

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADES DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

NITROGÊNIO COM OU SEM CALCÁRIO SUPERFICIAL PARA
RECUPERAÇÃO DE CAPIM-MARANDU

Geraldo Balieiro Neto

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Março de 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADES DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

NITROGÊNIO COM OU SEM CALCÁRIO SUPERFICIAL PARA
RECUPERAÇÃO DE CAPIM-MARANDU

Geraldo Balieiro Neto

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis

Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Claudia Ruggieri

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia (Produção Animal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Março de 2007



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

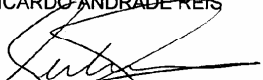


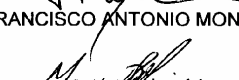
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: NITROGÊNIO COM OU SEM CALCÁRIO SUPERFICIAL PARA RECUPERAÇÃO DO CAMPIM-MARANDU

AUTOR: GERALDO BALIEIRO NETO
ORIENTADOR: Dr. RICARDO ANDRADE REIS
Co-Orientador(a): DRA. ANA CLÁUDIA RUGGIERI

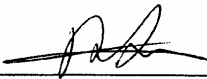
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em ZOOTECNIA pela Comissão Examinadora:


Dr. RICARDO ANDRADE REIS

Dr. VALDO RODRIGUES HERLING

Dr. FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO

Dr. MAURO DAL SECCO DE OLIVEIRA

Dr. CIRIACO COSTA

Data da realização: 12 de fevereiro de 2007.



Presidente da Comissão Examinadora
Dr. RICARDO ANDRADE REIS

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GERALDO BALIEIRO NETO – nascido em Ribeirão Preto, no Estado de São Paulo, em 03 de agosto de 1970. Graduado em Zootecnia pela Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba, Mestre em Nutrição Animal pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo – FMVZ/USP. Participou do Programa de Aperfeiçoamento de Ensino da Pró-reitoria da FZEA/USP na disciplina de Bioclimatologia. Lecionou a disciplina de Bioclimatologia na Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Franca – SP. Colaborou com a disciplina de Agrostologia - VCA 418, ministrada na FMVZ/USP. Ingressou no ano de 1998 na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, como pesquisador na área de Forragicultura e Nutrição Animal no Centro Tecnológico do Centro Oeste, Fazenda Experimental de Santa Rita, localizado no município de Prudente de Moraes em Minas Gerais. Coordenou projeto de pesquisa avaliando a economicidade da irrigação do Tifton-85 em sistema de produção de leite em pastagens. Lecionou as disciplinas de Solos e Fertilizantes e Educação Ambiental na Escola Técnica de Sete Lagoas - MG. É autor de capítulo de livro e vários artigos científicos. Doutor em Zootecnia (Produção Animal) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP. Atualmente atua como pesquisador científico na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, estando lotado no Pólo Regional Centro Leste em Ribeirão Preto, São Paulo.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal) e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do trabalho.

À FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo auxílio financeiro.

À APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) de Ribeirão Preto pelo apoio a condução do trabalho.

Ao Centro Avançado de Pesquisa de Gado de Corte do Instituto de Zootecnia, Sertãozinho, SP, por disponibilizar sua infraestrutura para a condução do experimento.

Ao Laboratório de Bromatologia do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa.

Ao Professor Ricardo Andrade Reis pela amizade, pela confiança, pela competência na orientação do trabalho, pela administração eficiente e despachada dos recursos, pelas soluções construtivas e valorização dos acertos.

À Professora Ana Claudia Ruggieri por abrir as portas do Instituto de Zootecnia, pela amizade, orientação e valiosas contribuições.

Ao Dr. José Ramos Nogueira, diretor do Pólo Regional Centro Leste da APTA, pelo apoio moral e logístico, incentivo e crédito.

SUMÁRIO

	Página
NITROGÊNIO COM OU SEM CALCÁRIO SUPERFICIAL PARA RECUPERAÇÃO DO CAPIM MARANDU	
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xii
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1. Introdução geral.....	1
1.2. Definição e avaliação de degradação de pastagens.....	4
1.3. A espécie <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu.....	7
1.4. Aplicação de calcário sem incorporação.....	9
1.5. Adubação nitrogenada.....	14
1.6. Adubação nitrogenada e valor nutritivo.....	19
1.7. Adubação nitrogenada e características estruturais.....	21
1.8. Avaliação de forragem sob pastejo.....	24
Referências.....	25
CAPÍTULO 2. NITROGÊNIO, COM OU SEM APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO: ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO	
Resumo.....	38
Summary.....	39
2.1. Introdução.....	40
2.2. Material e Métodos.....	42
2.2.1. Local.....	42
2.2.2. Características de clima solo e pastagem.....	42
2.2.3. Unidades experimentais e aplicação dos tratamentos.....	44
2.2.4. Avaliação dos atributos químicos do solo.....	45
2.2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	46
2.3. Resultados e Discussão.....	47
2.3.1. Análises de solo de 2003 <i>versus</i> 2004.....	47

2.3.2. Acidez potencial e pH.....	48
2.3.3. Matéria orgânica.....	52
2.3.4. Soma de bases trocáveis.....	53
2.3.5. Saturação por bases.....	55
2.3.6. Capacidade de troca de cátions.....	56
2.3.7. Teor de Ca trocável no solo.....	57
2.3.8. Teor de Mg no solo.....	58
2.3.9. Teor de K trocável no solo.....	60
2.3.10. Teor de P disponível no solo.....	62
2.3.11. Teor de S no solo.....	63
2.4. Conclusões.....	67
Referências.....	68

CAPÍTULO 3. NITROGÊNIO, COM OU SEM APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO: NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CAPIM-MARANDU

Resumo.....	72
Summary.....	73
3.1. Introdução.....	74
3.2. Material e Métodos.....	76
3.2.1. Local.....	76
3.2.2. Características de clima solo e pastagem.....	76
3.2.3. Unidades experimentais e aplicação dos tratamentos.....	79
3.2.4. Avaliação de macronutrientes nas lâminas foliares.....	80
3.2.5. Avaliação da massa de forragem.....	81
3.2.6. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	81
3.3. Resultados e Discussão.....	83
3.3.1. Concentração de Ca nas lâminas foliares.....	83
3.3.2. Concentração de Mg nas lâminas foliares.....	90
3.3.3. Concentração de K nas lâminas foliares.....	94
3.3.4. Concentração de P nas lâminas foliares e parte aérea da planta.....	101
3.3.5. Concentração de N nas lâminas foliares.....	107

3.3.6. Concentração de S nas lâminas foliares.....	113
3.3.7. Massa de forragem.....	117
3.3.8. Nível crítico.....	119
3.4. Conclusões.....	121
Referências.....	122

CAPÍTULO 4. NITROGÊNIO, COM OU SEM APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO: MASSA DE FORRAGEM, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE DO CAPIM-MARANDU

Resumo.....	129
Summary.....	130
4.1. Introdução.....	131
4.2. Material e Métodos.....	133
4.2.1. Local.....	133
4.2.2. Características de clima, solo e pastagem.....	133
4.2.3. Unidades experimentais e aplicação dos tratamentos.....	136
4.2.4. Avaliação da massa de forragem.....	137
4.2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	138
4.3. Resultados e Discussão.....	139
4.3.1. Massa de forragem.....	139
4.3.2. Taxa de lotação.....	142
4.3.3. Proteína bruta.....	143
4.3.4. Fibra em detergente neutro.....	146
4.3.5. Fibra em detergente ácido.....	148
4.3.6. Lignina.....	148
4.3.7. Hemicelulose.....	149
4.3.8. Celulose.....	150
4.3.9. Digestibilidade <i>in vitro</i>	154
4.4. Conclusões.....	158
Referências.....	159

CAPÍTULO 5. NITROGÊNIO, COM OU SEM APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO, NAS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E PRODUTIVAS DE CAPIM-MARANDU

Resumo.....	164
Summary.....	165
5.1. Introdução.....	166
5.2. Material e Métodos.....	168
5.2.1. Local.....	168
5.2.2. Características de clima solo e pastagem.....	168
5.2.3. Unidades experimentais e aplicação dos tratamentos.....	171
5.2.4. Avaliação da forragem.....	172
5.2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	173
5.3. Resultados e Discussão.....	174
5.3.1. Massa de forragem.....	174
5.3.2. Relação folha/colmo.....	177
5.3.3. Massa seca de folhas verdes.....	179
5.3.4. Índice de área foliar.....	181
5.3.5. Densidade populacional de perfilhos.....	184
5.3.6. Densidade total.....	189
5.3.7. Acúmulo de forragem e taxa de crescimento da cultura.....	192
5.3.8. Altura de entrada e saída.....	196
5.4. Conclusões.....	198
Referências.....	199

NITROGÊNIO COM OU SEM CALCÁRIO SUPERFICIAL PARA RECUPERAÇÃO DE CAPIM-MARANDU

RESUMO – A degradação de cerca de 60 milhões de hectares de pastagens no Brasil afeta diretamente o estado nutricional dos rebanhos, conduzindo os pecuaristas a abrirem novas áreas de floresta, resultando em grave impacto de ordem econômica e ambiental. A recuperação direta por meio da reposição dos nutrientes extraídos do solo ao longo dos anos representa menor risco ao produtor e reais possibilidades de adoção pela maior parte dos pecuaristas. Com este trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha/ano) com ou sem aplicação superficial de calcário nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférico, nutrição mineral da planta, composição química, digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), características estruturais e massa de forragem de capim-Marandu. Foi utilizado um delineamento em blocos ao acaso em arranjo fatorial 2 X 5 com quatro repetições no esquema de parcela subdividida com medidas repetidas no tempo. A aplicação de calcário aumentou o pH e reduziu a acidez potencial nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm, 20 meses após aplicação, aumentou os teores de Ca e Mg, incrementou SB e a CTC na camada de 0 a 5 cm e saturação por bases nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm. O nitrogênio provocou acidificação do solo nos tratamentos sem calcário. O calcário aumentou a concentração de Ca nas lâminas foliares 11 meses após sua aplicação. Houve efeito linear positivo do N no teor de K na camada de 0 a 5 cm do solo e efeito linear negativo no teor de S nas camadas de solo de 10 a 20 e 20 a 30 cm. Houve interação significativa entre calcário e N no teor de S no solo. O calcário reduziu a concentração de N nas lâminas foliares. Houve efeito linear positivo de dose de N sobre as concentrações de Ca, P, Mg e S nas lâminas foliares durante os meses do verão e efeito linear negativo sobre as mesmas durante os meses de inverno. Houve interação significativa entre N e calcário nas concentrações de Ca, P e K nas lâminas foliares. As concentrações de N e K nas lâminas foliares aumentaram linearmente com o aumento das doses

de N. Nos meses de janeiro e agosto houve efeito quadrático das doses de N sobre as concentrações de N na folha. O nível crítico de N esteve entre 17,8 a 27,2 g/kg de massa seca. O N reduziu o teor de FDN e hemicelulose, aumentou o teor de FDA, lignina, celulose e apresentou efeitos quadráticos na proteína bruta e digestibilidade *in vitro*. A máxima DIVMS ocorreu com doses de N de 228 kg/ha e com massa de forragem de 4640 kg/ha. Houve aumento da taxa de lotação, 2,03 vs 6,13 UA/ha em fevereiro de 2005 e 2,35 vs 9,85 UA/ha em fevereiro de 2006, para tratamentos sem e com 400 kg de N, respectivamente. Houve efeito quadrático de doses de N na relação folha/colmo. A dose de N de 209 kg/ha apresentou maior relação folha/colmo. Houve efeito quadrático do N sobre a massa seca de folhas verdes, densidade populacional de perfilhos (DPP) e densidade total (DT) e efeito linear positivo sobre o índice de área foliar. As doses de N que promoveram maior DPP e DT foram de 250 e 325 kg/ha, respectivamente. A aplicação de N foi eficiente em recuperar e intensificar a produção do pasto. A resposta ao uso de fertilizantes em pastos degradados aumenta durante o processo de recuperação. A aplicação superficial de calcário melhorou as condições do solo e não alterou a massa de forragem.

Palavras-chave: Características estruturais, Fertilidade do solo, Nutrição mineral, Valor nutritivo.

NITROGEN WITH OR WITHOUT SURFACE LIMING FOR RECOVERY OF PASTURE OF MARANDU-GRASS

SUMMARY – The degradation of 60 million hectares of pastures in Brazil directly affects the nutritional status of cattle herds, drives farmers to open new forest areas resulting in great economic and environmental impact. The recovery through the replacement of nutrients extracted from the soil along the years represents lower risk to farmers and real possibilities of adoption by the majority of farmers. It was aimed at to evaluate the effects of nitrogen doses (0, 100, 200, 300 and 400 kg/ha of N by year) with or without surface liming on the chemical attributes of a red Latosol (Oxisol), plant mineral nutrition, chemical composition, “in vitro” digestibility, structural characteristic and herbage mass of Marandu-grass. The analysis of variance was performed based on a complete randomized block at factorial arrangement 2 X 5 with four replications design in a split-split-plot scheme with repeated measures over time. The lime increased the pH and reduced the acidity potential in the layers from 0 to 5 and 5 to 10 cm, increased the content of Ca, Mg, base sum and cation exchange capacity in the layer from 0 to 5 cm and base saturation in the layers from 0 to 5 and 5 to 10 cm. There was positive linear effect of N on the content of K in the layer from 0 to 5 cm of the soil and negative linear effect on the content of S in the soil layers from 10 to 20 and 20 to 30 cm of depth. There was positive linear effect of dose of N on the content of Ca, P, Mg and S during the summer months and negative linear effect on the same characteristics during the winter months. The content of N and K increased linearly to the increase of the doses of N in all of months. In the months January and August there was quadratic effect of N doses on the leaf N content. There was interaction effect between doses of N and lime on the content of Mg and K in the leaf. The critical level of N were among 17,8 to 24,7 g/kg of dry matter. The doses of N caused the reduction of NDF, increase ADF, lignin and cellulose and hemicellulose reduction and they presented quadratic effect on “in vitro” digestibility content. The maximum IVDMD occurred with doses of 228 kg/ha of N and with

forage mass of 4640 kg/ha. There was increase of the support capacity, 2,03 vs 6,13 UA/ha in February of 2005 and 2,35 vs 9,85 UA/ha in February of 2006, for traits without and with 400 kg of N, respectively. There was quadratic effect of N doses on the leaf/stem ratio. The 200 kg/ha of N dose presented leaf/stem ratio. There was quadratic effect on MSFV and positive linear effect on LAI. There was quadratic effect of N doses on total density and tillers density. According to the regression equations the N doses that promoted larger total density and tillers density were 250 and 325 kg/ha, respectively. The N application was efficient in to recover and to intensify the production of the pasture allowing larger number of animals for area. The surface liming in the end of the summer period did not commit the efficiency of fertilizer use on the forage mass and improved the soil conditions.

Key-words: Mineral nutrition, Nutritional value, Soil fertility, Structural characteristic.

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Introdução geral

Com a globalização da economia, as pecuárias de corte e leite têm sido forçadas a ajustes para manter sua competitividade no mercado. Os preços pagos aos produtores têm sido reduzidos nos anos recentes e a margem de lucro por unidade produzida tem diminuído sinalizando um futuro em que a escala e a eficiência serão fundamentais para se obter retornos financeiros compensadores. A solução para o setor produtivo primário está na redução de custos, com elevações da produtividade e da escala de produção. No Brasil, o menor custo de produção de carne e leite quando comparado a outros países, deve-se, principalmente, ao fato de serem produzidos basicamente em pastagens, tornando o país altamente competitivo no mercado internacional.

Em regiões onde o valor da terra é alto e o número de produtores em pequenas áreas é grande, ocorrem grandes limitações para o aumento da escala de produção, havendo necessidade de aumentar a eficiência do sistema produtivo. Em outras regiões a baixa produtividade leva os pecuaristas a abrirem novas áreas de floresta, com grave impacto de ordem econômica e ambiental.

As gramíneas de origem africana, introduzidas no Brasil, foram muito importantes no desenvolvimento da pecuária nacional, por possibilitarem elevação da capacidade de suporte, do ganho por animal e, conseqüentemente, na produtividade dos rebanhos. Entretanto, ao longo dos anos, a exploração inadequada resultou em esgotamento da fertilidade natural do solo e ao insucesso no estabelecimento, utilização e persistência da grande maioria das plantas forrageiras utilizadas nas pastagens, com conseqüente redução de produtividade.

Pastos estabelecidos com a espécie *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu são representativos no Brasil. Seu potencial de produção permite, em sistemas de médio nível tecnológico, onde o pasto constitui

o principal componente da dieta dos animais, a utilização de cinco ou mais unidades animais por ha (CANTARUTTI *et al.*, 1999).

No entanto, a degradação dos pastos vem reduzindo a produtividade e qualidade das plantas forrageiras, afetando diretamente o estado nutricional dos rebanhos. Esta situação, somente na região do Cerrado, resulta em prejuízos anuais de cerca de 1 bilhão de dólares, em virtude da falta de alimentação e perda de peso na entressafra (YOKOYAMA *et al.*, 1995). A produção animal em uma pastagem degradada chega a ser seis vezes inferior ao de uma pastagem recuperada (ZIMMER *et al.*, 2001), comprometendo a eficiência do sistema e escala de produção. A área de Cerrado no Brasil Central, responsável por 60% da produção de carne e 12% da produção de leite e, onde se encontra abrigado 1/3 do rebanho bovino, cerca de 80% dos 50 milhões de hectares de pastagens apresentam algum grau de degradação, resultando em perdas consideráveis em termos econômicos e ambientais (KICHEL *et al.*, 2000).

SOARES FILHO (1993) mencionou que as pastagens estabelecidas no Brasil Central com capim-Marandu, com mais de quatro anos de utilização, tem perdido sua capacidade produtiva com sinais típicos de degradação.

Apesar do constante aumento da área cultivada, a pressão de pastejo exercida nessas pastagens foi aumentando gradativamente com o tempo, pela redução da entrada de energia no sistema e por grandes saídas, reduzindo a produção de massa seca disponível, contudo, sem haver diminuição da lotação animal ao longo do ano, o que resultou na não sustentabilidade do ecossistema (CORRÊA, 1995).

Além disso, a evolução do rebanho bovino nacional nos recentes 25 anos não teve crescimento proporcional em áreas de pastagens, provocando aumento na pressão de pastejo, com maior número de animais por área (KONDO, 2001). Entre o final de 1996 e o final de 2001 o movimento de retenção de matrizes levou o rebanho bovino brasileiro a crescer aproximadamente em 11,5 milhões de cabeças (NEHMI FILHO, 2002).

Entre as causas que têm levado as pastagens cultivadas à degradação, o esgotamento da fertilidade do solo é a mais comum (PAULINO, 1990). Mais de 90% dos solos das pastagens no Brasil apresentam-se deficientes em fósforo, cálcio, magnésio, zinco e cobre e, freqüentemente, com problemas de toxicidade de alumínio e manganês (MEIRELLES, 1993).

A correção da acidez e reposição de nutrientes extraídos do solo é indispensável para melhor nutrir a planta e intensificar a produção de forragem. Por outro lado, em pastagens estabelecidas e bem formadas, na maioria das vezes, não é recomendável revolver o solo e a calagem superficial sem incorporação retardada ou impede a reação do corretivo nas camadas mais profundas do solo.

Diante da evidência do problema, técnicas vêm sendo estudadas para a recuperação de pastagens. Entre elas, destacam-se os métodos de recuperação direta utilizando-se corretivos de acidez, adubos e manejo do solo (ZIMMER *et al.*, 1994), recuperação indireta utilizando-se rotação com cultivos anuais de média (SEGUY *et al.*, 1994) e curta duração (ZIMMER *et al.*, 1994) e recuperação consorciando-se leguminosas com gramíneas (BARCELLOS *et al.*, 1984; SABRINA *et al.*, 1990; MOREIRA, 2000).

A recuperação de pastagens por meio da adubação é a que representa menor risco ao produtor e reais possibilidades de adoção pela maior parte dos pecuaristas. A adubação nitrogenada, além de integrar a recuperação direta, tem se mostrado uma técnica promissora para aumentar a produção de forragem. Esse procedimento vem sendo aconselhado em casos de falta ou de pouca infraestrutura de máquinas, implementos, estradas e armazenagem, menor disponibilidade de recursos financeiros e necessidade de continuidade na utilização da pastagem.

Os resultados de pesquisa sobre a recuperação direta são divergentes. As variações parecem estar associadas às interações entre textura e composição do solo, reações químicas com influência na lixiviação do cálcio, hábito de crescimento da espécie forrageira com influência do insumo sobre efeitos no perfil

do solo, emprego de corretivos mais ou menos reativos e ao uso associado do calcário com fertilizantes. Assim, embora o apanhado geral de informações em revisão de literatura possibilite descartar algumas alternativas para determinadas circunstâncias, este trabalho pretende contribuir para que a tomada de decisão conte com maior respaldo científico.

Com este trabalho, objetivo-se avaliar o efeito de doses de nitrogênio com ou sem aplicação superficial de calcário sobre os atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférico, nutrição da planta, produção, valor nutritivo e características estruturais da forragem de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu.

1.2. Definição e avaliação de degradação de pastagens

Por definição, considera-se que uma pastagem está degradada quando sofreu diminuição considerável na sua produtividade potencial, para as condições edafoclimáticas e bióticas a que está submetida (SPAIN & GUALDRON, 1991), ocasionada por processo evolutivo de perda de vigor e da capacidade de recuperação natural, tornando-a incapaz de manter determinado número de animais por um certo período de tempo e de superar efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras (MEIRELLES, 1993; MACEDO, 1995). Assim, pastos bem formados podem ser considerados degradados quando a produção de massa for baixa e não houver possibilidade de recuperação natural devido ao esgotamento da fertilidade do solo, necessitando de intervenção humana para reverter o quadro.

MULLER et al. (2001) consideraram a degradação de pastagem como decréscimo da produção de forragem, as quais nunca receberam adubos ou corretivos. NASCIMENTO JUNIOR et al. (1994) mencionaram que “quando pastagens bem formadas que se apresentaram produtivas no primeiro ano e após o estabelecimento passam a perder sua produtividade, mesmo em épocas

favoráveis, tem-se os primeiros sinais do processo que se convencionou chamar de “degradação de pastagens”.

Dessa maneira, a mudança na composição botânica e diferentes graus de erosão do solo, incluem fases da degradação. No entanto, quando são mencionados 60 milhões de hectares de pastagens degradadas são consideradas pastagens com diferentes graus de degradação, que em comum, suportam taxas de lotação cada vez menores que suas próprias produções em anos anteriores, reduzindo a produção animal. A degradação de pastagens refere-se a um processo e não há uma pastagem com planta e solo completamente depauperados. Inserir as pastagens com produtividade reduzida no status de degradadas implica em permitir o diagnóstico precoce de uma situação desfavorável, em tempo de corrigir as causas da degradação e não suas consequências.

Os critérios para avaliar a degradação não devem ser subjetivos. Deve ser considerada a produção de massa de forragem e análises de solo e da planta. Esse diagnóstico permite identificar os problemas e nortear a tomada de decisão. HAAG & DECHEN (1993) citaram níveis críticos de P no solo para o capim-Marandu de 10 mg/dm³.

Quando a situação de degradação for muito grave talvez seja mais conveniente renovar a pastagem, quando os procedimentos são próximos a formação. SOUZA & PEDREIRA (2004) sugeriram a renovação e não recuperação em pastagens com produção abaixo de 5 t/ha de MS por ano. A caracterização da produção de acordo com o potencial de cada espécie é importante. Em muitas situações, quando o manejo não permitir que o gado colha a forragem cada vez mais próxima ao solo, evitando o desaparecimento da espécie principal, e a fertilidade natural do solo atender as exigências de sobrevivência da planta forrageira, pode ser que não ocorra invasão de espécies ou solo descoberto. Assim, se estes fatores forem os únicos critérios, a pastagem jamais seria considerada degradada. No entanto, se uma pastagem que antes suportava 5 UA/ha, não suportar mais que 2 UA/ha, houve degradação.

A recuperação de pastagens busca o incremento de produção e cobertura vegetal em áreas degradadas, de acordo com um plano previamente estabelecido para o uso do solo, implicando em uma condição estável obtida em conformidade com os valores econômicos e ambientais (KOBAYAMA *et al.*, 2001). Segundo RODRIGUES & REIS (1994), entende-se por recuperação, o restabelecimento da capacidade produtiva da pastagem formada com a mesma espécie, promovendo ou não a semeadura, conforme a densidade da planta forrageira na área. A recuperação evita que a implantação de projetos agropecuários envolva a abertura de novas áreas pela remoção de florestas e contribui com a conservação do solo e sustentabilidade da atividade pecuária.

Para a tomada de decisão de qual método de recuperação adotar, é de fundamental importância avaliar a situação global da área e de suas partes e verificar se existe viabilidade em recuperá-la, para então definir o procedimento mais adequado. O estabelecimento de critérios acurados para avaliar estados de degradação de pastagens cultivadas é uma tarefa difícil, tendo em vista a diversidade das espécies com relação às suas características morfofisiológicas e dos ecossistemas em que são cultivadas. É indispensável que ocorra na pastagem uma população de plantas forrageiras adequada, ou seja, o número de plantas ou touceiras e sua distribuição devem possibilitar a disseminação da planta forrageira pela área. Caso contrário haverá necessidade de se refazer totalmente a pastagem, quando então, os procedimentos serão aproximadamente os mesmos adotados para formação de novas pastagens (EMBRAPA, 1993).

Mudanças na composição botânica da área, invasão de novas espécies, desaparecimento da espécie principal e diminuição da densidade de invasoras menos palatáveis (por meio do consumo pelos animais) provocando áreas de solo descoberto, constituem as principais fases de degradação de uma pastagem, e uma vez atingida a última fase, o restabelecimento da sua capacidade produtiva torna-se bastante oneroso (STODDART *et al.*, 1975). Assim, quando as plantas indesejáveis ocorrem na forma de maciços, após a eliminação destas, talvez seja

necessária a renovação da área, e deve-se avaliar se é economicamente viável a recuperação (PEREIRA & ANDRADE, 1993).

