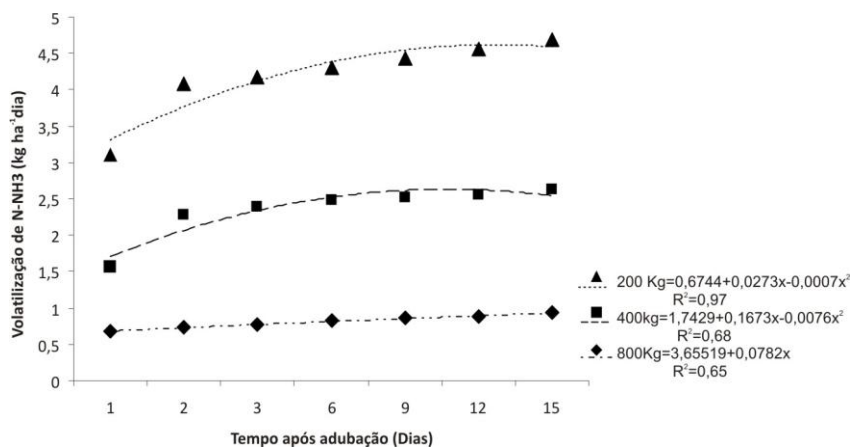


Figura 3. Perdas médias acumuladas de N-NH₃ (kg ha⁻¹ dia) por volatilização em pastagem de capim-Mombaça na estação da primavera em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano).

Conforme se observa na Figura 3, verificou-se que a perda acumulada de N-NH₃ por volatilização foi mais expressiva entre o 1º e o 3º dia após adubação, reduzindo as perdas a partir do 6º dia, conforme se verifica a inclinação da curva, que segue uma função quadrática para as doses de 200, 400 kg ha⁻¹ de N e linear para a dose de 800 kg ha⁻¹ de N. As perdas acumuladas de N-NH₃ aumentaram na medida em que aumentaram as doses de aplicação de N, sendo de 0,93, 2,63 e 4,69 kg ha⁻¹ de N para as doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

As perdas aumentaram com as doses de N aplicadas, e concentraram principalmente nos primeiros três dias da sua aplicação, confirmando os resultados de Cantarella et al. (2001). Martha Jr et al. (2004), encontraram perdas acumuladas até o terceiro dia de 78 a 92% do total de perdas por N-NH₃, trabalhando com capim-Tanzânia fertilizado com uréia. Lara & Trivelin (1990) encontraram resultados semelhantes em que cerca de 95% da quantidade total de N- NH₃, absorvido pelo coletor, proveniente do fertilizante, foi nos primeiros seis dias após a aplicação.

Além da utilização de nitrato permitir menores perdas por volatilização, no presente experimento, pastagem irrigada, a quantidade de água foi suficiente para promover a infiltração do fertilizante no perfil do solo, auxiliando ainda mais na redução da probabilidade de perdas. Inclusive a pastagem encontrava com uma grande quantidade de liteira (material morto sobre o solo), isto deve ter contribuído para que num primeiro instante após a aplicação do nitrato sobre a pastagem, no espaço entre as touceiras de capim-Mombaça, que a liteira tenha retido o N.

Do 6º dia até o 15º dia após aplicação de N (Figura 3), as perdas acumuladas de N-NH₃ de todas as doses de N foram reduzindo do total perdido em relação à quantidade de adubo aplicado no solo, indicando que ocorreu a movimentação do N do fertilizante para as camadas mais profundas do solo, facilitando o contato íon-raiz com

melhor aproveitamento do fertilizante pela planta, ou a imobilização do N pelos microorganismos e ainda a adsorção de formas de $N-NH_4^+$ passíveis de serem convertidas a NH_3 nas cargas negativas das partículas do solo, com efeito negativo no processo de volatilização (Hargrove et al., 1988).