Na avaliação do estado de degradação, visando a tomada de decisão sobre os procedimentos para a recuperação, devem constar informações sobre clima, classe de solo, topografia, atributos químicos e físicos do solo, composição botânica, hábito de crescimento da planta, produção vegetal, estado nutricional e níveis de exigência da espécie, ocorrência de pragas e doenças, manejo animal vigente, produção animal, perfil dos custos de produção, recursos disponíveis, sistema de produção adotado e necessidade de utilização da área (NASCIMENTO JUNIOR et al., 1991; ZIMMER *et al.*, 2001). MEIRELLES (1993) discutiu com maiores detalhes os critérios de avaliação da degradação de pastagens.

De acordo com STODDART et al. (1975), o estado de degradação da pastagem tem como referência uma escala de 1 a 5. Nesta escala as pastagens recebem a seguinte classificação: 1 - Distúrbio fisiológico da espécie principal; 2 - Mudanças na composição botânica da área; 3 - Invasão de novas espécies; 4 - Desaparecimento da espécie principal; 5 - Diminuição da densidade de invasoras menos palatáveis por meio do seu consumo pelos animais, provocando áreas de solo descoberto.

1.3. A espécie *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu.

O gênero *Brachiaria*, pertence à tribo Paniceae, possui aproximadamente cem espécies que ocorrem em regiões tropicais e subtropicais dos continentes americano, asiático, na Oceania e, especialmente no continente africano. Alguns autores questionam a validade do nome *Brachiaria*, e classificam-no dentro do gênero *Urochloa*, ou ainda, dentro do gênero *Panicum* (RENVOIZE et al., 1996). Mais recentemente, análises moleculares ITS ("internal transcribed space") de DNA ribossomal e de características morfológicas reforçam a sugestão de que

diversas espécies de *Brachiaria* devam ser classificadas como *Urochloa* (TORRES GONZÁLES & MORTON, 2005).

As gramíneas do gênero *Brachiaria*, conhecidas como plantas forrageiras no Brasil desde a década de 1950, são recomendadas para diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo e de outros estados com clima tropical úmido (ALCÂNTARA, 1985). O capim-Marandu foi introduzido da Zimbabwe Grassland Research Station, região vulcânica do continente africano com bons níveis de fertilidade de solo (BOGDAN, 1977). Em comparação às gramíneas do gênero *Brachiaria*, o capim-Marandu é mais exigente, apresenta bom valor nutritivo, menor estacionalidade da produção, melhor relação folha/caule e resistência à cigarrinha das pastagens, sendo uma cultivar recomendada como alternativa para solos de média a alta fertilidade (ALCÂNTARA, 1985; ALMEIDA, 1999).

O capim-Marandu é uma gramínea perene, cespitosa, com colmos iniciais prostrados, mas que possuem perfilhos predominantemente eretos. Os colmos são floríferos e eretos, frequentemente com perfilhamento nos nós superiores, presença de pelos na porção apical dos entrenós, bainhas pilosas e lâminas largas e longas, com pubescência apenas na face inferior (NUNES *et al.*, 1985).

A espécie apresenta elevado potencial de produção de massa seca. COUTINHO (1999) observou produção por corte de 2.274 kg/ha de massa seca com adubação nitrogenada de 200 kg/ha/ano. Os resultados de produção de massa variam muito, devido às condições de solo e clima. GHISI & PEDREIRA (1986) encontraram produções de massa seca de 1 a 36 t/ha/ano.

NUNES (1980) observou variação na disponibilidade de forragem entre o início e o final do período seco, de 3.200 a 1.400 kg/ha de massa seca, proporcionando ganho de peso de 66 g/dia com a taxa de lotação de 1,4 UA/ha.

THIAGO *et al.* (2000) encontraram ganhos de peso de 409 e 623 g/animal/dia em pastejo rotacionado, com taxas de lotação de 2,0 e 5,0 UA/ha, na época da seca e águas, respectivamente. EUCLIDES (2001) observou ganhos de peso para bezerros da raça Nelore e mestiço desmamados de 580 e 620 g/dia,

respectivamente, mantidos em pastagens de capim-Marandu e suplementados com concentrado.

1.4. Aplicação de calcário sem incorporação

A calagem contribui para o desenvolvimento do sistema radicular, fazendo com que as plantas se tornem mais eficientes na absorção de nutrientes em solos de baixa fertilidade, sendo este o principal fator de adaptação, especialmente em gramíneas tropicais (FISHER *et al.*, 1994). Segundo RAIJ (1991), a aplicação antecipada do produto e a sua incorporação através da aração e gradagem é necessária devido aos calcários, mesmo os muito finos, serem pouco solúveis em água.

O solo compactado e com baixa população de plantas faz com que alguns pecuaristas utilizem a operação mecânica com grade para a recuperação, porém, segundo MELLA (1991), os resultados desta prática só serão satisfatórios quando associado com a correção da acidez e adubação do solo.

BARCELLOS *et al.* (1984) demonstraram vantagens no emprego de implementos pesados, como a grade aradora ou o subsolador, por promover aeração do solo e maior mineralização da matéria orgânica e corrobora com o trabalho de LUZ *et al.* (2000), quando a prática de incorporação com grade se mostrou efetiva em aumentar a produção de massa seca, quando comparada com a aplicação superficial do corretivo (2.046,3 kg/ha *versus* 1.926,8 kg/ha).

Algumas das causas das divergências quanto à resposta da calagem com ou sem incorporação decorrem de alterações de características de solo e da espécie vegetal implantada. Gramíneas com hábito de crescimento prostrado, com a emissão de estolões e/ou rizomas, favorecem melhores resultados com a incorporação do calcário, quando comparadas a gramíneas com hábito de crescimento ereto (VITTI & LUZ, 1997). LUZ *et al.* (2000), argumentaram que no caso de uma espécie de crescimento rizomatoso e/ou estolonífero, em solo

arenoso, usando-se grade aradora (14" discos de 24"), conduzirá à maior mobilização mecânica do solo e, portanto, melhor incorporação do insumo, porém certamente provocará danos à planta forrageira, mas que uma incorporação leve (grade de 16 discos de 16") em um solo argiloso, provavelmente não será prejudicial ao desenvolvimento da planta.

Os resultados do trabalho de RUGGIERI *et al.* (1994), avaliando o efeito de práticas de manejo sobre a recuperação de uma pastagem degradada de capim-colônião, são divergentes aos de LUZ *et al.* (2000). RUGGIERI *et al.* (1994) encontraram maiores produções de massa seca nos tratamentos com corretivo, gradagem e fertilizante (NPK) e tratamentos com corretivo e fertilizante (NPK), comparados aos tratamentos com gradagem; gradagem mais aplicação de fósforo; gradagem mais calcário e aplicação de fósforo; gradagem mais aplicação de nitrogênio e somente nitrogênio, não havendo diferença significativa entre os dois tratamentos com produção de massa superior e, portanto, não havendo efeito da gradagem. Este trabalho demonstrou ainda que o efeito da adubação nitrogenada prevalece aos outros e que não aplicar P e K prejudica a resposta da adubação nitrogenada.

Os resultados de SOARES FILHO (1991), em estudo de estratégias de recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf, também são divergentes aos resultados de LUZ *et al.* (2000), pois relataram resultado desfavorável ao uso de gradagem, comparado ao fornecimento de macro e micronutrientes, na produção de massa seca acumulada no primeiro ano, porém semelhante à testemunha no segundo ano.

SABRINA *et al.* (1990) observaram que uma pastagem de *Brachiaria* degradada recebendo calcário e adubação de correção produziu aumento médio de 105 e 44% na produção de forragem comparado ao uso de uma gradagem e testemunha, respectivamente. O tratamento que recebeu apenas gradagem não se diferenciou da testemunha, e a aração reduziu a produção de massa seca, provavelmente devido à maior destruição do estande de plantas da pastagem. Do mesmo modo CARVALHO *et al.* (1992), comparando técnicas para recuperação

de pasto de *Brachiaria* em solos da região dos Cerrados, não encontraram respostas satisfatórias com procedimentos mecânicos, e observaram melhores resultados com a aplicação de fertilizantes em cobertura.

A incorporação de calcário em sistema de pastagens cultivadas em solos ácidos é problemática (ALVAREZ *et al.*, 1999). Segundo WERNER (1986), a gradagem, por si só, prejudica o estande da planta forrageira e tem efeito depressivo na produção de massa seca da parte aérea e para as raízes das plantas. ZIMMER (1988), assim como RUGGIERI *et al.* (1994), demonstraram que a aplicação de fertilizantes teve efeito mais acentuado do que a gradagem na recuperação de pastagens, e que o tratamento submetido à gradagem reduziu a população de plantas de *Brachiaria*, sendo que a adubação não foi suficiente para compensar este efeito.

SOARES FILHO *et al.* (1992) observaram que a recuperação de pastos de braquiária na região de Marília, SP, utilizando macro e micronutrientes, foi superior aos tratamentos com gradagem mais adubação com macro e micronutrientes sem nitrogênio ou gradagem sem adubação. Este trabalho também demonstrou efeito predominante da adubação nitrogenada à gradagem, bem como da interação do N com outros nutrientes na produção do capim. Conclusões similares, em relação ao efeito predominante do N, foram obtidas ainda por ARRUDA *et al.* (1987) ao testarem a efetividade de tratamentos físicos-mecânicos e de aplicação de fertilizantes na recuperação de pastagens de braquiária. Neste último, foi constatado que os tratamentos mecânicos de aração, gradagem, subsolagem, queima e cultivador não afetaram significativamente a recuperação da braquiária em solo de tabuleiro no Sul da Bahia.

Tendo em vista que em pastagens bem formadas não há recomendação para incorporação do corretivo devido a redução do estande de plantas, deve-se considerar que doses excessivas de calcário aplicado em superfície, visando correções em camadas subsuperficiais, acarretam alguns efeitos prejudiciais como a redução da disponibilidade de certos micronutrientes (RAIJ *et al.*, 1991) e, torna o pH da camada superficial elevado, aumentando as possibilidades de que

parte do nitrogênio aplicado, seja perdido por volatilização, reduzindo a eficiência e a economicidade da adubação nitrogenada (SOARES FILHO, 1999).

De acordo com PREMAZZI (1991), a saturação por bases que possibilita maior produção de massa seca do capim-Marandu é de 43%. No entanto de acordo com WERNER (1986) a espécie apresenta exigência de 60 e 50 % de saturação por bases para a formação e manutenção da pastagem, respectivamente (grupo II). Conforme colocações inerentes à eficiência de utilização do N, é mais prudente, a aplicação a lanço em superfície no final do período das águas, época em que ainda existe umidade disponível permitindo tempo suficiente para que o corretivo complete sua reação com o solo, tornando possível a aplicação de nitrogênio no início da estação das águas, sem que ocorram perdas elevadas (SOARES FILHO, 1999).

SOARES FILHO (1999) recomendou que o calcário a ser aplicado superficialmente sem incorporação deverá ser de granulometria mais fina possível, característica que confere alta reatividade (PRNT) ao corretivo, a fim de que seu efeito possa ser rápido e efetivo. QUAGGIO (1985) citou que a utilização de corretivos mais ou menos reativos implica em diferente predisposição de resposta da planta. No entanto, LUZ *et al.* (2000), comparando calcário calcinado com PRNT = 132% e calcário com PRNT = 90%, não encontraram diferenças significativas entre os corretivos na produção de massa seca do capim-Tobiatã.

A divergência pode ocorrer devido a texturas dos solos onde foram conduzidos os trabalhos. QUAGGIO *et al.* (1993) observaram que em doses excessivas o calcário incorporado na camada superficial proporcionou pequena melhoria nas condições das camadas do subsolo. PAVAN *et al.* (1984) observaram, em trabalhos conduzidos em colunas de PVC, que o CaCO_3 p.a. incorporado a 2 cm de profundidade neutralizou completamente o Al trocável até os 5 cm de profundidade, e parcialmente até os 30 cm.

De acordo com RITCHEY *et al.* (1980), a movimentação do cálcio pelo perfil é em parte explicada pela natureza do ânion acompanhante, o qual deve estar presente para manter a eletroneutralidade das cargas. Os ânions acompanhantes

podem ser oriundos das adubações em cobertura de cloreto de potássio, uréia e sulfatos, ou ainda de origem orgânica (MEDA *et al.*, 2002), sendo o processo denominado mobilização químico-orgânica. Os pares de íons formados com Ca e ânions acompanhantes movimentam-se relativamente rápido por fluxo de massa, para camadas subsuperficiais, onde ocorrem relações de troca do Al adsorvido aos colóides do solo, pelo Ca lixiviado para estas camadas.

Na ausência de ânions acompanhantes a lixiviação do cálcio normalmente não acontece, ficando a maior parte do cálcio adsorvido no complexo de troca, principalmente em solos argilosos com maior capacidade de troca de cátions quando comparado a solos arenosos. GONZALEZ-ERICO *et al.* (1979) não observaram alteração na saturação por Al na camada de 15 a 30 cm com incorporação do corretivo na camada de 0 a 15 cm. ARAÚJO *et al.* (2002) observaram, através de experimentos em colunas de PVC, que extratos hidrossolúveis de capim-braquiária e milho não tiveram influência na movimentação do calcário no solo, sendo os efeitos do corretivo observados apenas onde houve contato direto do corretivo com o solo numa camada de incorporação de 0 a 5 cm. MEDA *et al.* (2002), através de experimento conduzido em colunas de PVC sobre a mobilidade do CaCO_3 p.a. com extratos hidrossolúveis de tecido vegetal de plantas daninhas, observaram que a mistura de calcário e o extrato aumentaram o pH e diminuíram o Al até a profundidade de 20 cm, enquanto que no tratamento sem incorporação a reação do calcário se restringiu à camada de 5 a 10 cm.

Essas reações demonstram a influência da composição e textura do solo e efeito do uso associado do corretivo e adubo nos resultados da incorporação ou não do calcário. Solos arenosos permitem maior lixiviação e possuem menor poder tampão e, portanto, favorecem o efeito do corretivo nas camadas subsuperficiais do perfil, quando comparado com a movimentação dos elementos em solos argilosos. Já solos argilosos apresentam maior resistência a alterações de pH e maior adsorção de cátions, sendo menos provável a lixiviação do Ca aplicado superficialmente.

As aparentes divergências na literatura podem ser explicadas devido a influência de características físicas e químicas do solo, efeitos associados de corretivos com fertilizantes e/ou material orgânico, hábito de crescimento da planta, níveis de exigência da planta, nível de degradação, compactação do solo, tipo de implemento utilizado, profundidade efetiva da operação e interação entre estes fatores. Deve-se considerar ainda que o revolvimento do solo e a incorporação ou não do corretivo podem ocasionar efeitos em longo prazo não demonstrados em trabalhos conduzidos durante um ou dois anos apenas, enquanto que o efeito da aplicação do adubo nitrogenado se mostra rapidamente.

1.5. Adubação nitrogenada

A fonte natural de N do solo é a matéria orgânica. A mineralização da matéria orgânica, pela ação de microrganismos, é uma forma lenta e contínua de disponibilizar o nutriente para a planta. Em pastagens, como não há tratamento físico-mecânico no solo, ocorre redução na aeração e na atividade de microrganismos, reduzindo a mineralização da matéria orgânica. Ao longo dos anos esta situação contribui para menor disponibilidade de N para desenvolvimento das plantas (SOARES FILHO, 1991).

O N apresenta alta mobilidade no solo, sendo transportado até a raiz predominantemente pelo mecanismo de fluxo de massa. A taxa de transpiração da planta é o fator preponderante para absorção do nutriente (NOVAIS & SMITH, 1999). Seu ciclo é extremamente susceptível a mudanças, quando comparado aos outros nutrientes, podendo haver perdas gasosas (N_2 , N_2O , NH_3) e por lixiviação de NO_3^- para fora do sistema (MARSCHNER, 1995).

O crescimento e a persistência de gramíneas nos trópicos são freqüentemente limitados pela deficiência de N no solo, sendo esta apontada como uma das principais causas da degradação das pastagens (SABRINA *et al.*, 1990; MYERS & ROBBINS, 1991). SANZONOWICZ (1986) relatou que o principal

nutriente que limitava a produtividade de *Brachiaria ruziziensis* e *Brachiaria decumbens* era o nitrogênio.

Assim, a adubação nitrogenada integra a recuperação direta e se mostra promissora em aumentar a produção da forragem. Este nutriente é considerado um dos elementos minerais de fundamental importância para as plantas, sendo constituinte essencial das proteínas, além de participar ativamente no processo fotossintético, fazendo parte da clorofila (ALMEIDA, 1999).

A quantidade recomendada de N varia de acordo com o nível de exploração da área. As maiores doses são indicadas para sistemas intensivos de alto nível tecnológico, onde são utilizadas pastagens divididas por piquetes manejados em lotação rotacionada, recebendo insumos (fertilizantes, calcário e água) e possibilitando aumento na taxa de lotação. As menores doses são indicadas para sistemas de baixo nível tecnológico, caracterizados por manejo com taxas de lotação menores que 1 UA/ha/ano e doses intermediárias para sistemas de médio nível tecnológico com intensidade de pastejo e taxas de lotação intermediárias.

As doses de N recomendadas por WERNER (1986) para o capim-Marandu são 100 kg/ha/ano nas explorações intensivas, 50 a 100 kg/ha/ano nas explorações de médio nível tecnológico e 30 a 50 kg/ha/ano, como adubação de restituição para evitar a degradação da pastagem. SOARES FILHO *et al.* (1992) sugeriram que a adubação com 50 kg/ha/ano em pastagens de utilização de médio nível tecnológico chega a elevar sensivelmente a produção de massa seca e contribui para evitar a degradação da mesma. Num experimento realizado no Centro Nacional de Pesquisa do Cerrado, foram verificados aumentos significativos na produção de massa seca de capins do gênero *Brachiaria* com aplicações de N de 40 kg/ha/ano (EMBRAPA, 1981).

Por outro lado, de acordo com CANTARUTTI *et al.* (1999), aplicações inferiores a 50 kg/ha de N são inócuas com frequência, sendo que quando apenas doses de N entre 50 a 80 kg/ha/ano forem sugeridas para sistemas extensivos, pode vir a ser mais conveniente à alternativa de consorciação de leguminosa

forrageira com a gramínea. Os mesmos autores recomendam doses de N entre 100 e 150 kg/ha/ano, aplicadas em parcelas de 50 kg/ha para sistemas com média intensidade de exploração, 200 kg/ha/ano para sistemas de alto nível tecnológico e 300 kg/ha/ano para sistemas rotacionados de alto nível tecnológico sob irrigação, parcelada em seis vezes.

Diversos trabalhos buscaram a definição da dose de N que promova a maior produção de massa seca. Em trabalho conduzido no CIAT (Colômbia), em que se avaliaram doses de N, foi observada no primeiro ano, resposta linear positiva da *Brachiaria decumbens* às aplicações de N até 400 kg/ha na forma de uréia. A partir do segundo ano, entretanto, a maior produção esteve limitada a 200 kg/ha de N (CIAT, 1980). TOLEDO & MORALES (1982), avaliando as doses de N 0, 200 e 400 kg/ha, verificaram que a *Brachiaria decumbens* respondeu positivamente até a dose de 200 kg/ha. A diferença entre os resultados provavelmente deve-se às condições de clima, período de descanso e propriedades físico-químicas do solo, visto que quando são utilizadas altas doses, a resposta ao N sofre interações com outros nutrientes (PEREIRA, 1987).

Na maioria das vezes a adubação nitrogenada aumenta linearmente a concentração de N na planta. CARVALHO *et al.* (1991) verificaram que a concentração de N na parte aérea da *Brachiaria decumbens* aumentou linearmente com aplicação desse nutriente até a dose de 400 kg/ha. As concentrações de N variaram de 17 a 21 g/kg e, quando não houve aplicação de N, as concentrações variaram de 8 a 14 g/kg. SHIAVUZZO *et al.* (2000), analisando as duas folhas mais novas completamente expandidas, encontraram nível crítico de N nas lâminas foliares de 19 g/kg de massa seca.

CARVALHO *et al.* (1992), avaliando a resposta da *Brachiaria decumbens* à calagem (0 e 4 t/ha de calcário dolomítico) na presença das doses 0, 100, 200 e 400 kg/ha por ano de N, na forma de uréia, observaram resposta mais evidente do N na dose de 4 t/ha de calcário, provavelmente devido à decomposição da matéria orgânica pela ação do corretivo e pela maior disponibilidade de nutrientes como N, P e K.

MARSCHNER (1995) relatou que a planta absorve a maior parte do N disponível no solo preferencialmente na forma de nitrato (NO_3^-). No entanto, em solos ácidos, plantas adaptadas podem absorver preferencialmente amônio (NH_4^+), e secundariamente absorver NO_3^- , maximizando o uso da forma em que o N se encontra no solo. TISDALE *et al.* (1985) observaram que a absorção na forma amoniacal pode estimular a absorção de P e S, devido à formação de pares de íons. Nestas situações o íon acompanhante (NH_4^+) influencia a absorção do seu par (H_2PO_4^- , S-SO_4^-). O N na forma amoniacal pode reduzir a absorção de Ca, Mg e K, devido ao efeito de inibição competitiva. FRIED *et al.* (1965), trabalhando com duas fontes de N, verificaram que raízes destacadas de arroz absorviam maiores quantidades do íon amônio e que o cálcio presente na solução nutritiva tendeu a inibir essa absorção.

Dessa forma, a velocidade de absorção de um nutriente pode ser aumentada ou reduzida pela presença do outro. LIRA *et al.* (1994), estudando doses de N (0, 20, 40 e 60 kg/ha após cada corte), demonstraram interação positiva entre N e P (0, 60 e 120 kg/ha de P_2O_5 a cada três cortes) na adubação de *Brachiaria decumbens*, o aumento da dose de N aumentou a concentração de P nas lâminas foliares. No trabalho de MATTOS (2001), com *Brachiaria decumbens* em casa de vegetação, utilizando-se doses de N (0; 50; 100; 150 e 200 mg/dm³) e S (0, 30 e 60 mg/dm³), observou-se que quanto maior a dose de N maior a extração de S. De acordo com ANDREW (1962), a deficiência de S reduz a quantidade de nitrogênio convertida à forma orgânica, resultando em redução do crescimento da planta, devido a proporção entre esses nutrientes nas proteínas. Um trabalho conduzido no CIAT (Colômbia), com corte e retirada integral da massa produzida, menciona que a extração de K ao longo dos cortes, reduziu a resposta da *Brachiaria decumbens* a doses de N no segundo e terceiro ano de experimento (CIAT, 1980).

O N acelera a formação e o crescimento de novas folhas, melhora o vigor da rebrotação, incrementando a sua recuperação após o corte, resultando em maior produção e capacidade de suporte das pastagens (CECATO *et al.*, 1996).

WERNER (1986) observou que a aplicação de N no final da estação das águas permitiu prolongamento no período de utilização das pastagens e rebrotação mais precoce no início da primavera. Estas ocorrências devem-se ao efeito do N em promover o desenvolvimento de folhas, favorecendo aumento de residuo foliar que, por sua vez, aumenta a interceptação de luz e fotoassimilados utilizados para a rebrotação.

CORSI & SILVA (1994) observaram que a adubação nitrogenada provocou aumento na longevidade das folhas, maior taxa de alongamento das folhas e maior número de folhas do capim-Marandu. O aumento do número de folhas resulta em aumento da densidade de perfilhos, uma vez que cada folha possui uma gema que pode se desenvolver e originar um perfilho. MATTOS (2001), em casa de vegetação, observaram que a adubação com quatro doses de N (0; 50; 100; 150 e 200 mg/dm³) teve efeito positivo no perfilhamento da *Brachiaria decumbens* em três crescimentos consecutivos de 40 dias. No entanto, o rápido crescimento das folhas pode provocar sombreamento das gemas no interior do dossel, fazendo com que o carbono assimilado seja alocado para o alongamento do caule em detrimento do desenvolvimento das gemas em perfilho. TOSCANO *et al.* (1999), utilizando doses de N (0, 200, 400, 600 kg/ha), observaram efeito quadrático no número total de perfilhos do capim-Marandu, provavelmente devido ao maior sombreamento no interior do dossel, reduzindo o número de perfilhos.

Em vários trabalhos foram observados aumentos da produção de massa devido à adubação nitrogenada. No trabalho de MONTEIRO *et al.* (1995), realizado em solução nutritiva, foi demonstrado que as omissões individuais de N e P foram as que mais prejudicaram o crescimento do capim-Marandu, no que se refere à produção de massa seca, ao número de perfilhos e à altura da planta. APPADURAI & ARASARATNAM (1969) observaram aumentos lineares no rendimento total de massa seca do capim-Marandu como efeito a doses de N. Da mesma forma, SCHIAVUZZO *et al.* (2000) observaram aumentos lineares na produção de massa seca da parte aérea e nas raízes do capim-Marandu com aplicações de N.

Embora, a produção de massa seca de gramíneas, em resposta à adubação com doses de N possa ser linear, a mesma varia principalmente com o potencial genético das gramíneas, com a frequência de corte e condições climáticas (BOIN, 1986). Desta forma, a intenção em intensificar o sistema produtivo a partir da adubação nitrogenada implica em identificar doses que otimizem o retorno biológico e econômico.

Em explorações intensivas têm sido observadas respostas ao N de até 800 kg/ha/ano, (FERNANDES & ROSSIELO, 1986), porém, na maioria dos casos, doses econômicas são bem mais modestas. MILLER & NOBBS (1976), testando o efeito de doses de N (0, 100, 200, 400 e 800 kg/ha) na produção de massa seca de *Brachiaria mutica*, observaram aumento significativo até a doses de N de 200 kg/ha e quando foram utilizadas doses mais elevadas de N (400 a 800 kg/ha) houve apenas efeito em aumentar o teor de proteína bruta. CHADHOKAR (1978), trabalhando com *Brachiaria mítica* e HARDING & GROF (1978) com *Brachiaria decumbens*, observaram melhores resultados de produção de massa seca e nitrogênio recuperado usando doses de N de 200 e 365 kg/ha, respectivamente.

A resposta da correção da acidez e adubação na produção de massa de um pasto degradado de capim-Marandu, com nove anos de uso, foi demonstrado por ZIMMER & CORRÊA (1993). Utilizando-se 2,7 t de calcário, 90 kg de P_2O_5 (superfosfato simples), 84 kg de K_2O (cloreto de potássio) e 100 kg de N (sulfato de amônio), observaram aumento de produção de 2,5 t/ha de MS em 170 dias (outubro a março), para 10,3 t/ha de MS em 100 dias de crescimento.

1.6. Adubação nitrogenada e valor nutritivo

O valor nutritivo refere-se à composição química do alimento, sua digestibilidade e natureza dos produtos da digestão. As forragens são compostas por proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (óleos e gorduras), carboidratos não estruturais,

minerais e vitaminas. A fração FDN é constituída por celulose, hemicelulose, lignina e nitrogênio insolúvel em detergente neutro, sendo separada de todo o teor celular da planta. A fibra em detergente ácido (FDA) também denominada lignocelulose, contém lignina, celulose e nitrogênio insolúvel em detergente ácido, representando a porção menos digestível da parede celular.

Embora seja consolidada a informação de que a lignina e a FDA sejam consistentemente associadas à digestibilidade e outros componentes da parede celular, particularmente hemicelulose e FDN, relacionados ao consumo voluntário (VAN SOEST, 1978), o estudo da anatomia vegetal quantificando o tecido vascular lignificado (ALVES de BRITO *et al.*, 1999) e as ligações entre os componentes da parede celular, são ferramentas que podem complementar a avaliação do valor nutritivo. A forma como a lignina interfere na digestibilidade da fração fibrosa envolve inibição da atividade da enzima celulase pelo ácido p-cumárico (JUNG, 1989) e barreiras anatômicas formadas pela cristalização da celulose e complexos envolvendo os constituintes da parede (ALVES de BRITO, 1997).

Os efeitos da adubação nitrogenada na qualidade da forragem estão condicionados ao manejo e às doses aplicadas. WHITNEY (1974) mencionou que a adubação nitrogenada propicia maior teor de PB e menores proporções de parede celular e lignina. O aumento no teor de proteína bruta é importante uma vez que ocorre redução do consumo de massa seca pelos animais quando o teor de proteína bruta estiver abaixo de 7% nas plantas forrageiras (MILFORD & MINSON, 1965). No entanto, as alterações na fração fibrosa são controversas provavelmente devido à diferença das doses utilizadas e manejo do pasto.

COUTINHO (1999), utilizando 0, 50, 100 e 200 kg/ha de N, observou produção média por corte do capim-Marandu de 451,7; 1.428,3; 1.733,3 e 2.274,3 kg/ha de massa seca, respectivamente, com PB de 7,59; 11,5; 13 e 16%, FDN de 68,7; 63,17; 61,31 e 60,8% e FDA de 33,05; 28,96; 28,97 e 29,91%. Neste trabalho, as doses de N de 50 a 200 kg/ha não implicaram em diferença nos teores de FDA, sendo que o efeito da adubação nitrogenada em reduzir o teor de

FDN pode ocorrer devido aos menores teores de hemicelulose, resultando em perda de digestibilidade da fração fibrosa. Alguns trabalhos demonstram aumento dos teores de FDA com adubação nitrogenada, contrariando WHITNEY (1974) no tocante à redução do teor de lignina. No trabalho de ALMEIDA (1999), testando o efeito da aplicação de N na produção de massa seca e composição do capim-Marandu em três cortes, foi observado incremento de 4,45 vezes na produção de massa seca, com porcentagens de FDN e FDA na massa seca da parte aérea de 69,80 vs 67,29 e 33,04 vs 36,50% para os tratamentos sem e com N. Este trabalho demonstra que ocorre alteração nos constituintes da parede celular de forma a reduzir a hemicelulose e aumentar celulose e/ou lignina.

No experimento de RUGGIERI *et al.* (1995) a adubação nitrogenada (0, 33 e 66 kg/ha de N), em três períodos de crescimento (dez/fev; jan/mar e mar/abr) e quatro idades de corte (14, 28, 42 e 56 dias), resultou em aumento nos teores de PB e digestibilidade *in vitro* da massa seca do capim-Marandu, independente das idades de corte, não sendo observada alteração significativa na fração fibrosa ou produção de massa seca. Por outro lado, CHADHOKAR (1978), avaliando intervalos de aplicação do nitrogênio, só encontrou aumento no teor de PB quando a aplicação do fertilizante nitrogenado foi mais freqüente (42 dias), não havendo resposta quando aplicado em intervalos mais espaçados (84 dias).

1.7. Adubação nitrogenada e características estruturais

O nitrogênio é responsável por características ligadas ao porte da planta, tais como tamanho das folhas, tamanho do colmo e aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos (WERNER, 1986). Com estímulo do crescimento provocado pela adubação nitrogenada ocorrem alterações nas características estruturais do pasto.

Segundo BLASER (1966), o manejo e fertilização de pastagens devem estar relacionados com as características estruturais das espécies forrageiras.

BURNS et al. (1989) descreveram que a avaliação da massa de forragem, massa de folhas verdes e densidade volumétrica da forragem, como densidade total e densidade de perfilhos, constituem os principais parâmetros a serem avaliados. A separação do dossel em folhas e colmos e digestibilidade *in vitro* de amostras simulando o pastejo permitem inferir sobre a dieta potencial de animais em pastejo.

A interceptação de luz é o ponto de partida do processo de fixação do carbono (GOMIDE & GOMIDE, 1999), sendo o índice de área foliar (IAF) um importante parâmetro a ser avaliado. Ocorrendo condições favoráveis de temperatura, luz, água e nutrientes minerais, o potencial fotossintético do pasto decorre do índice de área foliar (IAF). Assim como o vigor de rebrotação, recuperação da planta após o pastejo e acúmulo de forragem também estão relacionados ao IAF. SANTOS JUNIOR et al. (2004), analisando a dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de N, observaram que tanto a produção de massa seca como a área foliar foram significativamente alteradas pelas doses de N.

O N aumenta a taxa de alongamento da folha emergente, favorecendo a expansão do primórdio foliar (PEARSE & WILMAN, 1984) e também a taxa de aparecimento foliar (BÉLANGER, 1998; GARCEZ-NETO et al., 2002). O efeito do N no aparecimento foliar ocorre devido a disponibilidade do nutriente por ocasião do início do desenvolvimento do primórdio foliar (SKINNER & NELSON, 1995), estimulando o número de células na zona meristemática.

No entanto, como a disponibilidade de açúcar é fundamental à formação de folhas, o efeito do N na taxa de aparecimento de folhas depende das condições de luminosidade. Assim, a aplicação de nitrogênio pode ocasionar o alongamento do colmo em razão do aumento do coeficiente de extinção de luz. O alongamento do colmo prejudica a relação folha/colmo (SILVA et al, 1994a), influenciando o comportamento ingestivo do animal em pastejo. De acordo com GOMIDE (1986), o alongamento do colmo resulta em elevação do meristema apical, expondo-o à

remoção pelo pastejo, representando uma fase de maior taxa de produção de massa seca no desenvolvimento da planta.

A área foliar de uma planta é proporcional ao número de seus perfilhos e à área foliar desses perfilhos. Trabalhos como os de MONTEIRO *et al.* (1995), CORRÊA (1996), SANTOS JUNIOR (2001) e LAVRES JUNIOR & MONTEIRO (2003) demonstraram que quando o N é deficiente nas plantas, o desenvolvimento do perfilho é inibido.

SANTOS *et al.* (1997), testando oito doses de N para a *Brachiaria decumbens* (0; 14; 42; 126; 210; 294; 378 e 462 mg/L) demonstrou que as doses de N proporcionaram aumentos na produção de massa seca da parte aérea, das raízes e no número de perfilhos da planta forrageira. O fornecimento de N por meio de adubações propicia às gramíneas tropicais aumento no número, no peso e no tamanho de seus perfilhos associados à maior taxa de expansão foliar do que sem N.

O IAF e a população de perfilhos integram parâmetros importantes a serem considerados na condução do manejo objetivando maior produção da planta forrageira e eficiência na utilização da forragem produzida (GRANT *et al.*, 1988; PARSONS & PENNING, 1988). SILVA *et al.* (1994b) e UEBELLE (2002) observaram redução na eficiência de utilização da pastagem quando ocorreu alongamento do colmo, comprometendo o desempenho animal. Isso ocorre devido à relação inversa entre alongamento do colmo e densidade populacional total e de perfilhos. O consumo de pasto está condicionado à quantidade de forragem apreendida por bocado, pela taxa de bocados e período de pastejo (CARVALHO *et al.*, 2001). A redução da densidade populacional total reduz o peso do bocado e aumenta o número de bocados e o tempo de pastejo, sob o risco do aumento do tempo de pastejo não compensar a redução do peso no bocado (HODGSON, 1982; SOLLEMBERGER & BURNS, 2001) reduzindo a ingestão de nutrientes e o desempenho animal.

A vida útil da folha sofre influencia da adubação nitrogenada. Segundo MAZZANTI & LEMAIRE (1994) e DURU & DUCROCQ (2000) a taxa de

senescência aumenta com a aplicação de nitrogênio. MAZZANTI & LEMAIRE (1994) mencionam que a deficiência do N reduz ligeiramente a duração da vida das folhas. BÉLANGER (1998) observou redução da vida útil da folha em resposta à adubação com nitrogênio. Assim, a avaliação conjunta de aspectos morfológicos e produtivos é importante para manter a persistência da forrageira, associada à produção e qualidade da forragem.

1.8. Avaliação de forragem sob pastejo

Alguns dos trabalhos por hora comentados foram conduzidos na forma de experimentos em pequenas parcelas, sob regime de cortes. LIRA *et al.* (1994) salientaram que nestas condições os resultados têm sérias limitações às extrapolações para condição de utilização sob pastejo. Segundo WENDLING *et al.* (1997), a pressão de pastejo altera as características físicas do relvado, assim como sua produtividade e persistência, ocorrendo retorno irregular de nutrientes ao solo pela excreção animal (MONTEIRO & WERNER, 1989).

Para uma pastagem de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schw., MATTOS *et al.* (1996) observaram que as quantidades de P, K, Ca e Mg exportadas por bovinos de corte em pastejo, supridos com sal mineral no cocho, são muito pequenas, representando 31,53% de P; 0,86% de K; 20,67% de Ca e 1,45% de Mg, da somatória dos elementos consumidos na gramínea e no sal mineral.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, P.B. Zoneamento ecológico de plantas forrageiras. In: I Curso de Manejo de Pastagem, Nova Odessa, SP, 1985.
- ALMEIDA, I.P. dos S. **Resposta a fósforo, micorriza e nitrogênio de braquiário e amendoim forrageiro consorciados**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 158 p., 1999, Dissertação (Mestrado).
- ALVAREZ, V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. Uso de gesso agrícola. In: **Recomendações Para Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais**. pág.67-78. 1999.
- ALVES DE BRITO, C.J.F. **Organização estrutural e degradação *in vitro* de tecidos em *Pennisetum purpureum* Schum. (Poaceae)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997. 119p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, 1997.
- ALVES DE BRITO, C.J.F.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C. *et al.* Anatomia quantitativa e degradação *in vitro* de tecidos em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.223-229, 1999.
- ANDREW, C.S. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. In: COMMONWEALTH SCIENTIFIC INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. **A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pasture**. A symposium. Farnham Royal, CSIRO, Melbourne, 1962. p. 130-146.
- APPADURAI, R.R. & ARASARATNAM, R. The effect of large applications of urea nitrogen on the growth and yield of an established pasture of *Brachiaria brizantha* Stapf. **Tropical Agriculture**, v. 46, n. 2, p. 153-158, 1969.
- ARAÚJO, A.R.; OLIVEIRA, R.C.; CARVALHO, J.L.N.; LANGE, A.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.G.S.M. Efeito de extratos hidrossolúveis na movimentação vertical de calcário em colunas de solo. In: **FERTIBIO 2002**. Rio de Janeiro, 2002. SBOS/SBM. (CD-ROM)

- ARRUDA, N.G.; CANTARUTTI, R.B.; MOREIRA, E.M. Tratamentos físico-mecânicos e fertilização na recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* em solos de tabuleiro. **Pasturas Tropicales**, v. 9, n. 3, p. 36-9, 1987.
- BARCELLOS, A. de O; SANZONOWICZ, C.; COUTO, W. Recuperação de pastagens eleva produtividade. **Boletim técnico**, n.73. Embrapa-CPAC. Planaltina – DF. 1984.
- BÉLANGER, G. Morphogenetic characteristics of timothy grown with varying N nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, v.78, p.103-108, 1998.
- BLASER, R. E. 1966. Efecto del animal sobre la pastura In: Paladines, O. L., ed. Empleo de animales en las investigaciones sobre pasturas. Montevideo, IICA. P. 1-29.
- BOGDAN, A.V. Tropical pastures and fodder plants. Londres: Longman Group Ltda. 1977. 465 p.
- BOIN, C. **Produção animal em pastos adubados**. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (eds.). Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba: POTAFOS, 1986, p.386-419.
- BURNS, J.C.; LIPPKE, H.; FISHER, D.S. **The relationship of herbage mass characteristics to animal responses in grazing experiments**. In. MARTEN, G.C. Grazing research: design, methodology and analysis. Ed.: Crop Science Society of American / American Society of Agronomy, 1989. cap.1, p.7-20.
- CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. **Pastagens**. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Viçosa, p.332-341, 1999.
- CARVALHO, M.M.; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R.S. *et al.* Resposta de uma espécie de *Brachiaria* à fertilização com N e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.195-200, 1991.
- CARVALHO, M.M.; MARTINS, C.E.; SIQUEIRA, C.; SARAIVA, O.F. Crescimento de uma espécie de braquiária, na presença da calagem em cobertura e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.69-74, 1992.

- CARVALHO, P.C.F.; POLI, C.H.E.C.; NABINGER, C; MORAES, A. Comportamento ingestivo de bovinos em pastejo e suas relações com a estrutura da pastagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001. Piracicaba, **Anais...**, p. 853-871, 2001
- CECATO, U.; GOMES, L.H.; ASSIS, M.A.; SANTOS, G.T. BETT, V. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996. Fortaleza, **Anais...**, p.114-16, 1996.
- CHADHOKAR, P.A. Effect of rate and frequency of nitrogen application on dry matter yield and nitrogen content of grass (*Brachiaria mutica*). **Tropical Grassland**, v. 12, n.2, p.127-132, 1978.
- CIAT. Programa de pastos tropicales. Informe 1980. Cale, **Centro Internacional de Agricultura Tropical**, 138 p., 1980.
- CORRÊA, A.S. Pecuária de corte na região de cerrados do Brasil Central. Campo Grande, MS. EMBRAPA-CNPQC. Documento Interno. 10p. 1995.
- CORRÊA, B.D. **Doses de nitrogênio e magnésio afetando aspectos produtivos e bioquímicos dos capins Colômbio, Tanzânia-1 e Vencedor**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1996. 124p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10. Piracicaba, 1993. p. 87-116.
- CORSI, M.; SILVA, R.T. de L. Fatores que afetam a composição mineral de plantas forrageiras. In: Pastagens: Fundamentos da exploração racional. 2ª ed. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, p.65-83, 1994.
- COUTINHO, A.A.E. **Influência da adubação nitrogenada e potássica sobre a produção de forragem e algumas características qualitativas do capim-Marandu**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, (Trabalho de conclusão de curso – TCC), 1999.
- DURU, M.; DUCROCK, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, v.85, p.645-653, 2000.

- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório Técnico Anual** 1978/1979. Planaltina, v.5, 190p., 1981.
- EMBRAPA. Recuperação de pastagens degradadas. EMBRAPA-CNPGL, **Doc. 55**, 51p., 1993.
- EUCLIDES, V.P.B. Produção intensiva de carne bovina em pasto. In: Simpósio de produção de gado de corte, 2, Viçosa, 2001. **Anais...** Viçosa: Bittencourt *et al.* Departamento de Zootecnia, p. 55-82. 2001.
- FERNANDES, M.S.; ROSSIELO, R.O.P. **Aspectos do metabolismo e utilização do N em gramíneas tropicais**. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (eds.). Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba: POTAFOS, 1986.
- FISHER, M.J.; RAO, I.M.; AYARZA, M.A.; LASCANO, C.E.; SANZ, J.I.; THOMAS, R.J.; VERA, R.R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**. v. 371, p. 236-238, 1994.
- FRIED, M.; ZSOLDOS, F.; VOSE, P.B.; SHATOKHIN, I.L. Characterizing the NO₃ and NH₄ uptake process of rice roots by use of ¹⁵N labelled NH₄NH₃. **Physiologia Plantarum**, Kobenhain, v.18, n.2, p.313-320, 1965.
- GARCEZ-NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J. *et al.* Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1890-1900, 2002.
- GHISI, O.A.A.; PEDREIRA, J.V.S. **Características Agronômicas das principais Brachiarias spp.** In: Encontro para discussão sobre capins do gênero Brachiaria, Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1986.
- GOMIDE, J.A. **Fisiologia do crescimento livre de planta forrageira**. Pastagem: Fundamento da exploração racional, Piracicaba: FEALQ, 1986, p.1-10.
- GOMIDE, J.A. & GOMIDE, C.A. **Fundamentos estratégicos do manejo de pastagens**. In: I Simpósio de produção de gado de corte. Universidade Federal de Viçosa, UFV, 1999.

- GONZALES –ERICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C. *et al.* Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on a oxisol of Central Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v.43, p. 1155-1158, 1979.
- GRANT, S.A.; BARTHRAM, G.T.; TORREL, L. *et al.* Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, v. 34, n. 1, p.29-39, 1988.
- HAAG, H.P.; DECHEN, A.R. Deficiências minerais em plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds) Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.85-110.
- HARDING, W.A.T.; GROF, Q.D.A. Effect of fertilizer nitrogen on yield, nitrogen content and animal productivity of *Brachiaria decumbens* cv. Brasilliski the wet tropical coast of north Queensland. **Queensland Journal Agriculture Animal Science**, v. 35, n.1, p.11-21, 1978.
- HODGSON, J. Ingestive behaviour. In. LEAVER, J.D. (ed) Herbage intake handbook. Hurley: British Grassland Society, 1982. p.113-138.
- JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. **Agronomy Journal**, vol. 81, janeiro-fevereiro. 1989.
- KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; TAMBOSI, S.A.. Produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: Simpósio de Forragicultura e Pastagem. Lavras, **Anais...** UFLA, p.51-68., 2000.
- KOBIYAMA, M.; MINELLA, J.P.G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.10-17, maio-junho, 2001.
- KONDO, M.K.; RESENDE, A.V.. Recuperação de Pastagens Degradadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n. 210, p. 36-44, maio-junho, 2001.
- LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1068-1075, 2003.
- LIRA, M.A.; FARIAS, I.; FERNANDES, A.P.M. *et al.* Estabilidade de resposta do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.) sob níveis crescentes de

- nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.7, p. 1151-57, 1994.
- LUZ, P.H. de C., HERLING, V.R., BRAGA J.G., VITTI, G.C. de L. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agronômicas e fisiológicas do capim tobiatã (*Panicum maximum* Jacq). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.964-970, 2000.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema cerrado: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: XXXII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996. Brasília, **Anais...**, p.28-62, 1995.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2^a ed., New York: **Academic Press**, 1995. 874p.
- MATTOS, T.W. **Avaliação de pastagem de capim-braquiária em degradação e sua recuperação com suprimento de nitrogênio e enxofre**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 2001, 97p. Tese (Doutorado).
- MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilization on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilisation. **Grass and Forage Science**, v.49, n.2, p.352-359, 1994.
- MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M.; CASSIOLATO, M.E. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez superficial do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p. 647-654, 2002.
- MEIRELLES, N.M.F. Degradação de pastagens - Critérios de avaliação. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. **Anais...** Realizado no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, agosto, p.01-27., 1993.
- MELLA, S.C. Recuperação de pastagens. In: **Curso de atualização em pastagem**, Cascavel, 1989. Anais. Cascavel, OCEPAR, 1991. p.165-74.
- MILFORD, R.; MINSON, S.J. The relation between the crude protein content of tropical pasture plants. **Journal of the British Grassland Society**, v.20, n.3, p.1977-1979, 1965.

- MILLER, I.L.; NOBBS, R.C. Early wet season fertilization of grass for use as saved fodder in the Northern Territory, Australia. **Tropical Agriculture** (Trinidad), v. 53, p. 217-224, 1976.
- MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 1989, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p. 149-191, 1989.
- MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D.; ABREU, J.B.R.; DAIUB, J.A.S.; SILVA, J.E.P.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, v.52, n.1, p. 135-141, 1995.
- MOREIRA, L.M. **Rendimento e composição químico-bromatológica de forrageiras tropicais introduzidas em pastagem de capim-gordura degradada**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. (Tese de Mestrado).
- MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F.M. 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.
- MYERS, R.J.K.; ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, v. 25, p.104-110. 1991.
- NASCIMENTO JUNIOR, D.; AMBRÓSIO de A. F.J.; PEREIRA, J.M. Metodologia de Avaliação de Pastagens, João Pessoa, 69p., 1991.
- NASCIMENTO JUNIOR, D.; QUEIROZ, D.S.; SANTOS, M.V.F. **Degradação das pastagens e critérios para avaliação**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11.; Piracicaba, 1994. p.107-151.
- NEHMI FILHO, V.A. Rebanho cresceu em mais de 10 milhões de cabeças em sete anos. Pecuária de Corte – Estatísticas. pág. 75. **Anualpec** 2002.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Aplicação localizada de fertilizante fosfatado**. In: Fósforo em solo e planta em condições tropicais, p.272-285, 1999. 399p.

- NUNES, S.G. Efeito de diferentes cargas animal sobre o ganho de peso e produtividade de pastagens do gênero *Brachiaria* e *Setaria*. Campo Grande: EMBRAPA-CNGC, 31 p. 1980.
- NUNES, S.G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M.I. *et al.* *Brachiaria brizantha* cv Marandu. Campo Grande: EMBRAPA/CNPQC, 1985, 31 p. (EMBRAPA/CNPQC – Documento 21).
- PARSONS, A.J. & PENNING, P.D. The effect of duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v.43, n.1, p.15-27,1988.
- PAULINO, V.T. **Efeito da fertilização fosfatada, da calagem e micronutrientes no desenvolvimento de plantas forrageiras**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 1990, p.281. Tese (Doutorado).
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**. v.48, p. 33-38, 1984.
- PEARSE, P.J.; WILMAN, D. Effects of applied nitrogen on grass leaf initiation, development and death in field swards. **Journal of Agricultural Science**, v.103, p.405-413, 1984.
- PEREIRA, J.P. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DE GÊNERO *Brachiaria*, 1986. Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, p. 117-196, 1987.
- PEREIRA, C.A.; ANDRADE, N.O. Transferência de tecnologias disponíveis para a recuperação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. **Anais...** Realizado no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, São Paulo, agosto, p.155-186., 1993.
- PREMAZZI, L.M. **Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais**. Piracicaba, Escola Superior de “Agricultura Luiz de Queiroz”/USP, 1991, 215p. Tese (Mestrado).
- QUAGGIO, J.A. Respostas das culturas à calagem. In: **SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS**, Piracicaba, 1985. **Anais...** Campinas, Fundação Cargill, p.123-157,1985.

- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B. *et al.* Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.28, p. 375-383, 1993.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 343p., 1991.
- RENVOIZE, S.A.; CLAYTON, W.D.; KABUYE, C.H.S. Morphology, taxonomy, and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: MILES, J.W.; MAAS, B.L.; VALLE, C.B. (Ed.). ***Brachiaria: biology, agronomy, and improvement***. Cali:CIAT, Embrapa, 1996. cap. 1, p.1-15.
- RITCHEY, K.D.; SOUZA, M.G.; LOBATO, E. *et al.* Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah oxisol. **Agronomy Journal**. v.42, p. 40-44, 1980.
- RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. Estabelecimento de outras forrageiras em áreas de *Brachiaria* sp. XI SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. **Anais...**, FEALQ, Piracicaba, SP, p.299-325, 1994.
- RUGGIERI, A. C.; FAVORETTO, V.; BRAGA, E. M. Efeito de níveis de nitrogênio e regimes de corte na distribuição, na composição bromatológica e na digestibilidade in vitro da matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 2, p.222,1995.
- RUGGIERI, A.C., GUIM, A., ANDRADE, P. Recuperação de uma pastagem degradada de capim-Colonião (*Panicum maximum* Jacq.) submetidas a diferentes práticas de manejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá, **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p.376.
- SABRINA I. de C.; VILELA, L.; KARIA, T.C.; SPAIN, J.M. Estratégias de recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. Embrapa-CPAC, **Boletim técnico**, n.29, 1990.
- SANTOS, A.R. **Diagnose nutricional e respostas do capim-baraquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997, p.115. Tese (Doutorado em Agronomia).
- SANTOS JUNIOR, J.D.G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio**. Piracicaba: Escola Superior de

- Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, 2001. 79p
- SANTOS JUNIOR, J.D.G.; MONTEIRO, F.A; LAVRES JR.J. Análise de crescimento do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1985-1991, 2004.
- SANZONOWICZ, C. Recomendação e prática de adubação e calagem na região Centro-Oeste do Brasil. In: CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, Nova Odessa, 1985. **Anais...** Ed. MATTOS, H.B. *et al.*, Piracicaba (Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e Fósforo). Piracicaba, 1986.
- SEGUY, L.; BOUZINAC, S.R.R.; DOUZET, J.M. Gestão dos solos e das culturas nas áreas de fronteira agrícola dos Cerrados úmidos e das florestas no Centro-Oeste brasileiro – Região Centro Norte do Mato Grosso: Campanha Agrícola 1993/94. Lucas do Rio Verde: RPA/COOPERLUCAS/CIRAD-CA, 259p., 1994.
- SCHIAVUZZO, P. F., MONTEIRO, F.A., LAVRES, J.J. Nitrogênio na produção e na nutrição da Braquiária Marandu. In: XXXVII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Viçosa, **Anais...**, 2000.
- SILVA, D.S.; GOMIDE, J.A.; FONTES, C.A.A. *et al.* Pressão de pastejo em pastagem de capim elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum. Cv. Mott): 1 – Efeito sobre a estrutura e disponibilidade de pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.249-257, 1994a.
- SILVA, D.S.; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, A.C. *et al.* Pressão de pastejo em pastagem de capim elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum. Cv. Mott): 2 – Valor Nutritivo, consumo de pasto e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.453-464, 1994b.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, p.4-10, 1995.
- SOARES FILHO, C.V. Tratamentos físico-mecânicos, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. **Anais...**, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, agosto, p.79-117., 1993.