As perdas de $N-NH_3$ por volatilização na estação do verão de 2011 estão representadas nas Figuras 4 e 5. As perdas diárias de $N-NH_3$ por volatilização foram maiores nos dois primeiros dias após aplicação com o aumento da dose de N aplicado (Figura 4), sendo de 1,88, 3,39 e 4,89 $kg\ ha^{-1}$ de N para as doses de 200, 400 e 800 $kg\ ha^{-1}$ de N, respectivamente. Nos primeiros dias da adubação N, as perdas são mais elevadas em função da maior quantidade de N presente no solo da pastagem e principalmente pelas condições climáticas (Martha Jr et al., 2004), no entanto, foram observadas condições de precipitação semelhantes nos primeiros dias de avaliação para as duas estações conforme a Tabela 1.

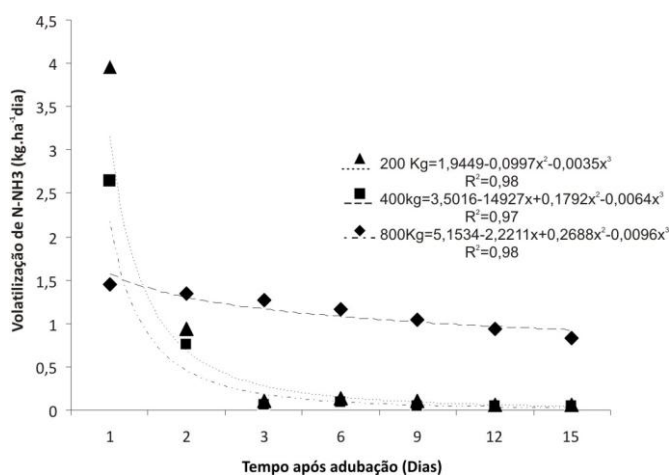


Figura 4. Perdas médias diárias de $N-NH_3$ ($kg\ ha^{-1}\ dia$) por volatilização em pastagem de capim-Mombaça na estação do verão em função das doses de nitrogênio ($kg\ ha^{-1}$ ano).

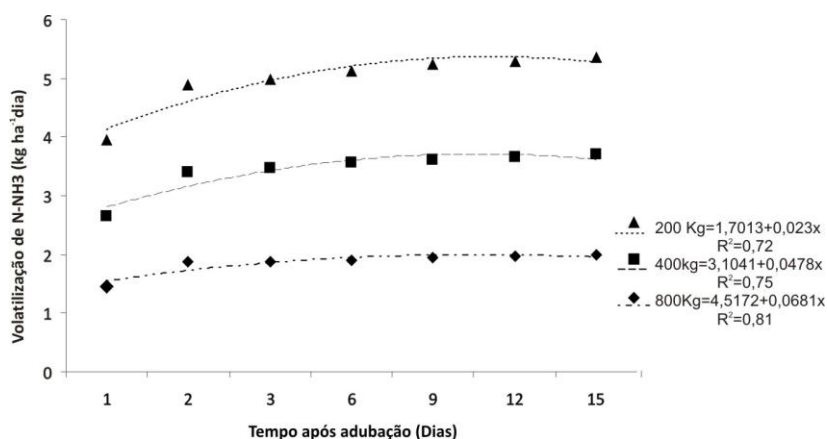


Figura 5. Perdas médias acumuladas de N-NH₃ (kg ha⁻¹ dia) por volatilização em pastagem de capim-Mombaça na estação do verão em função das doses de nitrogênio (kg ha⁻¹ ano).

No entanto, as perdas diárias observadas na estação do verão demonstraram que nos dois primeiros dias houve a maior perda, seguido de um leve aumento após o 9º dia na dose de 200 kg ha⁻¹ de N e após o 6º dia na dose de 400 e 800 kg ha⁻¹ da aplicação do N, diferindo dos resultados observados na estação da primavera.