- SOARES FILHO, C.V. Tratamentos físico-mecânicos, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. **Anais...**, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, agosto, p.37-61, 1999.
- SOARES FILHO, C.V. Variação sazonal nos parâmetros bioquímico-fisiológicos em *Brachiaria decumbens* estabelecida em pastagem. Piracicaba, 1991. 110p. **Dissertação de Mestrado** - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- SOARES FILHO, C.V.; MONTEIRO, F.A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. 2. Variação sazonal de parâmetros bioquímico-fisiológicos. **Revista Pasturas Tropicales**, v.14, n.2, 1992.
- SOLLENBERGER, L.E.; BURNS, J.C. Canopy characteristics, ingestive behavior and herbage intake in cultivated tropical grassland. In: International Grassland Congress. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.321-327.
- SOUZA, J.M.N.; PEDREIRA, C.G.S. **Caracterização do grau de degradação das pastagens**. p.6-31. PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C.; FARIA, V.D. (Eds) In: Fertilidade do solos para pastagens produtivas. FEALQ, Piracicaba, SP, 2004. 480p.
- SPAIN, J.M.; GUALDRON, R. **Degradación e rehabilitación de pasturas**. In: LASCANO, C. e SPAIN, J. M. eds. ESTABELECIMIENTO Y RENOVACIÓN DE PASTURAS. Cali, CIAT, 426p., 1991.
- STODDART, L.A.; SMITH, A.D.; BOX, T.W. Range Management. 3 ed., New York, McGraw-Hill Book, 531 p., 1975.
- TEIXEIRA, L.B.; SERRÃO, E.A.S.; TEIXEIRA NETO, J.F. Pastagens cultivadas na Amazônia: sustentabilidade e sua relação com a fertilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, 1996, Manaus. Palestras. Manaus: S.B.C.S., p. 43-78, 1996.
- THIAGO, L.R.L de S., VALLE, L. da C.S., *et al.* Uso de *Brachiria brizantha* cv Marandu, *Pennisetum purpureum* cv camerron e *Panicum maximum* cv mombaça em pastejo rotativo, visando produção intensiva de carne. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, Porto Alegre, 2000. **Anais...**Porto Alegre: SBZ, 2000, CD-Rom.

- TISDALE, S.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Mac Millan, 1985. 754p.
- TOLEDO, J.M.; MORALES, V.A. **Estabelecimento e manejo de pastagens melhoradas na Amazônia peruana**. In: Produção de pastagens em solos ácidos tropicais. Brasília CIAT/EMBRAPA, p. 199-217, 1982.
- TORRES GONZÁLES A.M.; MORTON, C.M. Molecular and morphological phylogenetic analysis of *Brachiaria* and *Urochloa* (Poaceae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 37, p. 36-44, 2005.
- TOSCANO, M. R. de Brito Filho; CECATO, U.; GUERRA F. H.; YANAKA F. Y.; MENDONÇA, W. O. Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada sobre o perfilhamento do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996. Fortaleza, **Anais...**, 1999.
- UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2002. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- VAN SOEST. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. **Journal of Animal Science**, v.47, n.3, 1978.
- VITTI, G.C., LUZ, P.H.C. Calagem e uso do gesso agrícola em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3, 1997, Jaboticabal. **Anais....** Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997, p.63-111.
- WENDLING, I.J.; GOMIDE, J.A.; BRAZ, S.P.; SANTOS, H.Q. Consumo de forragem e produção de leite em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf adubada sob duas ofertas diárias de forragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997. Juiz de Fora, **Anais...**, p.258-260, v.2, 1997.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagem. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia. **Boletim Técnico** 18. 49 p. 1986.

- WHITNEY, A.S. Growth of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. Effects of nitrogen fertilization, cutting interval, and season on yields and forage characteristics. **Agronomy Journal**, v.66, p.281-287. 1974.
- YOKOYAMA, L.P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I.P. de; DUTRA, L.G.; SILVA J.G. da; GOMIDE, J. de C.; BUSO, L.H. Sistema Barreirão: análise de custo/benefício e necessidade de máquinas e implementos agrícolas. Goiânia: Embrapa-CNPAF-APA, Doc. 56. 31p, 1995.
- YOKOYAMA, L.P.; VIANA FILHO, A.; BALBINO, L.C.; PEREIRA, I de O.; BARCELLOS, A. de O. Avaliação econômica de técnicas de recuperação de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.8, p.1335-1345, 1999.
- ZIMMER, A.H. Melhoramento de pastagens pela introdução de leguminosas e adubação. Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, 1988. 15p. **EMBRAPA-CNPGC. Relatório Técnico.**
- ZIMMER, A.H.; CORRÊA, E.S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto?. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. **Anais...** Instituto de Zootecnia, agosto, Nova Odessa, SP, p.1-26, 1993.
- ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; BARCELLOS A. de O.; KICHEL, A.N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de Brachiaria. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. Piracicaba. **Anais.** Piracicaba: FEALQ, p.153-208, 1994.
- ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N. Degradação e alternativas para recuperação e renovação de pastagens. **Gado Simental**, ano 5, n.50, jul, 2001.

CAPÍTULO 2. NITROGÊNIO, COM OU SEM APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO: ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO

RESUMO - Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha/ano) com ou sem aplicação superficial de calcário sobre os atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 cm. O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte de Sertãozinho, SP, em um Latossolo Vermelho distroférico. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial 2 x 5 em parcelas subdivididas. A calagem aumentou o pH e reduziu a acidez potencial nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm, aumentou o teor de Ca, Mg e incrementou a SB e a CTC na camada de 0 a 5 cm e saturação por bases nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm. Houve efeito linear positivo do N sobre o teor de K na camada de 0 a 5 cm do solo e efeito linear negativo sobre o teor de S nas camadas de solo de 10 a 20 e 20 a 30 cm de profundidade.

Palavras-chave: acidez potencial, fertilidade do solo, macronutrientes, mineral, pH, saturação por bases, uréia.

CHAPTER 2. NITROGEN LEVEL, WITH OR WITHOUT SURFACE LIMING, ON CHEMICAL ATTRIBUTES OF LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO

SUMMARY – The experiment aimed to evaluate the effects of nitrogen level (0, 100, 200, 300 and 400 kg/ha of N) with or without surface liming on the chemical attributes of the soil in the depths from 0 to 5, 5 to 10, 10 to 20, 20 to 30 and 30 to 40 cm. The experiment was conducted at Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, SP, in a red Latosol (Oxisol). The experimental design was the randomized plots, with four replications, in factorial arrangement 2 x 5. The lime increased the pH and it reduced the potential acidity in the layers from 0 to 5 and 5 to 10 cm, increased the content of Ca, Mg, base sum and cation exchange capacity in the layer from 0 to 5 cm and base saturation in the layers from 0 to 5 and 5 to 10 cm. There was positive linear effect of N on the K content in the layer from 0 to 5 cm of the soil and negative linear effect on the S content in the layers soil from 10 to 20 and 20 to 30 cm of depth.

Key-words: bases saturation, lime, soil fertility, mineral, pH, potential acidity, urea.

2.1. Introdução

A exploração de animais em pastagens no Brasil proporciona excelente competitividade de mercado devido aos reduzidos custos de produção. A utilização racional das pastagens é fundamental para aumentar a disponibilidade de forragem e melhorar a qualidade da alimentação dos ruminantes. No entanto, a degradação das pastagens vem reduzindo a produtividade e qualidade das plantas forrageiras, afetando diretamente o estado nutricional dos rebanhos e o desempenho econômico da atividade.

Entre as causas que têm ocasionado a degradação de pastagens cultivadas, o esgotamento da fertilidade do solo é a mais comum (PAULINO, 1990). Os macronutrientes essenciais à planta constituem a base dos tecidos vegetais de grande importância na nutrição vegetal e animal. Mais de 90% dos solos utilizados em pastagens no Brasil apresentam-se com baixos níveis de fósforo, cálcio, magnésio, zinco e cobre e, frequentemente, ocasionam problemas de toxicidade de alumínio e manganês nas plantas (MEIRELLES, 1993).

FERRARI NETO *et al.* (1994) observaram em casa de vegetação que os elementos mais limitantes para a produção de matéria seca da *Brachiaria decumbens* em ordem decrescente, foram nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre. O estudo demonstrou que a deficiência severa de N, P, K e S no solo foram responsáveis pela queda de 75, 75, 70 e 60%, respectivamente, na produção de massa seca da parte aérea.

A mineralização de resíduos de origem animal e vegetal (cistina, cisteína, metionina) libera CO₂ e resulta em minerais na forma inorgânica de N, S e P, sendo, portanto, fonte desses nutrientes. A acidez e a redução da aeração do solo em pastagens diminuem a população de microrganismos que decompõem a matéria orgânica, reduzindo a liberação de N, P e S (SOARES FILHO, 1993). Esta ocorrência reduz a disponibilidade de nutrientes para as plantas,

favorecendo a ocorrência de deficiência de nitrogênio, que tem sido apontada como a principal causa da perda de produtividade das pastagens (WERNER, 1986).

A diminuição do teor de matéria orgânica no solo ou de sua mineralização, cultivos sem rotação de culturas e erosão são fatores que podem ocasionar baixos teores de nutrientes no solo. Atualmente, com a necessidade de intensificar a produção de forragem, a melhoria e manutenção da fertilidade do solo em pastagens tem sido alvo de pesquisas devido a maior exportação de nutrientes. O uso de adubos concentrados em N, P e K que não contêm S, como no caso da substituição do sulfato de amônio, superfosfato simples e sulfato de potássio, por uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, principalmente em solos situados em áreas com alta incidência pluvial, podem ocasionar redução dos níveis de S no solo.

A aplicação de calcário pode corrigir a acidez e evitar problemas de toxidez de alumínio e manganês, favorecendo a proliferação de microorganismos, decomposição da matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes. No entanto, como a incorporação do corretivo pode comprometer a população de plantas e retardar a recuperação em pastagens já estabelecidas, a opção de aplicar o calcário em superfície sem incorporação cria uma situação nova, carente de informação. A aplicação superficial do calcário pode não corrigir a acidez de camadas mais profundas, doses altas podem provocar aumento excessivo do pH na camada superficial, lixiviação do S e redução da disponibilidade de micronutrientes como Fe, Zn, Mn e Cu.

Com este trabalho objetivou-se avaliar o efeito de doses de N, com ou sem aplicação superficial de calcário sobre alguns atributos químicos em camadas de Latossolo Vermelho distroférico.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Local

O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte de Sertãozinho/IZ, localizado no município de Sertãozinho – SP, na posição geográfica de 21°08' de latitude S e 47°59' de longitude W e altitude de 548 m, no período de março de 2004 a abril de 2006.

2.2.2. Características de clima, solo e pastagem.

O clima predominante é classificado, segundo KÖPPEN (1948), como Aw caracterizado como clima tropical úmido, com verão quente e chuvoso e seco no inverno. A temperatura média anual oscila entre 27,3 a 31,5°C e a temperatura mínima média oscila entre 11 e 18°C com valores extremos de 7°C no mês de junho e 20°C nos meses de janeiro, fevereiro, março e outubro. A precipitação pluvial média nas águas é de 1485 mm, equivalendo a 80,5% do total, e na seca, 359 mm, correspondendo a 19,5%. Em geral, a estação seca ocorre de abril a setembro e a chuvosa de outubro a março.

A precipitação pluvial observada de março a novembro de 2004, período entre a aplicação do calcário e a primeira coleta de amostras de solo, foi de 646 mm. A precipitação de outubro de 2003 a março de 2004 foi de 1254 mm, de abril a setembro de 2004 foi de 370 mm, de outubro de 2004 a março de 2005 foi de 1264 mm, de abril a setembro de 2005 foi de 324 mm e de outubro de 2005 a março de 2006 de 1215 mm. A precipitação pluvial mensal e temperaturas médias máximas e mínimas, durante a condução do experimento, podem ser observadas nas Figuras 1 e 2.

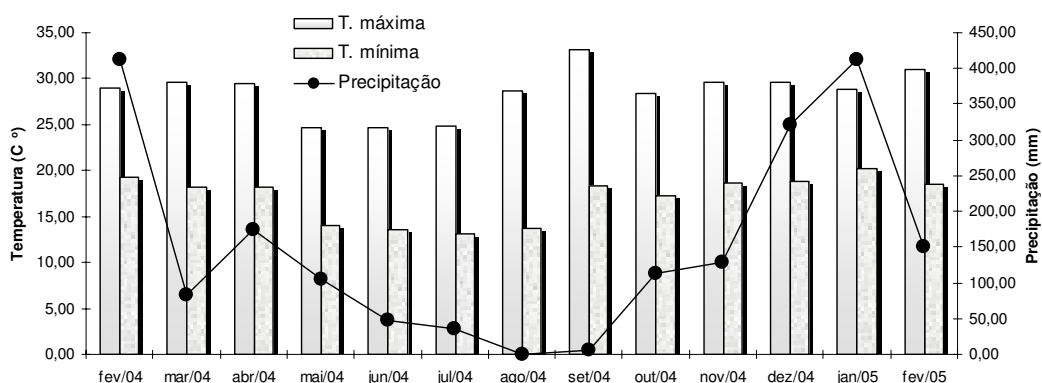


Figura 1. Precipitação pluvial mensal e temperaturas, máxima e mínima, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia, Sertãozinho, SP, no período de fevereiro de 2004 a fevereiro de 2005.

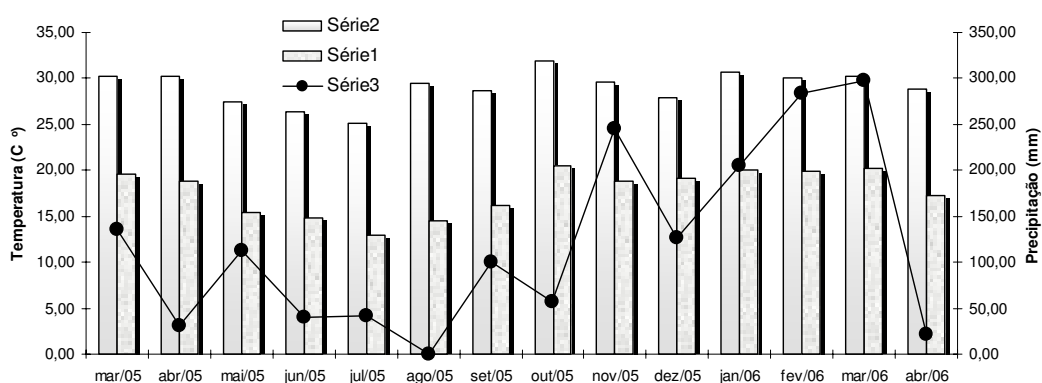


Figura 2. Precipitação pluvial mensal e temperaturas, máxima e mínima, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, SP, no período de março de 2005 a abril de 2006.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico de relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 1999). Em julho de 2003, a partir de vinte

subamostras coletadas com auxílio de enxadão na profundidade de 0 a 20 cm na área demarcada para as parcelas, foi caracterizada a situação inicial de fertilidade do solo. O resultado da análise foi o seguinte: 4 mg/dm³ de P resina; 47 g/dm³ de M.O., pH em cloreto de cálcio de 4,7; 1,8 mmolc/dm³ de K; 22 mmolc/dm³ de Ca; 11 mmolc/dm³ de Mg; 58 mmolc/dm³ de H+Al. A soma de bases foi de 35 mmolc/dm³, a CTC de 93 mmolc/dm³ e saturação por bases (V) de 38%. Com base nos resultados desta análise foi calculada a dose de calcário para correção da acidez na camada de 0 a 20 cm para elevar o índice de saturação por bases para 50%.

2.2.3. Unidades experimentais e aplicação dos tratamentos

Para cada tratamento foi utilizado uma parcela de 80 m², com 8 m de largura e 10 m de comprimento. Entre as parcelas havia distância de 1 m como carreador. De cada lado da parcela foi considerado 1 m de bordadura, utilizando-se uma área útil de 48 m² para as coletas de amostra.

No mês de fevereiro de 2004 uma área de 11.055 m² foi vedada com uso de cerca de arame farpado, formando-se um único piquete contendo todas as parcelas. A área total destinada ao experimento foi maior que a soma da área das parcelas devido aos blocos terem sido dispostos em cada curva de nível, somando-se desta forma a largura de quatro curvas de nível, acrescida de área lateral para cochos, bebedouros e eventual entrada de máquinas. Em cada bloco foram avaliados 10 tratamentos (sem N, 4 doses de N, com e sem aplicação de calcário em superfície) sorteados nas parcelas.

Com base nos resultados da análise de solo, a partir de amostra composta por vinte subamostras foi caracterizada a situação inicial e definida a dose de calcário para correção da acidez na camada de 0 a 20 cm para elevar a saturação por bases para 50% (WERNER *et al.*, 1996).

Foi realizada roçagem para uniformizar e rebaixar o relvado a 15 cm do solo em março de 2004. Logo após a roçagem, no dia 23 de março de 2004, fez-se a aplicação superficial de calcário dolomítico, sem incorporação, de 1,1 t/ha e com distribuição a lanço. O calcário apresentava PRNT igual a 101%, era composto por 45,65% de CaO e 8,40% de MgO.

A adubação nitrogenada foi realizada durante o verão, após as primeiras chuvas. Foram aplicadas doses de N de 0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha, utilizando-se a uréia, parceladas em duas doses iguais aplicadas nos meses de novembro e dezembro nos anos de 2004 e 2005, logo após o pastejo em dois ciclos sucessivos. Junto à primeira aplicação foram fornecidos P e K de maneira semelhante para todos os tratamentos em doses de acordo com CANTARUTTI *et al.* (1999). A adubação com P foi realizada pela aplicação de superfosfato simples na dose de 90 kg/ha de P_2O_5 no primeiro ano e 60 kg/ha de P_2O_5 no segundo. A adubação com K fornecendo-se 40 kg/ha de K_2O foi realizada pela aplicação de cloreto de potássio. As aplicações foram realizadas concomitantemente no início da estação chuvosa. Todos os insumos foram distribuídos manualmente em superfície, no dia seguinte ao pastejo.

2.2.4. Avaliação dos atributos químicos do solo

No mês de outubro de 2004, oito meses após aplicação do calcário, antes da aplicação de N, P e K, foram retiradas amostras de solo de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade. No mês de outubro do ano de 2005, antes da aplicação de NPK, foram coletadas amostras de solo em cada parcela de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 cm de profundidade. Para a formação de uma amostra composta foram coletadas e homogeneizadas 20 amostras simples por parcela com auxílio de trado mecânico (acionado por baterias). As amostras foram secas, passadas em peneira com abertura de malha de 2 mm e encaminhadas ao

laboratório para análises químicas dos macronutrientes, pH e acidez potencial para fins de avaliação da fertilidade do solo (RAIJ *et al.*, 1987).

2.2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial 2 X 5. Foram incluídos no modelo o efeito do calcário, nitrogênio, bloco, profundidade e todas as possíveis interações. No caso dos efeitos significativos para calagem, época e interações entre N e calagem procedeu-se o teste de comparação de médias (Tukey a 10 %). Em seguida, quando verificado a significância para doses de N, realizou-se a análise de regressão linear polinomial com uma variável regressora, para componentes do primeiro e segundo grau.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2003) adotando-se nível de significância de 10 %. As observações de atributos químicos do solo para cada profundidade foram analisadas usando o PROC GLM. As observações de efeito de profundidade das camadas de solo foram realizadas por parcelas subdivididas usando o PROC MIXED. Para estudo de correlação entre os nutrientes empregou-se o PROC CORR e para análises de regressão o PROC REG.

2.3. Resultados e Discussão

2.3.1. Análises de solo de 2003 *versus* 2004.

Os resultados das análises de solo coletadas inicialmente, para caracterizar a área e calcular a necessidade de calagem, apresentaram-se conflitantes àqueles dos tratamentos testemunha, sem calcário e N, um ano após o início do trabalho.

Tal fato decorreu das amostras para caracterização inicial terem sido coletadas com auxílio de enxadão, em julho de 2003, devido à condição seca e rígida do solo naquela época. Aparentemente, as amostras coletadas com enxadão foram compostas por maior volume de solo da camada mais profunda da cova, devido a dificuldade em manter a inclinação vertical do corte (Figura 1). Por outro lado, as amostras coletadas em outubro de 2004, foram retiradas com equipamento mecânico (trado acionado por bateria) ocorrendo maior precisão de profundidade e volume (Figura 2). Desta forma, o resultado da análise de julho de 2003 esteve muito próximo ao resultado da análise da camada de 10 a 20 cm das amostras coletadas em outubro de 2004 (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo antes da aplicação dos tratamentos, valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V) e matéria orgânica (MO).

cm	coleta	pH	P	K	H+Al	Ca	Mg	SB	CTC	V	M.O.
		CaCl ₂	mg/dm ³							%	g/dm ³
0 – 20	2003*	4,7	4	1,8	58	22	11	35	93	38	47
10-20	2004**	4,7	4	1,7	72	28	14	43	115	38	45
5 – 10	2004**	4,9	8	3,4	61	44	25	69	130	52	48
0 – 5	2004**	5,3	26	3,5	47	54	37	91	138	65	64

* coleta em julho de 2003 realizada com enxadão

** coleta realizada em outubro de 2004 com trado mecânico

Como a avaliação dos tratamentos foi realizada comparando-se parcelas com ou sem calcário e/ou nitrogênio com as parcelas testemunhas (sem calcário e

nitrogênio), através de amostras coletadas com o mesmo equipamento e na mesma época (2004 e 2005), a diferença entre os resultados das análises com coleta em julho de 2003 e outubro de 2004 em nada compromete os resultados por hora apresentados.

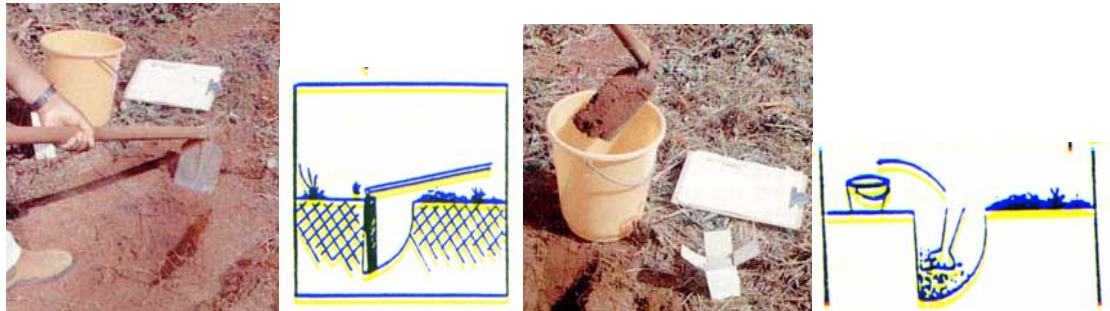


Figura 1. Coleta de amostras em trincheiras com enxadão (dificuldade em manter um volume de solo representativo da camada de 0 a 20 cm).



Figura 2. Coleta de amostras com trado mecânico (precisão na profundidade e volume).

2.3.2. Acidez potencial e pH

Os resultados oito meses após aplicação do calcário, no ano de 2004, mostraram que o pH reduziu de acordo com a profundidade ($P < 0,001$) e o calcário resultou em aumento no pH da camada de solo de 0 a 5 cm ($P < 0,001$) e de 5 a 10 cm ($P < 0,001$) (Tabela 2). Não houve efeito do N ou calcário nas camadas de solo abaixo de 10 cm. Os resultados do ano de 2005 mostraram que 20 meses após a aplicação, o corretivo aumentou o pH somente na camada de 0 a 5 cm ($P < 0,001$) (Tabela 2).

Na camada de 0 a 5 cm do solo, no ano de 2005, houve interação significativa entre nitrogênio e calcário, de forma que as doses de N de 100 e 400 kg/ha sem calcário apresentaram valores de pH inferiores aos tratamentos com calcário ($P < 0,001$) (Tabela 2). O efeito significativo para a dose de N de 400 kg/ha deve-se provavelmente a acidificação provocada pelo N no tratamento sem calcário. Os valores de pH sofreram reduções gradativas somente para os tratamentos sem calcário. Houve efeito linear negativo de doses de N nos valores de pH nos tratamentos sem calagem, na camada de 0 a 5 cm, no ano de 2005 ($P < 0,10$), gerando a seguinte equação: $\text{pH} = 5,325 - 0,00065 \text{ N (kg/ha)}$ ($R^2 = 0,21$).

O efeito de acidificação provocado pela aplicação de uréia decorre da transformação do N aplicado na forma amídica (NH_2), em amônia através de amonificação (NH_4), e posteriormente, nitrificação (NO_3^-) liberando íons H^+ no meio (MARSCHNER, 1995).

Tabela 2. Efeito de doses de N e aplicação superficial de calcário nos valores de pH em CaCl_2 em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		pH em CaCl ₂				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	5,90 A	5,30 A	4,75 A	5,31 A		
Sem calcário	5,30 B	4,90 B	4,72 A	4,97 B		
Médias	5,60 a	5,10 b	4,73 c	CV = 1,75		
Ano de 2005		kg/ha de N				
	0	100	200	300	400	Médias
Camada de 0 a 5 cm						
Com	5,55 Aa	5,75 Aa	5,55 Aa	5,43 Aa	5,50 Aa	5,55 A
Sem	5,23 Aa	5,25 Ba	5,20 Aa	5,15 Aa	5,05 Ba	5,17 B
Médias	5,38	5,50	5,37	5,28	5,27	CV=3,69
Camada de 5 a 10 cm						
Com	5,00 Aa	5,03 Aa	4,95 Aa	4,90 Aa	5,10 Aa	4,99 A
Sem	4,93 Aa	4,93 Aa	4,83 Aa	4,98 Aa	4,78 Aa	4,88 A
Médias	4,96	4,97	4,88	4,93	4,93	CV=3,43

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%)

Os resultados no ano de 2004 mostraram que a acidez potencial foi significativamente maior na camada de 5 a 10 cm, quando comparada com a camada de 0 a 5 cm ($P<0,001$) e a calagem reduziu a acidez potencial da camada de solo de 0 a 5 cm ($P<0,001$), sem efeito na camada de 5 a 10 cm (Tabela 3). Os resultados no ano de 2005 mostraram que 20 meses após a aplicação, o corretivo reduziu a acidez potencial da camada de 0 a 5 cm ($P<0,001$) e também da camada de 5 a 10 cm de profundidade ($P<0,001$) (Tabela 3).

O calcário aplicado em superfície pode avançar no perfil do solo através da migração do Ca promovida por substâncias orgânicas hidrosolúveis (MIYAZAWA *et al.*, 1993; OLIVEIRA & PAVAN, 1996 e FRANCHINI *et al.*, 1999, 2000 e 2001) e/ou pela migração de partículas de calcário via dutos formados por macroporos. Assim, embora o carbonato seja o responsável pela correção da acidez do solo quando aplicado calcário, a movimentação de Ca para a camada de 5 a 10 cm pode propiciar alívio de efeitos deletérios do Al (PETRERE & ANGHINONI, 2001 e AMARAL, 2002) contribuindo para redução da acidez potencial.

Houve interação significativa entre nitrogênio e calcário na camada de 0 a 5 cm ($P < 0,10$), de forma que, desconsiderando-se a testemunha, os tratamentos sem calagem, apresentaram aumento linear da acidez potencial ($P < 0,05$), com o aumento das doses de N (Tabela 3), gerando a seguinte equação: $H+Al \text{ (mmol}_e\text{/dm}^3\text{)} = 36,375 + 0,03275 N \text{ (kg/ha)}$ ($R^2=0,31$), enquanto não houve efeito do N nos tratamentos com calagem. O poder acidificante da uréia é mencionado por RAIJ *et al.* (1996). O efeito de acidificação ocorre devido a transformação do N aplicado na forma amídica (NH_2), através da uréia, em amônia através de amonificação (NH_4), e posteriormente, nitrificação (NO_3^-) liberando íons H^+ no meio (MARSCHNER, 1995).

Tabela 3. Efeito de doses de N e aplicação superficial de calcário no teor de H+Al em $mmol_e\text{/dm}^3$ em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		H + Al (mmol _e /dm ³)				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	32,50 B	55,50 A	65,00 A	51,00 B		
Sem calcário	47,25 A	61,00 A	72,00 A	60,08 A		
Médias	39,87 b	58,25 a	68,50 a	CV = 9,05		
Ano de 2005		N (kg/ha)				
	0	100	200	300	400	Médias
Calcário	Camada de 0 a 5 cm					
Com	30,25 a	28,00 a	32,00 a	35,75 a	32,00 a	31,60 B
Sem	47,25 ab	39,00 b	43,25 ab	47,50 ab	48,50 a	45,10 A
Médias	38,75	33,50	37,62	41,62	40,25	CV=22,19
	Camada de 5 a 10 cm					
Com	49,75	49,75	47,00	47,00	48,25	49,22 B
Sem	52,00	55,75	60,00	54,33	58,25	55,79 A
Médias	50,87	52,75	53,50	52,16	53,25	CV=9,07

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%)

Em 2004, o corretivo resultou em aumento no pH na camada de 5 a 10 cm, mas não reduziu a acidez potencial. Este efeito mostra que na camada de solo de 5 a 10 cm as reações do carbonato com o H^+ , não ocorreram para H+Al retidos nos colóides do solo, mas apenas com o H^+ dissociado. O fato de somente as análises de 2005 detectarem efeito na acidez potencial da camada de 5 a 10 cm

demonstra o tempo necessário para que ocorra reação na camada subsuperficial do solo. Na prática, a acidez que deve ser corrigida é a acidez potencial, pois é a que ocupa espaço nos colóides do solo e tem efeito negativo nas plantas.

2.3.3. Matéria orgânica

No ano de 2004, a matéria orgânica foi menor para camadas mais profundas do solo ($P < 0,001$) (Tabela 4). Na análise geral em 2005 houve efeito do calcário em reduzir a matéria orgânica ($P < 0,01$) provavelmente devido à correção do pH e aumento na atividade de microorganismos.

Não houve efeito do N na matéria orgânica. Embora a análise de regressão não tenha constatado efeito do N, existe possibilidade da acidificação provocada pelo nitrogênio reduzir a atividade de microorganismos que decompõem a matéria orgânica. Como o calcário evitou a acidificação provocada pelo N, tratamentos com calcário apresentaram redução na matéria orgânica.

Tabela 4. Doses de N e calcário no teor de matéria orgânica em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		Matéria Orgânica (g/dm ³)				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	65,00 A	51,00 A	38,75 A	51,58 A		
Sem calcário	64,50 A	48,00 A	41,25 A	51,25 A		
Médias	64,75 a	49,50 b	40,00 c	CV = 4,17		
Ano de 2005	kg/ha de N					
	0	100	200	300	400	Médias
Calcário	Camada de 0 a 5 cm					
Com	55,50	53,50	52,75	56,75	52,00	54,10 A
Sem	48,50	54,50	53,25	54,50	56,25	53,40 A
Médias	52,00	54,00	53,00	55,62	54,12	CV=13,13
Camada de 5 a 10 cm						
Com	40,75	46,25	42,25	44,50	43,25	43,40 A
Sem	44,50	44,25	44,25	44,75	45,50	44,65 A
Médias	42,62	45,25	43,25	44,62	44,37	CV=10,42
Geral	Todas camadas					
Com	36,00	35,65	34,50	36,80	35,25	35,64 B
Sem	36,05	36,20	36,10	37,90	37,45	36,74 A
Médias	36,02	35,92	35,30	37,35	36,35	CV=8,41

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$). CV = Coeficiente de variação (%).

2.3.4. Soma de bases trocáveis

Não houve efeito do nitrogênio na soma de bases trocáveis. Em 2004, a soma de bases trocáveis foi significativamente menor para camadas mais profundas do solo ($P<0,001$) e o calcário promoveu aumento da mesma nas camadas de 0 a 5 ($P<0,001$) e 5 a 10 cm ($P<0,001$) (Tabela 5). Em 2005, o tratamento com calagem apresentou aumento significativo da soma de bases trocáveis na camada de 0 a 5 cm ($P<0,001$) (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito de doses de N e aplicação superficial de calcário sobre a soma de bases trocáveis (SB) em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		SB (mmol _c /dm ³)			
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm		Médias
Com calcário	155,75 A	104,50 A	52,00 A		104,08 A
Sem calcário	91,50 B	69,25 B	43,75 A		68,16 B
Médias	123,62 a	86,87 b	47,87 c		CV = 13,90
Ano de 2005		kg/ha de N			
	0	100	200	300	400
Calcário					Médias
Camada de 0 a 5 cm					
Com	124,15	135,75	125,90	137,09	152,77
Sem	88,32	100,10	91,65	101,07	98,80
Médias	106,23	117,92	108,77	119,08	125,78
Camada de 5 a 10 cm					
Com	76,32	75,65	67,62	71,15	82,70
Sem	73,15	70,40	63,40	72,90	66,47
Médias	74,73	73,02	65,51	72,02	74,58

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P>0,10).

CV = Coeficiente de variação

O efeito da calagem em aumentar a soma de bases trocáveis era esperado uma vez que foram fornecidos Ca e Mg através da aplicação do calcário.

O aumento significativo da soma de bases na camada de 5 a 10 em tratamentos com calagem deve-se à movimentação de Ca e Mg por fluxo de massa, podendo ter ocorrido a formação de pares de íons. Segundo RITCHEY *et al.* (1980), enquanto um ânion acompanhante estiver mantendo a eletroneutralidade das cargas pode ocorrer movimentação do Ca por fluxo de massa. Os ânions acompanhantes podem ser oriundos das adubações em cobertura de cloreto de potássio, uréia e sulfatos, ou ainda de origem orgânica. Segundo MEDA *et al.* (2002), esse processo é denominado mobilização químico-orgânica. Ânions de origem orgânica podem ter sido disponibilizados pela decomposição da matéria orgânica eventualmente favorecida pelo aumento de pH. MEDA *et al.* (2002) conduziram experimento sobre a mobilidade do CaCO₃ e observaram que com a mistura de calcário e extrato vegetal sem incorporação a reação do calcário surtiu efeito até a camada de 5 a 10 cm.

2.3.5. Saturação por bases

A aplicação do calcário calculada para aumentar a saturação por bases de 38 para 50% resultou em elevação da saturação por bases para 80% de 0 a 5 cm e para 60% de 5 a 10 cm de profundidade do solo. A saturação por bases dos tratamentos sem calagem também aumentou devido à aplicação de superfosfato simples, uma vez que o mesmo contém 18 a 20% de Ca.

A dose aplicada é um fator que condiciona maior ou menor movimentação dos cátions no perfil do solo. QUAGGIO *et al.* (1993) observaram que em doses excessivas o calcário incorporado na camada superficial proporcionou correção de camadas do subsolo.

Embora a quantidade aplicada não tenha sido excessiva (1.100 kg/ha de calcário) houve aumento significativo da saturação por bases nas camadas de 0 a 5 cm ($P < 0,001$) e de 5 a 10 cm de profundidade do solo ($P < 0,05$) (Tabela 6).

É provável que os efeitos da movimentação do Ca e Mg fornecidos pelo calcário tenham se complementado favorecendo aos resultados positivos na saturação por bases nas camadas 5 a 10 cm de profundidade do solo nos anos de 2004 e 2005, mesmo que as análises isoladas de Ca e Mg que serão apresentadas a seguir, não tenham sido significativas.

Tabela 6. Efeito de doses de N e aplicação superficial de calcário na saturação por bases (V%) em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		V %				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	82,75 A	65,00 A	44,75 A	64,16 A		
Sem calcário	65,75 B	52,75 B	38,75 A	52,41 B		
Médias	74,25 a	58,87 b	41,75 c	CV = 4,34		
Ano de		kg/ha de N				
2005	0	100	200	300	400	Médias
Calcário		Camada de 0 a 5 cm				
Com	80,41	82,90	79,73	78,72	82,68	80,15 A
Sem	65,15	71,96	67,94	68,03	67,07	67,58 B
Médias	71,96	77,26	73,60	72,68	73,85	CV=11,36
		Camada de 5 a 10 cm				
Com	60,54	60,33	59,00	61,87	63,15	59,62 A
Sem	58,45	55,81	51,38	56,01	53,30	55,27 B
Médias	59,28	57,67	54,96	57,54	57,76	CV=11,85

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%)

2.3.6. Capacidade de troca de cátions

A capacidade de troca de cátions (CTC) representa os cátions que podem ficar retidos na superfície do solo (cargas negativas do solo), sendo importante para o suprimento de nutrientes para as plantas.

Nos anos de 2004 e 2005 houve efeito do calcário promovendo aumento da CTC na camada de 0 a 5 cm ($P < 0,01$) (Tabela 7) e não houve efeito do N. A CTC do solo não foi analisada em laboratório, mas sim calculada, portanto, embora a calagem possa aumentar a CTC do solo devido ao aumento de pH alterando cargas variáveis dependentes de pH, esse fato não pôde ser constatado com este método. O aumento da CTC observado deve-se simplesmente ao suprimento de Ca e Mg pela calagem uma vez o cálculo da CTC se fez através da soma dos elementos Ca, Mg, K, H e Al. O efeito do calcário em aumentar cargas negativas do solo reduzindo H+Al sinalizam a possibilidade de alterações nas cargas dependentes de pH.

PAVAN *et al.* (1984) observaram, em trabalhos conduzidos em colunas de PVC, que o CaCO_3 p.a. incorporado a 2 cm de profundidade neutralizou o Al trocável até os 5 cm de profundidade, e parcialmente até os 30 cm, propiciando a correção da acidez com a elevação do pH e alívio de efeitos deletérios do Al (PETRERE & ANGHINONI, 2001 e AMARAL, 2002).

Tabela 7. Efeito de doses de N e aplicação superficial de calcário na capacidade de troca de cátions (CTC) em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		CTC				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	188,25 A	160,00 A	117,00 A	155,08 A		
Sem calcário	138,75 B	130,25 A	115,75 A	128,25 B		
Médias	163,50 a	145,12 a	116,37 b	CV = 10,23		
Ano de		N (kg/ha)				
2005	0	100	200	300	400	Médias
Calcário	camada de 0 a 5 cm					
Com	154,40	163,75	157,90	172,99	184,77	166,76 A
Sem	135,57	139,10	114,62	148,57	147,30	141,09 B
Médias	144,98	151,42	146,40	160,78	166,03	CV=15,40
camada de 5 a 10 cm						
Com	126,07	125,40	105,57	122,51	130,95	123,91 A
Sem	125,15	126,15	89,42	125,86	124,72	125,05 A
Médias	125,61	125,77	119,01	124,18	127,83	CV=9,73

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%)

2.3.7. Teor de Ca trocável no solo

No ano de 2004, o teor de Ca foi menor em camadas mais profundas do solo ($P<0,001$) (Tabela 8). Houve efeito do calcário em aumentar o teor de Ca no solo na camada de 0 a 5 cm em 2004 ($P<0,001$) e 2005 ($P<0,001$), não havendo efeito para camada de 5 a 10 cm do solo (Tabela 8). Não houve efeito de doses de N no teor de Ca no solo.

Tabela 8. Efeito de doses de N e aplicação superficial de calcário sobre o teor de Ca em mg/dm³ em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		Ca (mmol _c /dm ³)				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	100,75 A	69,50 A	34,75 A	68,33 A		
Sem calcário	54,50 B	44,25 A	28,75 A	42,50 B		
Médias	77,62 a	56,87 b	31,75 c	CV = 16,13		
Ano de 2005		N (kg/ha)				
	0	100	200	300	400	Médias
Camada de 0 a 5 cm						
Calcário						
Com	79,50	88,75	78,50	85,50	103,25	87,10 A
Sem	53,75	58,00	51,25	58,50	56,25	55,55 B
Médias	66,62	73,37	64,87	72,00	79,75	CV=27,89
Camada de 5 a 10 cm						
Com	43,75	42,00	39,50	45,25	49,25	43,95 A
Sem	42,50	40,50	36,50	40,00	40,00	40,59 A
Médias	43,12	41,25	38,00	44,36	44,62	CV=21,57

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P>0,10).

CV = Coeficiente de variação (%)

O mecanismo pelo qual o calcário aplicado em superfície avança no perfil do solo condiciona-se ao tempo, dose de aplicação e as propriedades físicas e químicas do solo, (CAIRES *et al.*, 1998; RHEINHEIMER *et al.*, 2000; AMARAL & ANGHINONI, 2001; MOREIRA *et al.*, 2001; GATIBONI *et al.*, 2003).

Neste trabalho, a ausência de efeito significativo do calcário no teor de Ca na camada de 5 a 10 cm pode ter ocorrido devido à baixa quantidade de calcário aplicada (1.100 kg/ha) e textura argilosa do solo.

Em solos argilosos com maior poder tampão e maior capacidade de retenção de cátions e de água quando comparado a solos arenosos, a movimentação do Ca é mais difícil, influenciando o resultado da aplicação superficial de calcário. A redução de H+Al disponibilizou mais cargas negativas no solo para retenção de cátions como o Ca, impedindo que a aplicação superficial acarretasse efeito significativo no teor de Ca nas camadas subsuperficiais.

2.3.8. Teor de Mg no solo

As camadas mais profundas do solo apresentaram teores de Mg inferiores aos das camadas superficiais ($P < 0,05$) (Tabela 9). Houve efeito positivo do calcário no teor de Mg na camada de 0 a 5 cm do solo nos anos de 2004 ($P < 0,05$) e 2005 ($P < 0,05$) (Tabela 9). Não houve efeito do calcário no teor de Mg na camada de 5 a 10 cm do solo nem efeito das doses de N no teor de Mg no solo. Na ausência de ânions acompanhantes a lixiviação normalmente não acontece, pois o carbonato do calcário é neutralizado com a acidez presente no solo, ficando a maior parte do magnésio adsorvido no complexo de troca, principalmente em solos argilosos com maior capacidade de troca de cátions. No entanto, a diferença não significativa na camada de 5 a 10 cm para efeito do calcário, parece ter sido complementada pela diferença não significativa do calcário sobre o teor de Ca na camada de 5 a 10 cm, ocorrendo efeito do calcário na soma de bases e na saturação por bases para esta camada de solo.

Tabela 9. Efeitos do calcário e nitrogênio sobre o teor de Mg ($\text{mmol}_e/\text{dm}^3$) em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		Mg (mmol _e /dm ³)				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	55,00 A	35,00 A	17,25 A	35,75 A		
Sem calcário	37,00 B	25,00 A	14,00 A	25,33 B		
Médias	46,00 a	30,00 b	15,62 c	CV = 16,76		
Ano de 2005		kg/ha de N				
	0	100	200	300	400	Médias
Camada de 0 a 5 cm						
Com	40,00	41,00	42,50	36,00	41,50	40,54 A
Sem	30,50	36,00	33,50	34,50	35,00	33,90 B
Médias	35,25	38,50	38,00	36,10	38,25	CV=20,13
Camada de 5 a 10 cm						
Com	28,75	28,75	25,00	26,67	29,50	27,17 A
Sem	25,75	26,75	24,00	25,33	23,00	25,02 A
Médias	27,25	27,75	24,50	24,74	26,25	CV=22,57

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%)

2.3.9. Teor de K trocável no solo

O calcário não alterou o teor de K no solo. No ano de 2005 houve efeito linear positivo do N no teor de K na camada de 0 a 5 cm do solo ($P < 0,001$) representado pela equação $K = 4,66 + 0,00984 N$ (Figura 3). O K absorvido pelos vegetais não é incorporado à fração orgânica, permanecendo na matéria vegetal como íon (MENGEL & KIRKBY, 2001). Com a atividade microbiana e decomposição da matéria orgânica, o K presente na matéria vegetal pode ter sido reciclado rapidamente, voltando ao solo em forma prontamente disponível. Como houve efeito positivo das doses de N na produção de massa em dezembro de 2004, janeiro, fevereiro, junho e agosto de 2005 ($P < 0,05$), o efeito observado no solo em outubro de 2005 decorre provavelmente da maior reciclagem de K para os tratamentos com maiores doses de N ($P < 0,05$). De acordo com MONTEIRO & WERNER (1989), o resíduo vegetal não consumido pelos animais apresenta distribuição uniforme na pastagem e, dependendo do manejo e da composição química, contribui acentuadamente para a ciclagem de nutrientes.

O efeito de doses de N em aumentar o teor de K no solo pode não ocorrer se não houver reposição do nutriente ou se o nível do nutriente no solo for baixo. COUTINHO *et al.* (1999) observaram acentuada redução no teor de K no solo após o 12º corte do capim-Tifton irrigado, em função dos aumentos na produção devido à adubação nitrogenada. Portanto, o aumento no teor de K no solo devido ao aumento de doses de N está condicionado à presença do nutriente no solo. O nível crítico de K no solo mencionado por COUTINHO *et al.* (2004), baseado na resposta de três plantas forrageiras do gênero *Cynodon* a teores de K no solo, é de $1,4 \text{ mmol/dm}^3$. Neste trabalho a análise inicial do solo apresentou $1,8 \text{ mmol/dm}^3$ de K e posteriormente foram aplicados 33 kg/ha de K, o que certamente contribuiu com os resultados encontrados.

Observando-se as médias apresentadas na Tabela 10 nota-se que houve redução dos valores entre as doses de 300 e 400 kg/ha de N. Embora a diferença não tenha sido significativa, esta ocorrência pode estar relacionada ao efeito de

acidificação ocasionado pelo desdobramento da uréia em nitrato liberando íons H^+ , acidificando o meio e prejudicando a proliferação dos microrganismos que decompõem a matéria orgânica.

Outra possibilidade, que complementaria os efeitos mencionados, seria o aumento do sistema radicular provocado pela adubação nitrogenada promovendo maior reciclagem do K. FERRARI NETO *et al.* (1994) verificaram que a omissão de nitrogênio afetou significativamente a produção de massa seca de raízes dos capins Colonião e Braquiária.

Tabela 10. Efeitos do calcário e N no teor de K em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		K (mmol _c /dm ³)				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	3,10 A	2,65 A	2,40 A	2,71 A		
Sem calcário	3,55 A	3,40 A	1,75 A	2,90 A		
Médias	3,32 a	3,02 a	2,07 a	CV = 30,17		
Ano de 2005		N (kg/ha)				
	0	100	200	300	400	Médias
Camada de 0 a 5 cm						
Com	4,65	6,00	4,90	10,00	8,03	6,71 A
Sem	4,08	6,10	6,90	8,08	7,55	6,54 A
Médias	4,36	6,05	5,90	9,03	7,78	CV=24,97
Camada de 5 a 10 cm						
Com	3,83	4,90	3,13	4,35	3,95	4,03 A
Sem	4,90	3,15	2,90	3,85	3,48	3,65 A
Médias	4,36	4,02	3,01	4,10	3,71	CV=29,82

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P>0,10).

CV = Coeficiente de variação (%)

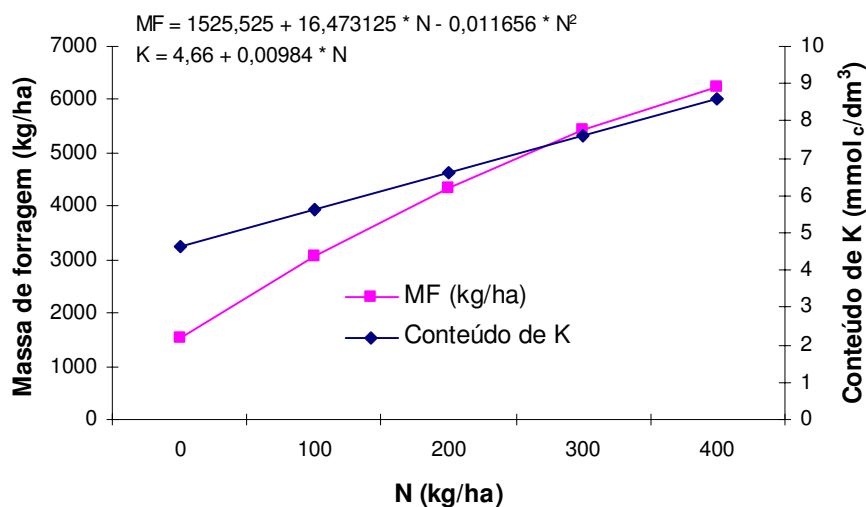


Figura 3. Efeitos de doses de nitrogênio no teor de K na camada de 0 a 5 cm do solo e massa de forragem.

2.3.10. Teor de P disponível no solo

Não houve efeito do calcário no teor de P no solo em 2004 ou em 2005, nem efeito do N ou interação significativa entre N e calcário no teor de P em 2005 (Tabela 11). A aplicação de superfosfato simples provocou aumento do teor de P no solo de 2004 para 2005, sendo maior na camada de 0 a 5, quando comparado com a camada de 5 a 10 cm de profundidade do solo em 2004 ($P < 0,05$).

Tabela 11. Efeitos de N e calcário no teor de P em camadas do solo nos anos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		P (mmol/dm ³)				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	32,00 A	11,00 A	3,50 A	15,50 A		
Sem calcário	26,00 A	8,00 A	4,00 A	12,66 A		
Médias	29,00 a	9,50 b	3,75 b	CV = 48,04		
Ano de 2005		N (kg/ha)				
	0	100	200	300	400	Médias
Calcário	Camada de 0 a 5 cm					
Com	73,50	71,75	47,25	65,75	61,50	63,95 A
Sem	51,75	48,50	41,75	82,00	55,75	55,95 A
Médias	62,62	60,12	44,50	73,87	58,62	CV=33,55
Camada de 5 a 10 cm						
Com	13,00	16,50	10,00	16,33	18,00	14,40 A
Sem	10,50	12,75	8,67	14,33	13,75	13,30 A
Médias	11,75	14,62	10,25	16,75	15,87	CV=20,07

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%)

2.3.11. Teor de S no solo

Ocorreu grande diferença entre o teor de S entre os anos de 2004 e 2005 devido à aplicação do nutriente pelo superfosfato simples (10 a 12% de S) após a amostragem de 2004, uma vez que o S foi aplicado na dose de 60 kg/ha (Tabela 12).

Houve interação significativa entre doses de N e calcário no teor de S na camada de 0 a 5 cm do solo ($P < 0,01$) de forma que somente nos tratamentos sem calcário houve aumento significativo do teor de S no tratamento com N (300 kg/ha), quando comparado com a testemunha. A dose de N de 400 kg/ha

apresentou teor de S inferior ao encontrado com a dose de 300 kg/ha somente para tratamentos sem calagem (Tabela 12).

Provavelmente, o aumento de cargas negativas nos óxidos de Fe e Al e lixiviação, fez com que a absorção do nutriente e reciclagem um ano após a aplicação dos insumos, fosse menor para os tratamentos com calagem e 300 kg de N. Dessa forma, o maior valor de S no tratamento sem calagem com a dose de de N de 300 kg/ha, resultou em diferença significativa entre as doses de 300 e 400 kg/ha. Com o aumento da dose de N de 300 para 400 kg/ha, provavelmente ocorreu competição por cargas no solo entre nitrato e sulfato com provável lixiviação resultando em redução significativa no teor de S no solo. SILVA (1983) demonstrou que o S presente no solo, resultante da mineralização da matéria orgânica, pode ser suficiente para suprir as necessidades da planta. Existe possibilidade do aumento gradativo entre os tratamentos sem e com 300 kg/ha de N, decorrer da maior produção de massa com o aumento das doses de N e posterior reciclagem do S através da decomposição da matéria orgânica. A aplicação de calcário pode ter desfavorecido este efeito por reduzir a absorção de S acompanhado do amônio.