Conforme se observa na Figura 5, verificou-se uma perda acumulada mais equilibrada na estação do verão, com menor variação entre o 3º e o 15º dia de avaliação, diferindo dos resultados observados na estação da primavera. As perdas acumuladas de N-NH₃ aumentaram na medida em que aumentaram as doses de aplicação de N, sendo de 1,99, 3,70 e 5,37 kg ha⁻¹ de N para as doses de 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Do 6º até o 15º dia as perdas acumuladas de N-NH₃ das doses de N foram diminuindo do total perdido em relação à quantidade de adubo aplicado no solo, indicando que ocorreu a movimentação do N do fertilizante para as camadas mais profundas do solo, facilitando o melhor aproveitamento do fertilizante pela planta, ou a imobilização do N pelos microorganismos e ainda a adsorção de formas de N-NH₄⁺

passíveis de serem convertidas a NH_3 nas cargas negativas das partículas do solo, com efeito negativo no processo de volatilização (Hargrove et al., 1988), como já mencionado.

Tabela 3. Perdas relativas (%) de N-NH_3 por volatilização no terceiro dia de avaliação, perdas totais, equação de regressão e coeficiente de determinação em função das doses de nitrogênio e das estações do ano em pastagem de capim-Mombaça.

Estação do ano	Primavera		
Doses de N (kg ha^{-1} ano)	200	400	800
Perdas relativas 3º dia (%)	0,38	0,6	0,52
Perdas relativas totais (%)	0,46	0,66	0,58
Estação do ano	Verão		
Doses de N (kg ha^{-1} ano)	200	400	800
Perdas relativas 3º dia (%)	0,94	0,87	0,62
Perdas relativas totais (%)	0,99	0,92	0,67
Equação	$y = -0,3889 + 0,0019x_1 - 0,00001x_1^2 + 0,6112x_2 - 0,0006x_1x_2$		
	$R^2 = 0,84$		

* x_1 equação referente as doses de N e x_2 referente as estações do ano e x_1x_2 a interação entre as duas variáveis.

** $P < 0,05$.

Em relação às perdas relativas, foi observada interação entre os tratamentos, doses de N x estações do ano. Quando se utilizou 400 ou 800 kg ha^{-1} de N, obtiveram perdas acumuladas (kg ha^{-1}) mais acentuadas, o que pode ser justificado pela maior quantidade de N presente no solo e concentração da amônia na superfície do solo, aumentando a probabilidade de perdas nos primeiros dias após aplicação. Quando se observa as perdas relativas (%), Tabela 2, na primavera nota-se que a utilização de 200 e 800 kg ha^{-1} de N proporcionou menores perdas por volatilização, respectivamente. No entanto, quando se compara com o verão além das perdas serem maiores em todas as doses, a utilização de 200 kg ha^{-1} de N proporcionou perdas mais elevadas que as demais doses estudadas. Isto pode ser justificado pela saturação do sistema, pois quando se utilizam maiores

quantidades de fertilizante nitrogenado, a conversão de $N-NH_4^+$ em $N-NH_3$ pelas bactérias do solo pode ser afetada pela maior quantidade de N para uma mesma quantidade de bactérias.

As perdas, relativas à dose total utilizada, com a utilização do nitrato de amônio é muito baixa, como pode ser observado na Tabela 3, Cantarella et al. (2001) avaliando perdas por volatilização em pastagem de Coast cross, comparando duas fontes de fertilizantes nitrogenados, nitrato e uréia, observaram que as perdas de amônia do nitrato de amônio alcançaram um máximo de 0,9% do N aplicado, enquanto as perdas da uréia variaram de 4,6 a 61,6%. Bernardi et al. (2010) trabalharam com azevém em casa de vegetação, avaliando perdas de várias fontes de nitrogênio, encontraram que as menores perdas por volatilização ocorreram com o sulfato de amônio e nitrato de amônio, e estas foram muito próximas das perdas observadas no controle (sem N).

Como esperado, as perdas com a utilização de nitrato de amônio como fonte de N, existem, mas são muito pequenas principalmente quando se utiliza a irrigação, e consequentemente seus prejuízos equivalentes, na produção de massa de forragem, são baixos. Quando se compara as perdas, com a utilização da uréia, elas são muito maiores, Primavesi et al. (2001) trabalhando com uréia em solos ácidos observaram que as perdas de $N-NH_3$ por volatilização em pastagens se situaram na faixa de 10 a 25% do N aplicado, durante a estação de crescimento.