Houve efeito do calcário em aumentar o teor de S na camada de 10 a 20 cm do solo no ano de 2004 (22,15 vs 18,70) ($P < 0,05$). Este efeito ocorreu provavelmente devido ao aumento de cargas negativas nos óxidos de Fe e Al (cargas dependentes de pH) provocado pelo calcário favorecendo a lixiviação do sulfato, pois, como o sulfato é um ânion haveria menos cargas positivas no solo para que o nutriente ficasse retido.

Houve efeito linear negativo de doses de N nos tratamentos com calagem nas camadas de 10 a 20 cm ($P < 0,001$) e de 20 a 30 cm sobre o teor de S no solo ($P < 0,01$), não havendo efeito nos tratamentos sem calagem (Figura 4). Embora o nitrato não fique retido no solo e geralmente não manifeste efeito de competição por cargas, esse efeito parece ter ocorrido devido a competição por cargas entre nitrato e sulfato com a dose de N de 400 kg/ha. As observações demonstraram

que os efeitos de calcário e nitrogênio se complementam, resultando em efeitos significativos reduzindo o teor de S das camadas mais profundas.

Tabela 12. Efeitos de N e calcário no teor de S-SO₄ em camadas do solo nos de 2004 e 2005.

Ano de 2004		S-SO4 (mg/dm³)				
Profundidade	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Médias		
Com calcário	4,0 A	4,5 A	5,0 A	4,50 A		
Sem calcário	4,0 A	3,0 A	3,0 B	3,33 B		
Médias	4,00 a	3,75 a	4,00 a	CV = 15,92		
Ano de 2005		N (kg/ha)				
	0	100	200	300	400	Médias
Calcário	0 a 5 cm					
Com	33,25 Aa	34,00 Aa	35,25 Aa	36,00 Aa	11,50 Aa	30,00 A
Sem	23,25 Ab	28,00 Aab	29,50 Aab	56,25 Aa	23,75 Ab	32,15 A
Médias	28,25	31,00	32,37	46,12	17,62	CV=44,29
	5 a 10 cm					
Com	38,50	41,75	27,50	27,75	28,75	32,85 A
Sem	32,50	25,75	25,50	37,00	27,50	29,65 A
Médias	35,50	33,75	26,50	32,37	28,12	CV=32,96

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P>0,10).

CV = Coeficiente de variação (%)

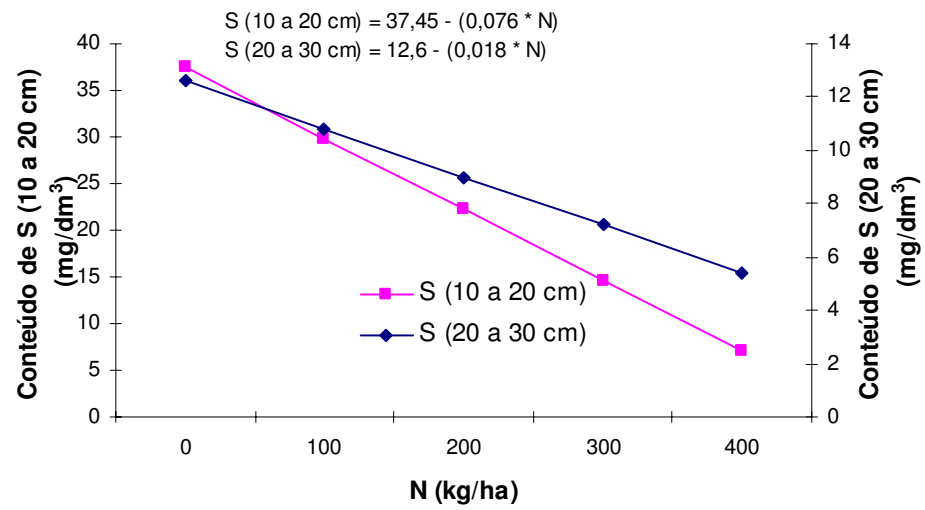


Figura 4. Efeito de doses de N nos tratamentos com calagem no teor de S nas camadas de 10 a 20 e 20 a 30 cm do solo.

2.4. Conclusões

O calcário aplicado em superfície melhorou as condições de fertilidade do solo na camada de 0 a 10 cm vinte meses após aplicação, ocorrendo aumento de pH, redução da acidez potencial nas camadas, aumento do teor de Ca, Mg e incremento na SB e a CTC. O calcário evitou a acidificação provocada pela adubação nitrogenada. A adubação nitrogenada ocasionou acidificação, promoveu aumento linear no teor de K devido à reciclagem de matéria orgânica e redução de S, sendo a redução de S agravada pela adição do calcário.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, A.S. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. 107p.
- AMARAL, A.S. & ANGHINONI, I. Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.695-702, 2001.
- CAIRES, F.E.; CHVEIRI, A.W.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicado na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.27-34, 1998.
- CANTARUTTI, R.B.; MARTUNS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. Pastagens. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação. Viçosa, p.332-341, 1999.
- COUTINHO, E.L.M.; CONSOLINI, F.; SCATOLIN, M. Adubação nitrogenada e potássica em pastagem irrigada de Tifton 68. Efeitos no solo, na planta e na produção de matéria seca. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SOLO, 14., 1999, Pucon (Chile). **Anais...** Pucon: Solo-Suelo (1999). CDROM.
- COUTINHO, E.L.M.; SILVA, A.R.; MONTEIRO, F.A. Adubação potássica em forrageiras. In: FERTILIDADE DO SOLO PARA PASTAGENS PRODUTIVAS. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2004. p. 480.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412p.
- FERRARI NETO, J.; FAQUIN, V.; VALE, F.R. Limitações nutricionais do colônio (*Panicum maximum* Jacq.) e da braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em amostras de um latossolo do noroeste do Paraná: I. produção de matéria seca

- seca e eprfilhamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p. 538-551, 1994.
- FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.459-467, 2000.
- FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.533-542, 1999.
- FRANCHINI, J.C.; MEDA, A.R.; CASSIOLATO, M.E. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. **Scientia Agricola**, v.58, p.357- 360, 2001.
- GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, v.33, p.282-290, 2003.
- KÖPPEN, W., Climatologia. Buenos Aires: Gráfica Panamericana, 478p., 1948.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ª ed., New York: Academic Press, 1995. 874p.
- MATTOS, W.T. **Diagnose nutricional de potássio em duas espécies de braquiária**. Piracicaba, 1997. 74p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo.
- MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M.; CASSIOLATO, M.E. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez superficial do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p. 647-654, 2002.
- MEIRELLES, N.M.F. Degradação de pastagens - Critérios de avaliação. In: Encontro sobre recuperação de pastagens. **Anais...**Realizado no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, agosto, p.01-27., 1993.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluver Academic Publishers, 2001.

- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.411-416, 1993.
- MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D. *et al.* Cultivo de *Brachiaria brizantha* (Stapf.) cv. Marandu em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.1, p. 135-41, 1995.
- MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: FAVORETO, V.; RODRIGUES, L.R.A. (eds.). SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS. Jaboticabal, 1989. **Anais...** Jaboticabal, FUNEP, 1989. p. 149-192.
- MOREIRA, S.G.; KIEHL, J.C.; PROCHNOW, L.I.; PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.71-81, 2001.
- OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, v.38, p.47-57, 1996.
- PAULINO, V.T. **Efeito da fertilização fosfatada, da calagem e micronutrientes no desenvolvimento de plantas forrageiras**. Tese (Doutorado) – ESALQ, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 281p. 1990.
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime or gypsum applications to a brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p. 33-38, 1984.
- PETREIRE, C.; ANGHINONI, I. Alterações de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.885-895, 2001.
- PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L de A.; PRIMAVESI A.C. Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas. São Carlos, Embrapa – Pecuária Sudeste 2001, 42p. (Circular técnica, 30).

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.28, p. 375-383, 1993.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 107p.

RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed, Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico 100).

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J. *et al.* Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.797-805, 2000.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, M.G.; LOBATO, E.; CORREA O. Calcium leaching to increase rooting depth in a brazilian savannah oxisol. **Agronomy Journal**. v.42, p. 40-44, 1980.

SILVA, M.A.M.M. **Adubação nitrogenada e consorciação do capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf) com soja perene (*Neonotonia wightii* (Wight at Arn) Lackey) e centrosema (*Centrosema pubescens* Benth)**. Tese (Mestrado em Zootecnia) – UFV, Universidade Federal de Viçosa Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 35p., 1983.

SOARES FILHO, C.V. Tratamentos físico-mecânicos, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: Encontro sobre recuperação de pastagens. **Anais...** Realizado no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, agosto, 1993, p.79-117.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User`s guide** Cary: 2003.

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

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. In: VAN RAIJ B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: IAC, 1996. p.261-273. (Boletim Técnico, 100).

CAPÍTULO 3. NITROGÊNIO, COM OU SEM APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO: NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CAPIM-MARANDU

RESUMO - Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha/ano) com ou sem aplicação superficial de calcário na nutrição da planta e produção de capim-Marandu. O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte de Sertãozinho, SP, em um Latossolo Vermelho distroférico. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial 2 x 5. Houve efeito linear positivo de dose de N sobre os teores de Ca, P, Mg e S nas lâminas foliares durante os meses do verão e efeito linear negativo sobre os mesmos durante os meses de inverno. Os teores de N e K nas lâminas foliares aumentaram linearmente com as doses de N em todos os meses. Nos meses de janeiro e agosto houve efeito quadrático das doses de N sobre os teores de N nas lâminas foliares. Houve interação significativa entre doses de N e calcário sobre os teores de Mg e K nas lâminas foliares. O nível crítico de N esteve entre 17,8 a 24,7 g/kg de massa seca.

Palavras-chave: capim-Marandu, macronutrientes, nível crítico, nutrição mineral, uréia.

CHAPTER 3. NITROGEN LEVEL, WITH OR WITHOUT SURFACE LIMING, ON THE PLANT NUTRITION AND YIELD OF MARANDU-GRASS

SUMMARY – The experiment aimed to evaluate the effects of nitrogen level (0, 100, 200, 300 and 400 kg/ha) with or without surface liming on the macronutrients in the plant. The experiment was conducted at Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, SP, in a red Latosol (Oxisol). The experimental design was the randomized plots, with four replications, in factorial arrangement 2 x 5. There was positive linear effect of N dose on the Ca, P, Mg and S content during the summer months and negative lineal effect on the same characteristics during the winter months. The N and K content increased the N doses linearly in all months. In the months of January and August there was quadratic effect of N doses on the N content in the leaf content. There was interaction effect between N doses and lime on the Mg and K in the leaf. The critical level of N was among 17,8 to 24,7 g/kg of dry matter.

Key-words: Marandu-grass, macronutrients, critical level, mineral nutrition, urea.

3.1. Introdução

A degradação das pastagens vem reduzindo a produtividade e qualidade das plantas forrageiras, afetando diretamente o estado nutricional dos rebanhos e o desempenho econômico da atividade. O capim-Marandu é largamente utilizado em pastagens no Brasil integrando o cenário de degradação. Entre as causas que têm ocasionado à degradação de pastagens cultivadas, o esgotamento da fertilidade do solo é a mais comum (PAULINO, 1990).

Mais de 90% dos solos utilizados em pastagens no Brasil apresentam-se com baixos níveis de fósforo, cálcio, magnésio, zinco e cobre e, freqüentemente, ocasionam problemas de toxicidade de alumínio e manganês nas plantas (MEIRELLES, 1993).

A acidez do solo e a redução da aeração do solo em pastagens diminuem a população de microrganismos que decompõem a matéria orgânica, reduzindo a liberação de N, P e S (SOARES FILHO, 1993). Esta ocorrência reduz a disponibilidade destes nutrientes para as plantas, contribuindo à deficiência de nitrogênio, que tem sido apontada como a principal causa da perda de produtividade das pastagens (WERNER, 1986).

Em comparação com as gramíneas do gênero *Brachiaria*, o capim-Marandu é mais exigente, sendo uma cultivar recomendada como alternativa para solos de média a alta fertilidade (ALCÂNTARA, 1985; ALMEIDA, 1999). CORRÊA & HAAG (1993) verificaram que para obtenção de 3000 kg/ha de massa seca a *Brachiaria decumbens* necessitou da adição de 25 kg/ha de P_2O_5 , enquanto a *Brachiaria brizantha* atingiu o mesmo rendimento com 130 kg/ha de P_2O_5 .

Um trabalho de FAQUIN *et al.* (1995), sobre limitações nutricionais do solo para o capim-Marandu, mostrou que o total de nutrientes absorvidos pela planta e acumulado pela parte aérea no primeiro e no segundo corte (mg/vaso) para o tratamento completo (calagem + N, P, K, S, B, Cu e Zn) seguiu a seguinte seqüência decrescente: K (253) > N (242) > Ca (175) > Mg (151) > P e S (29) > Zn (1,69) > Mn (1,54) > Cu (0,69). MARQUES *et al.* (1995) observaram que as

omissões de N, P e K reduziram a produção de MS da parte aérea do capim-Marandu para 20, 5 e 45%, respectivamente, em comparação a plantas que receberam os nutrientes.

Como a incorporação do corretivo pode comprometer a população de plantas e retardar a recuperação em pastagens já estabelecidas, a opção de aplicar o calcário em superfície sem incorporação cria uma situação nova, carente de informação. A aplicação superficial do calcário pode reduzir a eficiência de utilização do N. A uréia, adubo sólido mais utilizado no mundo, está sujeita à perda por volatilização de NH_3 , quando aplicada na superfície do solo (TERMAN, 1979). O ciclo do N é extremamente susceptível a mudanças, quando comparado aos outros nutrientes, podendo haver perdas gasosas (N_2 , N_2O , NH_3) e por lixiviação de NO_3^- , para fora do sistema (MARSCHNER, 1995).

Com este trabalho objetivou-se avaliar doses de nitrogênio com ou sem aplicação superficial de calcário na concentração de macronutrientes nas lâminas foliares e massa de forragem de capim-Marandu.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Local

O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte de Sertãozinho/IZ, localizado no município de Sertãozinho – SP, na posição geográfica de 21°08' de latitude S e 47°59' de longitude W e altitude de 548 m, no período de março de 2004 a abril de 2006.

3.2.2. Características de clima, solo e pastagem.

O clima predominante é classificado, segundo KÖPPEN (1948), como Aw caracterizado como clima tropical úmido, com verão quente e chuvoso e seco no inverno. A temperatura média anual oscila entre 27,3 a 31,5°C e a temperatura mínima média oscila entre 11 e 18°C com valores extremos de 7°C no mês de junho e 20°C nos meses de janeiro, fevereiro, março e outubro. A precipitação pluvial média nas águas é de 1485 mm, equivalendo a 80,5% do total, e na seca, 359 mm, correspondendo a 19,5%. Em geral, a estação seca ocorre de abril a setembro e a chuvosa de outubro a março.

A precipitação pluvial observada de março a novembro de 2004, período entre a aplicação do calcário e a primeira coleta de amostras de solo, foi de 646 mm. A precipitação de outubro de 2003 a março de 2004 foi de 1254 mm, de abril a setembro de 2004 foi de 370 mm, de outubro de 2004 a março de 2005 foi de 1264 mm, de abril a setembro de 2005 foi de 324 mm e de outubro de 2005 a março de 2006 de 1215 mm. A precipitação pluvial mensal e temperaturas médias máximas e mínimas, durante a condução do experimento, podem ser observadas nas Figuras 1 e 2.

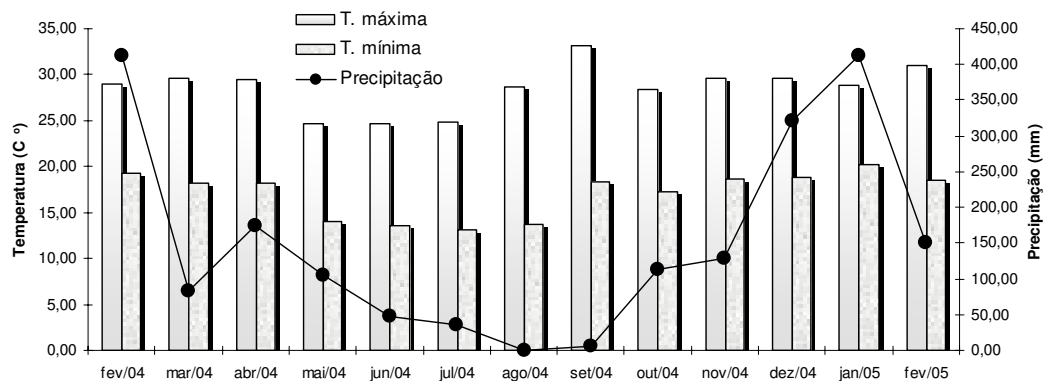


Figura 1. Precipitação pluvial mensal e temperaturas, máxima e mínima, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia, Sertãozinho, SP, no período de fevereiro de 2004 a fevereiro de 2005.

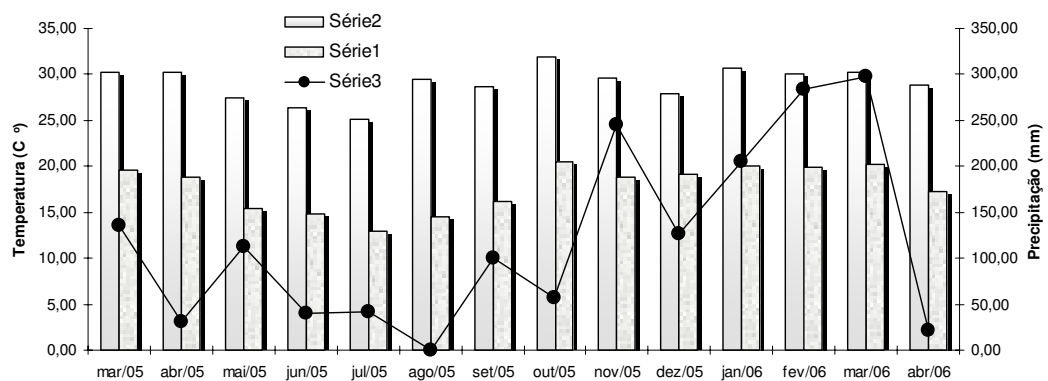


Figura 2. Precipitação pluvial mensal e temperaturas, máxima e mínima, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, SP, no período de março de 2005 a abril de 2006.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico de relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 1999). Em julho de 2003, a partir de vinte

subamostras coletadas com auxílio de enxadão na profundidade de 0 a 20 cm na área demarcada para as parcelas, foi caracterizada a situação inicial de fertilidade do solo. O resultado da análise foi o seguinte: 4 mg/dm³ de P resina; 47 g/dm³ de M.O., pH em cloreto de cálcio de 4,7; 1,8 mmolc/dm³ de K; 22 mmolc/dm³ de Ca; 11 mmolc/dm³ de Mg; 58 mmolc/dm³ de H+Al. A soma de bases foi de 35 mmolc/dm³, a CTC de 93 mmolc/dm³ e saturação por bases (V) de 38%. Com base nos resultados desta análise foi calculada a dose de calcário para correção da acidez na camada de 0 a 20 cm para elevar o índice de saturação por bases para 50%.

A pastagem de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu a ser recuperada, foi implantada em 1986 após o cultivo de milho durante dois anos consecutivos. A implantação contou apenas com a adubação residual dessas lavouras. Um ano após a implantação foram aplicados 50 kg/ha de nitrogênio, posteriormente a área permaneceu por 18 anos sem receber adubação de reposição ou manutenção.

A pastagem era utilizada por fêmeas Nelore paridas e um touro da mesma raça durante a estação de monta, com taxa de lotação igual 2 UA/ha em lotação contínua. Para a instalação do experimento, a pastagem foi vedada a partir de 20 de fevereiro de 2004 e o manejo em lotação contínua com taxa de lotação igual a 2 UA/ha deu lugar a uma lotação rotacionada com oferta de forragem (OF) de 8% do PV. Foram utilizadas fêmeas bovinas da raça Caracu com média de 500 kg de PV. O período de descanso foi de 28 a 32 dias nos meses de dezembro a abril e de 48 a 60 dias de junho a agosto, nos meses de novembro (final do período seco) o período de descanso foi de 120 e 90 dias em 2004 e 2005, respectivamente. O período de ocupação foi de 1 a 5 dias de acordo com a oferta de forragem e densidade de lotação.

A pastagem não se encontrava em estado avançado de degradação devido às características do solo, clima e resistência da espécie vegetal implantada aquelas condições. O manejo de queima nunca foi utilizado e não havia presença de invasoras. No entanto, a produção de massa seca no início do experimento,

com corte rente ao solo, num período de 58 dias após roçagem (09/03/04 a 05/05/04) foi de 1406 kg/ha. Dessa forma, segundo a escala de referência de 1 a 5, proposta por STODDART et al. (1975), o estágio de degradação é classificado como 1, ou seja, o mais brando, caracterizado pelo distúrbio fisiológico da espécie principal, com diminuição considerável na sua produtividade potencial para as condições edafoclimáticas e bióticas, perda de vigor, incapacidade de recuperar-se naturalmente e de manter mais de 2 UA/ha.

3.2.3. Unidades experimentais e aplicação dos tratamentos

As atividades de recuperação da pastagem foram realizadas em área de 3.200 m². Para cada tratamento foi utilizado uma parcela de 80 m², com 8 m de largura e 10 m de comprimento. Entre as parcelas havia distância de 1 m como carreador. De cada lado da parcela foi considerado 1 m de bordadura, utilizando-se uma área útil de 48 m² para as coletas de amostra.

No mês de fevereiro de 2004 uma área de 11.055 m² foi vedada com uso de cerca de arame farpado, formando-se um único piquete contendo todas as parcelas. A área total destinada ao experimento foi maior que a soma da área das parcelas devido aos blocos terem sido dispostos em cada curva de nível, somando-se desta forma a largura de quatro curvas de nível, acrescida de área lateral para cochos, bebedouros e eventual entrada de máquinas. Em cada bloco foram avaliados 10 tratamentos (sem N, 4 doses de N, com e sem aplicação de calcário em superfície) sorteados nas parcelas.

Com base nos resultados da análise de solo, a partir de amostra composta por vinte subamostras coletadas na área demarcada para as parcelas, foi caracterizada a situação inicial e definida a dose de calcário para correção da acidez na camada de 0 a 20 cm para elevar a saturação por bases para 50% (WERNER *et al.*, 1996).

Foi realizada roçagem para uniformizar e rebaixar o relvado a 15 cm do solo em março de 2004. Logo após a roçagem, no dia 23 de março de 2004, fez-se a

aplicação superficial de calcário dolomítico, sem incorporação, de 1,1 t/ha e com distribuição a lanço. O calcário apresentava PRNT igual a 101%, era composto por 45,65% de CaO e 8,40% de MgO.

A adubação nitrogenada foi realizada durante o verão, após as primeiras chuvas. Foram aplicadas doses de N de 0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha, utilizando-se a uréia, parceladas em duas doses iguais aplicadas nos meses de novembro e dezembro nos anos de 2004 e 2005, logo após o pastejo em dois ciclos sucessivos. Junto à primeira aplicação foram fornecidos P e K de maneira semelhante para todos os tratamentos em doses de acordo com CANTARUTTI *et al.* (1999). A adubação com P foi realizada pela aplicação de superfosfato simples na dose de 90 kg/ha de P_2O_5 no primeiro ano e 60 kg/ha de P_2O_5 no segundo. A adubação com K fornecendo-se 40 kg/ha de K_2O foi realizada pela aplicação de cloreto de potássio. As aplicações foram realizadas concomitantemente no início da estação chuvosa. Todos os insumos foram distribuídos manualmente em superfície, no dia seguinte ao pastejo.

3.2.4. Avaliação de macronutrientes nas lâminas foliares

Para interpretação do estado nutricional da planta foi utilizada análise da lâmina foliar três vezes durante o verão (dezembro, janeiro, fevereiro) e duas vezes durante o inverno (junho e agosto).

Um dia antes da entrada dos animais foram separados 28 perfilhos em cada parcela. De cada perfilho foram separadas duas lâminas de folhas recém-expandidas consistindo este ao método da folha diagnóstica (lâmina das duas folhas superiores totalmente expandidas) recomendada por SANTOS (1997), sendo as folhas +1 e +2 separadas para análise. Como duas folhas foram separadas de cada perfilho a amostra para análise de lâmina foliar foi composta por 56 lâminas (oriundas de 28 perfilhos) por parcela.

Após a separação, essas folhas foram lavadas em água de torneira e, posteriormente, em água destilada e desionizada mais detergente neutro EXTRAN (solução a 0,1%) por duas vezes em diversos recipientes e enchaguadas em água destilada sem detergente. Depois de lavadas, foram enxutas com toalhas de papel absorvente, acondicionadas em sacos de papel perfurados e postas para secar em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C, até massa constante. Posteriormente, as amostras foram moídas e submetidas a determinações químicas de N, P, K, Ca, Mg e S, conforme método descrito por SARRUGE & HAAG (1974).

3.2.5. Avaliação da massa de forragem

As amostragens para avaliação da massa de forragem foram realizadas por meio do retângulo de 1 m² (2,0 x 0,5 m) lançado por quatro vezes na área útil da parcela, um dia antes da entrada dos animais, procedendo-se o corte rente ao solo. Após a coleta e pesagem da forragem vinda do campo em sacos de plástico, amostras foram submetidas a secagem a 65°C para obtenção do teor de matéria seca.

3.2.6. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial 2 X 5. Foram incluídos no modelo o efeito do calcário, nitrogênio, bloco, época e todas as possíveis interações. No caso dos efeitos significativos para calagem, época e interações entre N, calagem e época procedeu-se o teste de comparação de médias (Tukey a 10 %). Em seguida, quando verificado a significância para doses de N, realizou-se a análise de

regressão linear polinomial com uma variável regressora, para componentes do primeiro e segundo grau.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2003) adotando-se nível de significância de 10 %. As observações de macronutrientes nas lâminas foliares e massa de forragem foram analisadas por medidas repetidas no tempo usando o PROC MIXED. Para estudo de correlação entre os nutrientes empregou-se o PROC CORR e para análises de regressão o PROC REG.

3.3. Resultados e Discussão

3.3.1. Concentração de Ca nas lâminas foliares

A análise de variância mostrou efeito das doses de N e de época na concentração de Ca nas lâminas foliares. No mês de dezembro de 2004 houve efeito linear positivo da adubação nitrogenada na concentração de Ca nas lâminas foliares ($P < 0,05$). No entanto, nos meses de inverno, junho ($P < 0,001$) e agosto ($P < 0,001$) houve efeito linear negativo das doses de N na concentração de Ca nas lâminas foliares (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito de doses de N em na concentração de Ca nas lâminas foliares.

	Equação de regressão	R ²	Pr > F
Dezembro 2004	$Ca = 3,7345 + 0,00155 N$	0,13	0,018
Junho 2005	$Ca = 6,9325 - 0,00446 N$	0,43	0,0001
Agosto 2005	$Ca = 7,4675 - 0,00563 N$	0,44	0,0001

Doses de N em kg/ha e concentração de Ca em g/kg

No mês de junho houve efeito do calcário em aumentar a concentração de Ca nas lâminas foliares ($P < 0,05$). No mês de agosto observou-se interação significativa entre calcário e doses de N na concentração de Ca nas lâminas foliares ($P < 0,10$), sendo que, nos tratamentos sem calcário, ocorreu efeito das doses de N de 100, 300 e 400 kg/ha em reduzir a concentração de Ca nas lâminas foliares, enquanto nos tratamentos com calcário, tal efeito ocorreu somente com a dose de 400 kg/ha (Tabela 2). As concentrações de Ca estiveram dentro da faixa de 3 a 6 g/kg de matéria seca, mencionada como adequada para o capim-Marandu por WERNER *et al.* (1996).

Tabela 2. Efeito da adubação nitrogenada e calagem superficial na concentração de Ca nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

		Cálcio (g/kg)					
	kg N/ha	0	100	200	300	400	Média
DEZ 2004	Com	3,40	3,72	4,02	4,07	4,35	3,91 A
	Sem	3,96	3,92	4,37	4,50	4,10	4,17 A
	Média	3,68	3,82	4,20	4,28	4,22	CV=14,40
JAN 2005	Com	4,60	4,73	4,73	4,80	5,10	4,79 A
	Sem	4,20	4,28	4,70	4,78	4,50	4,49 A
	Média	4,40	4,50	4,71	4,79	4,80	CV=16,11
FEV 2005	Com	5,15	5,65	6,05	5,37	5,50	5,54 A
	Sem	5,17	4,85	5,45	6,27	5,37	5,42 A
	Média	5,16	5,25	5,75	5,82	5,43	CV=19,64
JUN 2005	Com	7,97	5,90	6,45	5,95	5,20	6,29 A
	Sem	6,75	5,70	5,82	5,52	5,12	5,78 B
	Média	7,36	5,80	6,13	5,73	5,16	CV=10,03
AGO 2005	Com	7,15 A a	7,35 A a	6,40 A ab	6,22 A ab	5,15 A b	6,45 A
	Sem	8,07 A a	6,02 A b	6,45 A ab	5,15 A b	5,45 A b	6,23 A
	Média	7,61	6,68	6,42	5,68	5,30	CV=13,77

Letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%).

De acordo com GOMIDE *et al.* (1984) e PACIULLO (1997), não existe tendência definida quanto aos efeitos do N na concentração de Ca nas gramíneas forrageiras tropicais. Tudo indica que os efeitos estão condicionados à disponibilidade do nutriente no solo, interação entre nutrientes e respostas da planta à adubação, que por sua vez são influenciadas pelo genótipo da espécie e condições ambientais.

Neste trabalho foi observado efeito de época ($P<0,001$) e interação significativa entre doses de N e época ($P<0,001$) no teor de Ca nas lâminas foliares. A concentração de Ca nas lâminas foliares foi significativamente superior nos meses de junho e agosto, quando comparada com as concentrações de Ca observadas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro ($P<0,001$) (Tabela 10). O efeito de época sobre a concentração de Ca nas lâminas foliares pode ser observado na Figura 3.

Enquanto a análise de regressão mostrou efeito linear positivo do N no verão e negativo no inverno nas concentrações de Ca nas lâminas foliares, as

concentrações de Ca nas lâminas foliares e parte aérea da planta foram superiores durante os meses de inverno, quando comparados às concentrações observadas nos meses de verão (Figura 3).

Em todos os meses avaliados a concentração de Ca na parte aérea foi inferior para doses mais altas de N ($P < 0,05$), demonstrando um efeito de diluição da concentração de Ca na planta, devido ao aumento de massa de forragem.

No entanto, aparentemente o aumento da absorção daquelas plantas adubadas parece compensar a diluição do nutriente, levando ao aumento ou manutenção de seu teor nas lâminas foliares.

As concentrações de Ca nos meses de inverno foram superiores aos valores obtidos nos meses de verão, demonstrando que plantas com crescimento limitado, devido a condições ambientais de temperatura e precipitação pluvial, apresentam menor diluição da concentração de Ca na parte aérea da planta (Tabela 3), além disso, o Ca é elemento imóvel na planta e concentra-se em partes velhas.

Desta forma, observou-se que, enquanto o maior crescimento da planta durante o verão, com a adubação nitrogenada, promove diluição do nutriente na planta inteira, a absorção e transporte são favorecidos, aumentando a concentração de Ca nas lâminas foliares. Já nos meses de inverno, com a menor disponibilidade do nutriente no solo para absorção e transporte, o efeito de diluição promovido pelas doses de nitrogênio na concentração de Ca nas lâminas foliares não pôde ser compensado por maior absorção do nutriente.

Poder-se-ia especular que o aumento da concentração de Ca nas lâminas foliares nos meses de inverno deve-se parcialmente à maior solubilização dos nutrientes do calcário com as últimas chuvas de verão, aumentando sua disponibilidade no solo ao longo do tempo após aplicação do calcário. No entanto, as análises de solo de um ano para o outro permitem descartar essa hipótese, sendo que, provavelmente, o efeito de época ocorreu devido ao aumento de concentração associado com plantas de crescimento limitado (JARREL &

BEVERLY, 1981), aumentando a concentração de Ca nas lâminas foliares nos meses de inverno ($P<0,001$) (Tabela 3).

A escassez de chuva nos meses de inverno prejudica absorção e transporte de nutrientes absorvidos por fluxo de massa reduzindo o crescimento da planta, e como o Ca não apresenta mobilidade na planta, não estando disponível para absorção e transporte, ocorrem os efeitos observados das doses de N em reduzir a concentração de Ca nas lâminas foliares em junho ($P<0,001$) e em agosto ($P<0,001$).

Por outro lado, o efeito das doses de N em aumentar a concentração de Ca nas lâminas foliares em dezembro ($P<0,05$) (Tabela 2) deve-se ao favorecimento para sua absorção. O Ca é absorvido por fluxo de massa. Assim, como a adubação nitrogenada aumenta a área foliar e a transpiração da planta, favorece a absorção de nutrientes por fluxo de massa. A perda de água pelas folhas torna o ambiente próximo da raiz mais seco devido à maior sucção de água pela planta, fazendo com que o elemento se movimente de uma fase aquosa de uma região mais úmida distante da raiz para outra mais seca, próxima da superfície radicular (MALAVOLTA et al., 1997). A interação significativa entre época e nitrogênio na concentração de Ca nas lâminas foliares pode ser observada na Figura 4.

Tabela 3. Efeito de época e N na concentração de Ca na parte aérea e nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

Doses N		Ca nas lâminas foliares (g/kg)			
kg/ha	Dez	Jan	Fev	Jun	Ago
0	3,68 B c	4,40 C b	5,16 C b	7,36 A a	7,61 A a
100	3,83 B b	4,50 CB b	5,25 C ab	6,13 B ab	6,69 B a
200	4,20 A b	4,71 AB b	5,75 AB ab	5,80 C ab	6,43 B a
300	4,29 A b	4,79 A ab	5,82 A a	5,73 C a	5,69 C a
400	4,23 A a	4,80 A a	5,43 BC a	5,16 D a	5,30 D a
Média	4,04 E	4,64 D	5,48 C	6,04 B	6,34 A
CV (%)	14,40	16,11	19,64	10,03	13,77
Doses N		Ca na parte aérea (g/kg)			
kg/ha	Dez	Jan	Fev	Jun	Ago
0	5,16 A a	5,95 A a	5,50 A a	6,04 A a	5,66 A a
100	4,38 B b	3,95 B b	4,26 B b	5,20 B a	5,20 B a
200	4,11 CB bc	3,76 B c	4,36 B b	5,00 C a	4,88 C a
300	3,94 C b	3,83 B b	3,98 C b	4,81 D a	4,76 DC a

400	3,43 D c	3,88 B b	3,88 C b	4,84 D a	4,56 D a
Média	4,20 B	4,27 B	4,38 B	5,17 A	5,01 A
CV (%)	14,43	10,60	15,00	17,70	16,64

Letras semelhantes, maiúsculas nas colunas e minúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

CV = Coeficiente de variação

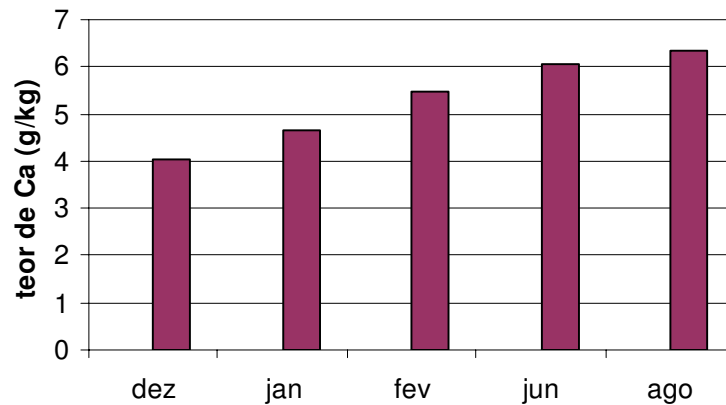


Figura 3. Efeito de época na concentração de Ca nas lâminas foliares de capim-Marandu.

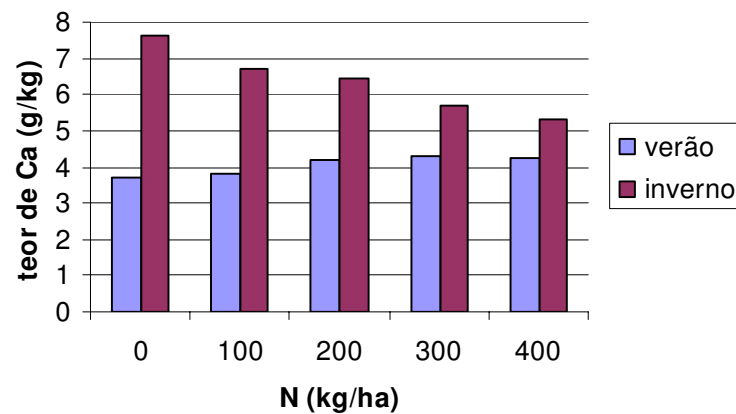


Figura 4. Interação entre época e doses de N na concentração de Ca nas lâminas foliares de capim-Marandu nos meses de dezembro (verão) e agosto (inverno).

Os efeitos da calagem observados sobre a concentração de Ca no solo tiveram relação controversa à concentração de Ca nas lâminas foliares. Embora a diferença não tenha sido significativa ($P>0,05$), mesmo ocorrendo maior concentração de Ca no solo nos tratamentos com calcário, no mês de dezembro as concentrações de Ca nas lâminas foliares para os tratamentos com calcário foram inferiores as concentrações encontradas nos tratamentos sem calcário. A concentração de Ca nas lâminas foliares foi maior apenas para tratamentos com a maior dose de N, demonstrando que o aumento da concentração de Ca nas lâminas foliares em dezembro, ocorreu devido ao efeito do N e não do calcário ($P<0,05$).

A ausência de efeito do calcário na concentração de Ca nas lâminas foliares pode ter ocorrido devido ao alto nível de Ca no solo no início do trabalho. Além disso, o nutriente foi fornecido através da adubação com superfosfato simples em todas as parcelas, contribuindo para altas concentrações também nos tratamentos sem calcário. Por outro lado, se o Ca inibir a absorção de NH_4 o efeito do N sobre o fluxo de massa seria menor reduzindo a absorção de Ca.

Outra possível explicação, para menor concentração de Ca nos tratamentos com calagem, principalmente para o primeiro mês após adubação, decorre do efeito sinérgico do calcário sobre a absorção de K e posterior efeito de inibição competitiva do K sobre o Ca (Figura 5). Foi observado efeito antagônico entre as concentrações de Ca e K nas lâminas foliares (Tabela 4). Segundo MALAVOLTA et al. (1997), enquanto o efeito do calcário sobre o K é de sinergismo favorecendo sua absorção, o K tem efeito de inibição competitiva sobre o Ca. Dessa forma, no mês de dezembro, provavelmente o K aplicado pelo cloreto de potássio em novembro, provocou redução das concentrações de Ca e Mg por inibição competitiva. No mês de junho, aparentemente já não havia mais efeito residual da adubação do K realizada em novembro, ocorrendo efeito do calcário em aumentar a concentração de Ca ($P<0,05$) (Tabela 2), sendo a concentração de K nas lâminas foliares inferior para tratamentos com calcário. Segundo DIBB & THOMPSON JR. (1985) o K é um forte competidor na absorção de outros cátions,

sendo a absorção de outros cátions especialmente aumentada quando a absorção de K é baixa. Como foram aplicados 510 kg/ha de CaO e 33 kg/ha de K, aparentemente, logo após aplicação do cloreto de potássio, o Ca esteve menos disponível que o K para absorção, devido à menor solubilidade do calcário e menor mobilidade do Ca solo.

Além disso, segundo MARSCHNER (1995) as gramíneas apresentam baixa CTC de raiz e os solos adsorvem mais fortemente cátions de maior valência ($\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$). Desta forma as gramíneas seriam mais eficientes na remoção de cátions monovalentes (K^+) e com a adição de Ca e Mg pela calagem e K através da aplicação de cloreto de potássio, pode ter ocorrido antagonismo entre Ca, Mg e K devido à competição por sítios de ligação, inibindo a absorção de Ca e Mg. Embora, de acordo com o relacionamento antagônico entre K, Ca e Mg, segundo MENGEL & KIRKBY (2001), a competição entre Ca, Mg e K por sítios de ligação no carregador se mostra improvável devido às diferenças em tamanho e estrutura dos cátions, e provavelmente deve-se a uma competição por equivalentes aniônicos na célula na tentativa da planta em manter a eletroneutralidade do sistema.

Tabela 4. Coeficientes de correlação entre concentrações de K e Ca nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

	r	p
Dezembro 2004	NS	0,443
Janeiro 2005	-0,34	0,03
Fevereiro 2005	-0,44	0,004
Junho 2005	-0,69	0,0001
Agosto 2005	-0,75	0,0001

r = coeficiente de correlação entre as variáveis.

p = probabilidade de significância para testar a hipótese de que a verdadeira correlação da população em questão é zero.

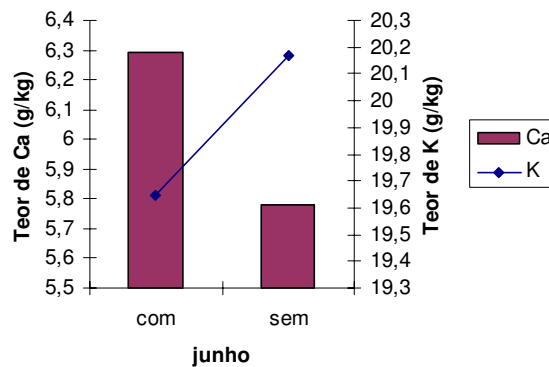


Figura 5. Concentrações de Ca e K nas lâminas foliares de capim-Marandu, no mês de junho de 2005.

GOMIDE *et al.* (1984) observaram nível crítico de concentração de Ca em forrageiras de 4,0 g/kg. Os valores médios de Ca encontrados neste trabalho estiveram entre 3,9 g/kg em dezembro a 6,4 g/kg em agosto, indicando que não houve deficiência do nutriente nesse capim.

3.3.2. Concentração de Mg nas lâminas foliares

O aumento da área foliar resulta em maior fluxo de água para a planta, sendo que se o elemento estiver disponível no solo, a adubação com N poderá favorecer a absorção. No mês de dezembro de 2004, houve efeito linear positivo do N na concentração de Mg nas lâminas foliares ($P < 0,01$). O Mg é elemento móvel na planta, e como esse nutriente faz parte da clorofila, provavelmente a planta redistribuiu Mg para as folhas nos tratamentos com maiores doses de N. No mês de janeiro houve efeito quadrático das doses de N na concentração de Mg nas lâminas foliares ($P < 0,01$) e no mês de junho e agosto houve efeito linear negativo do N na concentração de Mg nas lâminas foliares ($P < 0,05$), as equações encontram-se na Tabela 5. Com as desfolhas sucessivas pelo pastejo animal as reservas da planta são reduzidas e aparentemente a disponibilidade do Mg no

solo não foi suficiente para suprir o aumento da demanda resultante do fornecimento de N, sendo a situação agravada pelo período de estiagem.

Tabela 5. Equações de regressão representando o efeito de N na concentração de Mg nas lâminas foliares.

	Equação de regressão	R ²	Pr > F
Dezembro 2004	Mg = 3,3925 + 0,00334 N	0,24	0,001
Janeiro 2005	Mg = 4,203571 + 0,0137 N – 0,00002669 N ²	0,28	0,0085
Junho 2005	Mg = 4,6275 – 0,00191 N	0,19	0,004
Agosto 2005	Mg = 4,7875 - 0,0014 N	0,49	0,042

Doses de N em kg/ha e concentração de Mg em g/kg

A concentração de Mg nas lâminas foliares mencionada como adequada por WERNER *et al.* (1996) é de 1,5 a 4,0 g/kg. Em alguns momentos os valores encontrados neste experimento estiveram acima desta faixa (Tabela 6).

Tabela 6. Efeitos do N e calcário na concentração de Mg nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

		Mg (g/kg)					Média
	kg N/ha	0	100	200	300	400	
DEZ 2004	Com	3,07	3,77	4,15	4,02	4,30	3,86 A
	Sem	3,47	3,65	4,07	5,57	4,50	4,25 A
	Média	3,27	3,71	4,11	4,80	4,40	CV=19,94
JAN 2005	Com	4,18	5,28	6,05	5,55	5,15	5,24 A
	Sem	4,33	5,03	6,08	6,08	5,70	5,44 A
	Média	4,25	5,15	6,06	5,81	5,43	CV=20,59
FEV 2005	Com	4,65	4,90	5,32	5,07	5,30	5,05 A
	Sem	5,25	4,52	5,50	6,17	5,52	5,39 A
	Média	4,95	4,71	5,41	5,62	5,41	CV=16,38
JUN 2005	Com	5,02	4,20	4,55	3,92	3,90	4,32 A
	Sem	4,72	3,82	4,15	4,32	3,82	4,17 A
	Média	4,87	4,01	4,35	4,12	3,86	CV=12,86
AGO 2005	Com	4,72	4,85	4,40	4,35	4,07	4,48 A
	Sem	5,17	4,17	4,40	4,32	4,60	4,53 A
	Média	4,95	4,51	4,40	4,33	4,33	CV=13,52

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P>0,10).

CV = Coeficiente de variação

Houve efeito antagônico das concentrações de Mg e K nas lâminas foliares nos meses de fevereiro ($P < 0,05$), junho ($P < 0,001$) e agosto ($P < 0,01$) (Tabela 7). Nos meses em que a concentração de Mg foi menor com calcário, a concentração de K foi maior, e vice-versa, (Figura 6).

Tabela 7. Coeficientes de correlação entre K e Mg nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

K e Mg		
	r	p
Dezembro 2004	NS	0,151
Janeiro 2005	NS	0,769
Fevereiro 2005	-0,35	0,024
Junho 2005	-0,58	0,0001
Agosto 2005	-0,47	0,002

r = coeficiente de correlação entre as variáveis.

p = probabilidade de significância para testar a hipótese de que a verdadeira correlação da população em questão é zero.

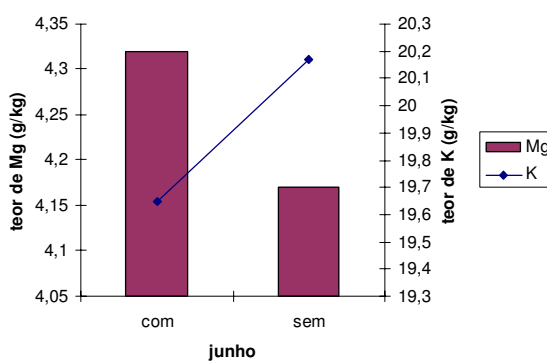


Figura 6. Efeito de calcário nas concentrações de Mg e K nas lâminas foliares de capim-Marandu, no mês de junho.

Houve efeito significativo de época na concentração de Mg nas lâminas foliares. No mês de dezembro a concentração de Mg nas lâminas foliares foi

inferior a todos outros meses, e nos meses de janeiro e fevereiro a concentração de Mg foi maior, quando comparado a junho e agosto ($P < 0,001$) (Tabela 8).

Os resultados são coerentes ao mecanismo de absorção do Mg. Como o Mg é absorvido por fluxo de massa, as concentrações de Mg nas lâminas foliares foram maiores nos meses com maiores precipitações pluviais, sendo que sua presença nas folhas é favorecida no período das águas e reduzida no período seco. A menor concentração de Mg nas lâminas foliares no mês de dezembro pode ter ocorrido devido ao antagonismo do Mg com K, uma vez que foram aplicados 33 kg/ha de K no mês de novembro. Além disso, no mês de dezembro pode ter ocorrido menor disponibilidade de Mg devido a menor solubilidade do calcário oito meses após aplicação, enquanto que as maiores precipitações pluviais nos meses de janeiro e fevereiro aumentaram a disponibilidade de Mg no solo para absorção da planta.

No entanto, a ocorrência mais provável resultando em efeito de época decorre da possível redistribuição do Mg na planta. Com o aumento de demanda do nutriente nas lâminas foliares ocasionada pela adubação com N, as folhas nos meses que sucedem a adubação apresentam maiores concentrações. No mês de junho e agosto as reservas da planta haviam sido reduzidas pelas mobilizações anteriores conduzindo a menores concentrações. Assim, nos meses de junho e agosto, as menores concentrações de Mg devido à redução de reservas da planta e menor precipitação pluvial, são amenizadas pelo efeito de aumento da concentração, associado com crescimento limitado da planta (JARREL & BEVERLY, 1981).

As diferentes possibilidades do efeito de N e época na concentração de Mg nas lâminas foliares ocorrem concomitantemente, em alguns momentos complementam-se, em outros amenizam efeitos.

Tabela 8. Efeito de época, dentro de cada dose de N na concentração de Mg nas lâminas foliares de capim-Marandu.

N kg/ha	Mg (g/kg)					
	Dez	Jan	Fev	Jun	Ago	Média
0	3,27 b	4,25 a	4,95 a	4,87 a	4,95 a	4,46 b
100	3,72 b	5,15 a	4,71 ab	4,01 ab	4,51 ab	4,42 b
200	4,12 c	6,06 a	5,41 b	4,35 bc	4,40 bc	4,86 a
300	4,80 a	5,81 a	5,62 a	4,12 b	4,34 a	4,94 a
400	4,40 b	5,43 a	5,41 a	3,86 b	4,34 b	4,68 ab
Média	4,06 D	5,34 A	5,22 A	4,24 C	4,50 B	CV=16,75

Letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%)

Segundo NEPTUNE (1986), a concentração de Mg em plantas forrageiras varia muito e deve ser de 2,0 g/kg de massa seca ou mais para evitar risco de deficiência. Neste trabalho, os valores observados estiveram entre 3,86 e 5,44 g/kg e acima dos valores mencionados por NEPTUNE (1986), portanto não houve deficiência.

3.3.3. Concentração de K nas lâminas foliares

O K tem papel fundamental no metabolismo vegetal, atuando na fotossíntese e na translocação dos carboidratos, e funciona como ativador enzimático (EPSTEIN, 1975). Esse nutriente está relacionado com a resistência e integridade física da membrana, tendo função estrutural. Assim, quanto maior o crescimento da planta maior a necessidade de K. Desta forma, a adubação nitrogenada pode provocar reflexos na concentração de K na forragem.

Houve efeito linear positivo de doses de N no teor de K nas lâminas foliares em todos os meses avaliados (Tabela 9). O K é absorvido por difusão e também por fluxo de massa, assim, um provável aumento de volume do sistema radicular

promovido pela adubação nitrogenada e incremento de área foliar e massa de forragem, aumentando a transpiração da planta, pode ter favorecido a absorção de K, resultando em aumento da extração de K conforme o aumento das doses de N. Plantas com raízes bem desenvolvidas e bem distribuídas, com maior proporção de pêlos absorventes, absorvem mais nutrientes.

Devido a sua função estrutural, é certo que quanto maior o crescimento da planta maior a necessidade de K. No entanto, é difícil identificar qual fração do nutriente absorvido seria devido a necessidade fisiológica da planta ou devido aos fatores que facilitaram sua absorção (consumo de luxo).

O efeito linear positivo das doses de N no teor de K nas lâminas foliares foi coerente com os resultados de K no solo, demonstrando que o teor do nutriente no solo ocasiona reflexos na concentração de K na forragem. O reflexo do teor do nutriente no solo sobre sua concentração na planta parece óbvio, no entanto não ocorreu para Ca e Mg. Em relação ao efeito do N sobre a concentração de K nas lâminas foliares, resultados contrários podem ser encontrados. ADANS (1973) verificaram diminuição nas concentrações de K na forragem com o aumento da produção em função da adubação nitrogenada. Desta forma, a adição de N pode aumentar as concentrações de K na planta se o teor desse elemento no solo for alto e reduzir, quando o teor no solo for baixo.

Tabela 9. Equações de regressão representando o efeito de N na concentração de K nas lâminas foliares em épocas do ano.