Contudo, o custo da utilização do nitrato de amônio como fonte de N, é mais elevado do que o uso da uréia, porém, como comentado por Martha Jr et al. (2004), cabe ao produtor/técnico decidir se vale à pena pagar mais para minimizar os riscos de perda de amônia por volatilização. Embora a irrigação possa ser praticada considerando o manejo do fertilizante nitrogenado em associação à água disponível no solo, a irrigação em solos com níveis de água próximos à capacidade campo pode

determinar perdas elevadas de N por desnitrificação (Linn & Doran, 1984; Granli & Bockman, 1995).

Nessas condições, a irrigação poderia reduzir as perdas de N por volatilização de amônia, mas, em contrapartida, poderia potencializar as perdas do elemento por desnitrificação e, em especial no caso de solos arenosos e rasos, potencializaria, também, as perdas de N pela lixiviação de nitrato (Martha Jr et al., 2004). A utilização de outros fertilizantes nitrogenados, que não a uréia, parece ser, no curto-prazo, a alternativa mais viável tecnicamente (Martha Jr., 1999; Primavesi et al., 2001).

Conclusões

A aplicação de nitrato de amônio em pastagens de capim-Mombaça irrigado, acarreta perdas acumuladas de nitrogênio por volatilização, principalmente nos primeiros dias após a adubação, entretanto, a magnitude das perdas é pequena e dependente da quantidade aplicada e das condições climáticas observadas em cada estação estudada. As perdas acumuladas e relativas de N-NH₃ por volatilização foram maiores na estação do verão, ocorrendo maior perda acumulada nos tratamentos com maiores doses de nitrogênio e maior perda relativa na dose de 200 kg ha⁻¹ ano.

Literatura Citada

- ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; QUEIROZ, D.S. et al. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. Cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, edição especial, p.1643-1651, 2003.
- BERNARDI, A.C.C.; MOTA, E.P.; CARDOSO, R.D. et al. **Volatilização de amônia, produção de matéria seca e teores foliares de N do azevém adubado com fontes de nitrogênio**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. 3p. (Circular Técnica, 66).
- CANTARELLA, H.; CORRÊA, L. A.; PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R.; SILVA, A. G. Ammonia losses by volatilization from coastcross pasture fertilized with two nitrogen sources. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, Águas de São Pedro, SP. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry, 2001. p. 190-192.
- COLLIER, L.S.; CASTRO, D.V.; DIAS NETO, J.J. et al. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1100-1105, 2006.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: 1999.
- GRANLI, T.; BOCKMAN, O.C. Nitrous oxide (N₂O) emissions from soils in warm climates. **Fertilizer Research**, v.42, n.1-3, p.159-163, 1995.
- HARGROVE, W.L. Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Ed.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Muscle Shoals: Tennessee Valley Authority, 1988. p.17-36. (Bulletin, Y-206).
- LARA, W. A. R.; TRIVELIN, P. C.O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.345-352, 1990.
- LINN, D.M.; DORAN, J.W. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, n.6, p.1267-1272, 1984.
- MARSOLLA, T.; MYAZAWA, M. Determinação espectrofotométrica de amônia volatilizada do solo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., 1999, Temuco. **Anais...** Temuco: 1999. 374p.
- MARTHA JUNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O. et al. Perda de amônia por volatilização em pastagem de Capim-Tanzânia adubada com uréia no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.3, n.6, p.2240-2247, 2004.

- MARTHA JR., G.B. **Balanço de ^{15}N e perdas de amônia por volatilização em pastagem de capim-elefante.** 1999. 75f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- PRIMAVESI, A.C.; et al. Adubação nitrogenada em capim-Coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.1, p. 68-78, 2004.
- PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; PRIMAVESI A.C. et al. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiências e perdas.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Circular Técnica, 30).
- SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S. & TRIVELIN, P.C.O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.477-486, 2006.
- RAMBO, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. & SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1637-1645, 2004.