	Equação de regressão	R ²	Pr > F
Dezembro 2004	$K = 21,675 + 0,01432 N$	0,21	0,0026
Janeiro 2005	$K = 19,8775 + 0,01634 N$	0,23	0,0017
Fevereiro 2005	$K = 19,175 + 0,00812 N$	0,12	0,0283
Junho 2005	$K = 15,6075 + 0,02152 N$	0,66	0,0001
Agosto 2005	$K = 23,7275 + 0,02779 N$	0,65	0,0001

Houve interação significativa entre N e calcário na concentração de K nas lâminas foliares no mês de dezembro de 2004 ($P < 0,01$). A interação ocorreu

devido à maior diferença nas concentrações de K entre as doses de N nos tratamentos sem calcário (Tabela 10). Neste mês foi realizada a primeira coleta de folhas após aplicação de 33 kg/ha de K. As ocorrências sinalizam que nos tratamentos com calcário ocorreu menor lixiviação do K e que a redução de íons H^+ possibilitou maior reservatório de K no solo. Essas observações corroboram a colocação de que o Ca tem efeito de sinergismo sobre o K (MARSCHNER, 1995).

No entanto, segundo MARSCHNER (1995), o K tem efeito de inibição competitiva sobre o Ca e Mg, provavelmente devido à competição por sítios de ligação. Neste trabalho foi constatada a colocação de MARSCHNER (1995), pois quando o Ca e o Mg apresentaram maiores valores com calagem, o teor de K foi menor e vive-versa, ocorrendo efeito antagônico entre K e Ca e entre K e Mg como resposta ao calcário. Esta ocorrência pode levar a deficiência de Ca e Mg nas plantas e animais, sendo importante aplicar calcário em solos com baixos níveis desses nutrientes, não sendo o caso neste experimento. O resultado está de acordo com vários autores que também demonstraram que com o aumento da concentração de K nas lâminas foliares houve redução das concentrações de Ca e/ou Mg (BÜLL *et al.*, 1993; ANDRADE *et al.*, 1996; MATTOS & MONTEIRO, 1998; ANDRADE *et al.*, 2000; LAVRES JUNIOR & MONTEIRO, 2002; MATTOS *et al.*, 2002).

Segundo MARSCHNER (1995), as gramíneas apresentam baixa CTC de raízes e os solos adsorvem mais fortemente cátions de maior valência ($Al^{+3} > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^+$). Desta forma as gramíneas seriam mais eficientes em remover cátions monovalentes (K^+), resultando em maiores concentrações de K e menores concentrações de Ca nas lâminas foliares, mesmo tendo sido aplicado Ca através da calagem. Além disso, os efeitos devem-se a rápida solubilização do cloreto de potássio logo após a sua aplicação, diferente do calcário que possui menor solubilidade.

Nos meses posteriores a dezembro, a ausência de efeito positivo do calcário sobre o K na planta decorre do maior prazo da aplicação do cloreto de potássio, não ocorrendo efeito residual suficiente para que a interação com o

calcário fosse significativa. No mês de julho, com a redução do teor de K no solo, quando comparado a dezembro devido a absorção do nutriente pela planta e/ou lixiviação, o efeito residual da adubação com cloreto de potássio não foi suficiente para compensar a solubilização de Ca e Mg do calcário no período. Uma vez que a quantidade de Ca (364 kg/ha), aplicada através do calcário, foi muito superior a de K (33 kg/ha), fornecido através do cloreto de potássio, o efeito da quantidade de nutrientes prevaleceu ao efeito da menor retenção do K no complexo coloidal por ser monovalente. Assim, observou-se menor concentração de K nos tratamentos com calcário no mês de junho ($P < 0,01$) (Tabela 10), mesmo período em que a concentração de Ca foi significativamente superior nos tratamentos com calcário.

Tabela 10. Efeito do N na concentração de K nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

		Potássio (g/kg)					
	Kg N/ha	0	100	200	300	400	Média
DEZ 2004	Com	23,40 Aa	24,10 Aa	23,00 Aa	29,52 Aa	29,07 Aa	25,82 A
	Sem	20,72 Ab	22,45 Aab	25,65 Aab	19,16 Bb	28,30 Aa	23,25 B
	Média	22,06	23,27	24,32	24,34	28,68	CV=13,19
JAN 2005	Com	18,95	22,05	21,50	24,70	27,53	22,95 A
	Sem	18,70	24,78	24,23	23,00	26,03	23,35 A
	Média	18,83	23,41	22,86	23,85	26,78	CV=19,72
FEV 2005	Com	19,35	20,30	18,67	21,90	22,55	20,55 A
	Sem	18,82	20,25	22,65	20,85	22,65	21,04 A
	Média	19,08	20,27	20,66	21,37	22,60	CV=16,41
JUN 2005	Com	15,05	18,82	18,50	20,87	25,02	19,65 B
	Sem	15,30	20,05	19,00	21,30	25,20	20,17 A
	Média	15,17	19,43	18,75	21,08	25,11	CV=10,73
AGO 2005	Com	24,82	25,00	29,90	32,67	33,25	29,13 A
	Sem	21,22	28,50	29,60	33,75	34,12	29,44 A
	Média	23,02	26,75	29,75	33,21	33,68	CV=9,64

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%)

Houve efeito de época sobre o teor de K tendo sido maior em agosto ($P<0,001$, Tabela 11) e interação significativa entre N e época ($P<0,10$). Esta ocorrência deve-se provavelmente a composição da planta neste período.

MATTOS & MONTEIRO (1998) observaram que a concentração de potássio foi mais elevada nos colmos mais bainhas do que em quaisquer das outras partes amostradas no capim-Marandu. A participação percentual da quantidade de potássio nos colmos mais bainhas no trabalho de MATTOS & MONTEIRO (1998) representou em torno de 29 a 50% do total de potássio presente na parte aérea no primeiro corte e de 41 a 53% por ocasião do segundo corte da planta forrageira. A partição do nutriente deve-se a sua função estrutural e está relacionada com a lignificação da planta. BERINGER & TROLLDENIER (1978) verificaram que o fornecimento de potássio conduz ao espessamento da parede das células da epiderme e aumento da lignificação das células. Como em gramíneas tropicais ocorre aumento da concentração de lignina de acordo com a maturidade da planta, tanto no colmo como nas folhas (MORRISON, 1980) e a

folha diagnóstica do mês de agosto procedia de um maior período de descanso e conseqüentemente de plantas mais maduras, observou-se maior concentração de K nas lâminas foliares para esta época. Esta ocorrência diverge da colocação de COUTINHO et al. (2004), que mencionou terem as concentrações de K no tecido de forrageiras tropicais declinado rapidamente com a maturidade e acrescentou que a época de amostragem é extremamente importante na avaliação do estado nutricional das plantas. Desta forma, talvez o efeito de época esteja relacionado à baixa temperatura e ao estresse hídrico no mês de agosto, resultando em aumento de concentração do nutriente associado a plantas de crescimento limitado (JARREL & BEVERLY, 1981). O efeito de época na concentração de K nas lâminas foliares pode ser observado na Figura 7.

Tabela 11. Efeito de época, dentro de cada dose de N, na concentração de K nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

N kg/ha	K (g/kg)					
	Dez	Jan	Fev	Jun	Ago	Média
0	22,06 AB	18,83 B	19,08 B	15,17 C	23,03 A	19,63 c
100	23,28 AB	23,41 AB	20,27 B	18,75 B	26,75 A	22,63 b
200	24,33 B	22,86 CB	20,66 BCD	19,43 D	29,75 A	23,27 b
300	24,35 B	23,85 B	21,37 B	21,08 B	33,21 A	24,77 b
400	28,69 B	26,78 BC	22,60 C	25,11 BC	33,69 A	27,37 a
Média	24,53 B	23,14 C	20,80 D	19,91 E	29,28 A*	CV=14,22

Letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

CV = Coeficiente de variação (%)

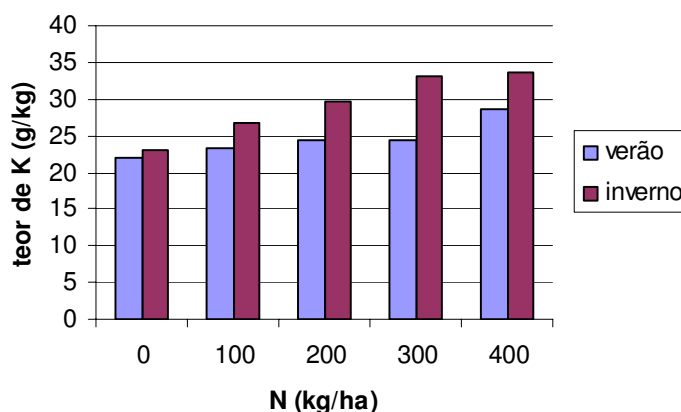


Figura 7. Efeito de doses de N e época na concentração de K nas lâminas foliares de capim-Marandu.

A concentração de K no tecido vegetal dos capins varia amplamente com a disponibilidade do nutriente no solo. MONTEIRO *et al.* (1995) observaram oscilação da concentração de K na parte aérea do capim-Marandu de 4,3 a 28 g/kg. MATTOS (1997) apontou como níveis críticos de K para o capim-Marandu de 22 a 29 g/kg. MATTOS & MONTEIRO (1998) observaram nível crítico de K de 22 g/kg de massa seca para o capim-Marandu. FAQUIN *et al.* (1995) colheram folhas com lâminas totalmente expandidas e com lígula visível, as quais designaram como lâminas de folhas novas, e determinaram o nível crítico de potássio na *Brachiaria decumbens* na ordem de 10,4 g/kg. Este valor mais baixo que o obtido no trabalho de MATTOS & MONTEIRO (1998) pode ser atribuído a diferenças em época de cultivo, época de amostragem e espécie forrageira. Neste experimento os valores médios de K encontrados de 20 a 29 g/kg de massa seca, estão dentro da faixa citada por WERNER *et al.* (1996) como adequada para espécie (12 a 30 g/kg) e dentro do nível crítico encontrado por MATTOS & MONTEIRO (1998), indicando que não houve deficiência do nutriente que pudesse limitar a massa de forragem.

3.3.4. Concentração de P nas lâminas foliares e parte aérea da planta

Houve efeito linear positivo de doses de N na concentração de P nas lâminas foliares nos meses de dezembro ($P < 0,001$) e janeiro ($P < 0,05$), e efeito linear negativo nos meses de junho ($P < 0,001$) e agosto ($P < 0,001$), as equações de regressão encontram-se na Tabela 12.

O efeito do N em aumentar a concentração de P nos meses de verão provavelmente reflete a maior demanda nas lâminas foliares, quando foi utilizado N. Embora aplicado em superfície, o superfosfato simples contribuiu para o aumento do teor de P no solo. Assim, com a provável ocorrência do N em favorecer o desenvolvimento do sistema radicular, é possível que maior volume de solo tenha sido explorado pelas plantas adubadas, sendo que plantas com raízes bem desenvolvidas e bem distribuídas, com maior proporção de pêlos absorventes, absorvem mais nutrientes, especialmente aqueles cujo contato com a raiz se faz por difusão como no caso do P. Segundo LAVRES JUNIOR & MONTEIRO (2003) atributos morfológicos do sistema radicular dependem do fornecimento de nitrogênio e potássio. SCHIAVUZZO *et al.* (2000) observaram aumentos lineares na produção de massa seca da parte aérea e nas raízes do capim-Marandu com maiores aplicações de N.

Outro fator que pode ter contribuído para a maior absorção de P em plantas adubadas com N nos meses de verão, é a conversão da uréia em amônio favorecendo a absorção do P como ânion acompanhante (NH_4^+ acompanhando H_2PO_4^-). TISDALE *et al.* (1985) observaram que a absorção na forma amoniacal pode estimular a absorção de P e S, devido a formação de pares de íons. Nestas situações o íon acompanhante (NH_4^+) influencia a absorção do seu par (H_2PO_4^- , SO_4^-).

Tabela 12. Equações de regressão representando o efeito de N na concentração de P nas lâminas foliares em épocas do ano.

	Equação de regressão	R ²	Pr > F
Dezembro 2004	$P = 1,9622 + 0,00124 N$	0,33	0,0001
Janeiro 2005	$P = 2,02 + 0,000375 N$	0,13	0,0201
Junho 2005	$P = 2,285 - 0,00116 N$	0,46	0,0001
Agosto 2005	$P = 2,7175 - 0,00193 N$	0,49	0,0001

Houve interação significativa entre N e calcário na concentração de P nas lâminas foliares no mês de janeiro e fevereiro de 2005 ($P < 0,10$) (Tabela 13). O resultado da análise de regressão no mês de janeiro mostrou que as doses de N aumentaram linearmente a concentração de P nas lâminas foliares, mas nos tratamentos sem calcário este efeito não foi observado. Nos tratamentos com calcário, a testemunha foi inferior aos tratamentos com 300 kg/ha de N e entre os tratamentos com e sem calcário somente as testemunhas se diferenciaram significativamente. Essa ocorrência demonstra que na ausência de N, o P presente no solo esteve mais disponível para absorção nos tratamentos sem calagem. Como o calcário necessário para a correção da camada arável foi aplicado em superfície sem incorporação ocorreu efeito de supercalagem na camada de 0 a 5 cm do solo.

ALVAREZ & RIBEIRO (1999) relataram o risco da supercalagem em ocasionar a precipitação do P devido à reação de $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{PO}_4$ formando $\text{Ca(OH)}_2\text{PO}_4$ que viria a ser precipitado nos meses com maior precipitação pluvial. No entanto, as reações entre componentes do calcário e superfosfato simples indisponibilizando o P, foram amenizadas pela adubação nitrogenada ou compensadas por fatores de favorecimento da absorção do P causados pela adubação com N. A conversão da uréia em amônio no solo parece favorecer a absorção do P como ânion acompanhante (NH_4^+ acompanhando H_2PO_4^-) nos tratamentos sem calagem, tendo sido observado um efeito de sinergismo na análise de correlação entre P e N nos meses de janeiro ($P < 0,001$) e fevereiro ($P < 0,05$) (Figura 8). A influencia do amônio na absorção do P pode ter contribuído

com a redução da concentração de P na planta nos tratamentos com calagem, uma vez que a eficiência de utilização do N foi comprometida pela calagem superficial. LIRA *et al.* (1994), estudando doses de N (0, 20, 40 e 60 kg/ha de N após cada corte), demonstraram interação positiva entre N e P (0, 60 e 120 kg/ha de P_2O_5 a cada três cortes) na adubação de *Brachiaria decumbens*, verificando-se que o aumento da dose de N aumentou a concentração de P nas lâminas foliares.

Embora as análises de solo não tenham apresentado diferença significativa para o teor de P, existe uma diferença entre os valores de P no solo controverso ao efeito observado nas lâminas foliares para tratamentos sem N. Enquanto o teor de P no solo foi maior com calcário a concentração do nutriente foi menor nas lâminas foliares. Este aparente contrasenso ocorre, uma vez que, a análise da composição química do solo não prevê as interações entre os nutrientes interferindo na absorção da planta. O favorecimento da absorção do P como ânion acompanhante do amônio prevaleceu à composição química do solo no tocante aos efeitos de doses de N e calcário na composição das lâminas foliares.

Tabela 13. Efeito de N e calcário na concentração de P nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

		Fósforo (g/kg)					
	kg N/ha	0	100	200	300	400	Média
DEZ 2004	Com	1,93	2,15	2,40	2,55	2,30	2,26 A
	Sem	1,90	1,92	2,27	2,26	2,40	2,15 A
	Média	1,91	2,03	2,33	2,40	2,35	CV=11,23
JAN 2005	Com	1,85 Bb	2,10 Aab	2,10 Aab	2,15 Aa	2,10 Aab	2,06 B
	Sem	2,15 Aa	2,05 Aa	2,05 Aa	2,25 Aa	2,15 Aa	2,13 A
	Média	2,00	2,07	2,07	2,20	2,12	CV=5,84
FEV 2005	Com	2,00 Ba	2,00 Ba	2,10 Aa	2,15 Aa	2,05 Aa	2,06 B
	Sem	2,30 Aa	2,27 Aa	2,05 Aa	2,15 Aa	2,05 Aa	2,16 A
	Média	2,15	2,13	2,07	2,15	2,05	CV=9,21
JUN 2005	Com	2,37	2,20	2,15	2,22	1,85	2,16 A
	Sem	2,47	2,15	2,15	2,10	1,85	2,14 A
	Média	2,42	2,17	2,15	2,16	1,85	CV=8,27
AGO 2005	Com	2,57	2,57	2,55	2,22	1,95	2,37 A
	Sem	2,90	2,42	2,10	2,07	1,95	2,29 A
	Média	2,73	2,50	2,32	2,15	1,95	CV=11,83

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

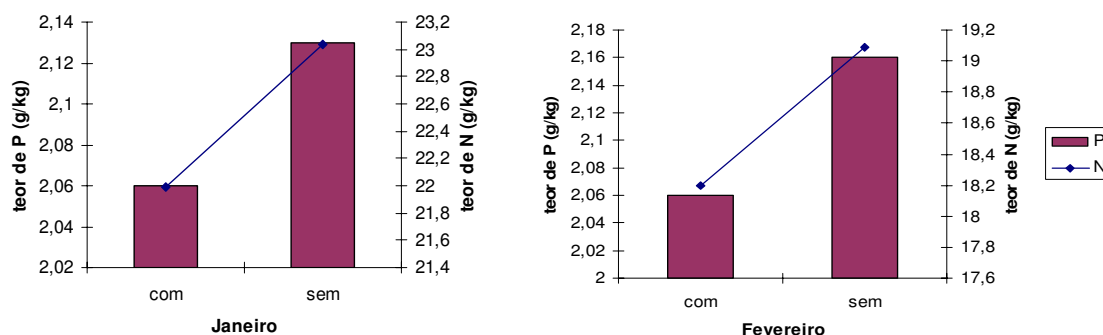


Figura 8. Efeito de calcário nas concentrações de N e P nas lâminas foliares de capim-Marandu nos meses de janeiro e fevereiro de 2005.

Houve interação significativa entre N e época ($P < 0,001$) na concentração de P nas lâminas foliares. O período de reação do corretivo com o solo, as chuvas no período e a reserva do nutriente na planta certamente estão relacionados aos efeitos de época. A interação significativa entre doses de N e período pode ser observada na Figura 9 e na Tabela 14.

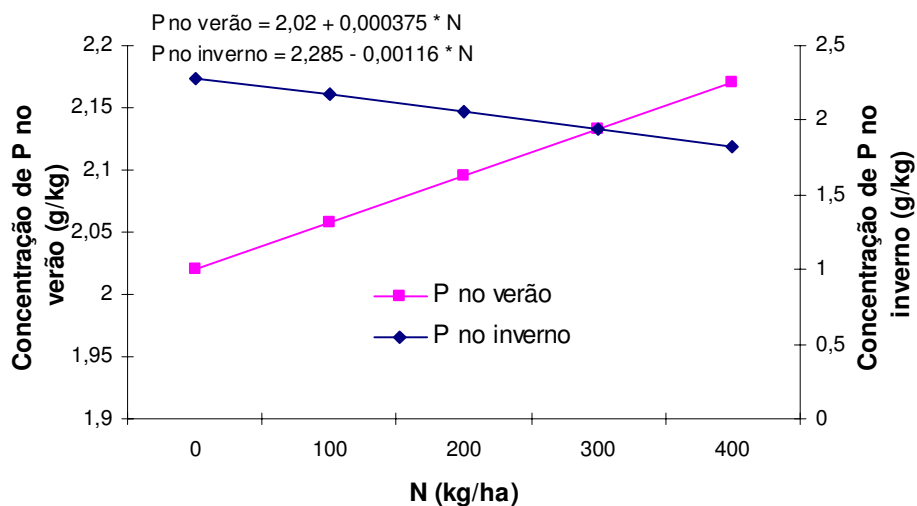


Figura 9. Efeitos de N e época na concentração de P nas lâminas foliares de capim-Marandu.

O aumento da concentração de P nas lâminas foliares para maiores doses de N no primeiro corte após aplicação do adubo pode ser interpretada como maior requerimento de P para plantas adubadas com N, devido à intensificação do crescimento. Com isso há maior extração do P disponível no solo, sendo que a partir da primeira análise após adubação com N, ocorrem sucessivas reduções da concentração de P na parte aérea da planta ($P < 0,05$) (Tabela 14), demonstrando que a absorção do nutriente não foi suficiente para manter os níveis de sua concentração ou atender ao aumento de demanda nas lâminas foliares.

Houve interação significativa entre N e época na concentração de P na parte aérea da planta ($P < 0,001$). Nos meses de dezembro de 2004, janeiro e fevereiro de 2005 a mobilização do P para as folhas parece ter atendido ao aumento de demanda nas folhas, no entanto, com sucessivas desfolhas pelo pastejo, no mês de fevereiro (em dois ciclos de pastejo após a adubação com N), a concentração de P presente na parte aérea foi reduzido com aumento da dose de N ($P < 0,05$) (Tabela 14). Vários trabalhos visando à recuperação de pastagem de braquiária encontraram relação inversa entre concentrações de P na planta com as doses de N (GOMIDE *et al.*, 1984; FONSECA *et al.*, 1992; PACIULLO, 1997). Os autores atribuíram os decréscimos observados nas concentrações de P do capim-braquiária à diluição, uma vez que a massa de forragem foi positivamente correlacionada às doses de N. Deve-se considerar que as concentrações de P nas plantas dependem muito das condições de solo, clima e espécie, e principalmente do estado de desenvolvimento da planta.

A ausência do nutriente prontamente disponível no solo resulta em sua diminuição do mesmo nas lâminas foliares para maiores doses de N (400 kg/ha), nos meses de inverno. O efeito de época demonstrando a redistribuição do P pode ser observado na Figura 10.

Tabela 14. Efeito do N e época do ano na concentração de P na parte aérea e nas lâminas foliares de capim-Marandu.

Doses N		P na parte aérea (g/kg)				
kg/ha	Dez	Jan	Fev	Jun	Ago	
0	2,04 Ad	2,12 Ac	2,05 Aa	1,81 Aa	1,76 Aa	
100	2,18 Ac	2,17 Acb	1,75 ABb	1,58 Bb	1,43 Bb	
200	2,43 Ab	2,37 Aa	1,73 Bb	1,30 BCd	1,25 Cc	
300	2,61 Aa	2,42 ABa	1,96 Ba	1,41 Cc	1,30 Cc	
400	2,61 Aa	2,25 Ab	1,71 Bb	1,30 BCd	1,15 Cc	
Média	2,37 A	2,27 B	1,84 C	1,48 D	1,37 E	
CV (%)	19,17	21,65	12,96	8,97	12,88	
Doses N		P nas lâminas foliares (g/kg)				
kg/ha	Dez	Jan	Fev	Jun	Ago	
0	1,92 BCc	2,00 BCd	2,15 Ba	2,42 ABa	2,74 Aa	
100	2,04 Bb	2,07 Bc	2,13 ABba	2,17 ABb	2,50 Ab	
200	2,34 Aa	2,07 Ac	2,07 Abc	2,15 Ab	2,33 Ac	
300	2,41 Aa	2,12 Ab	2,15 Aa	2,16 Ab	2,15 Ad	
400	2,35 Aa	2,20 ABa	2,05 ABc	1,85 Bc	1,95 Be	
Média	2,20 B	2,09 D	2,11 D	2,15 C	2,33 A	
CV (%)	2,26	2,06	2,06	2,16	2,37	

Letras semelhantes, minúsculas diferem nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

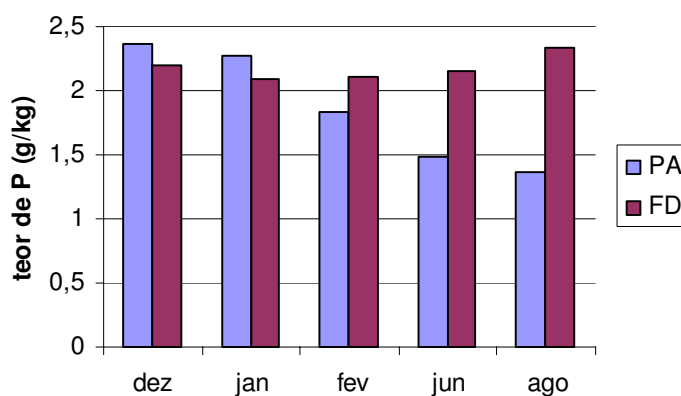


Figura 10. Efeito de época na concentração de P na parte aérea (PA) e folha diagnóstica (FD) de capim-Marandu.

FONSECA *et al.* (1992), em estudo realizado em casa de vegetação, observaram concentrações de P na parte aérea do capim-braquiária variando

entre 1,3 e 5,0 g/kg de MS, no primeiro corte. Verificaram níveis críticos de P da ordem de 1,9 e 2,4 g/kg para capim-braquiária e para capim-jaraguá. Considerando os níveis críticos encontrados por FONSECA *et al.* (1992), plantas com concentração de 1,3 g/kg de P respondem a adubação com P enquanto plantas com 5,0 g/kg de P não necessitariam do fornecimento do nutriente. GUSS *et al.* (1988) encontraram concentrações de P de 2,4 g/kg e níveis críticos variando entre 1,1 e 5,9 g/kg de MS para quatro espécies do gênero *Brachiaria*. Os valores de P encontrados neste trabalho foram de 1,85 a 2,7 g/kg de matéria seca de folha e, portanto, existe a possibilidade deste nutriente ter limitado a produção de forragem.

3.3.5. Concentração de N nas lâminas foliares

Houve efeito linear positivo do N na concentração de N na planta em dezembro ($P < 0,001$), fevereiro ($P < 0,001$) e agosto ($P < 0,001$). Segundo MALAVOLTA *et al.* (1997), os ânions e cátions são absorvidos mais rapidamente na seguinte ordem decrescente $\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{H}_2\text{PO}_4^-$ e $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$, portanto, com a aplicação de N o aumento na concentração de N nas lâminas foliares era esperado. No entanto, houve efeito quadrático do N na concentração de N nas lâminas foliares em janeiro ($P < 0,01$) e junho ($P < 0,01$) mostrando que a adubação com N pode exceder a capacidade metabólica da planta. As equações de regressão representando o efeito do N sobre a concentração de N na planta encontram-se na Tabela 15.

O efeito quadrático de doses de N na concentração de N nas lâminas foliares indica a possibilidade de acúmulo de nitrogênio não proteico nas lâminas foliares e posteriormente a este acúmulo sugere uma tentativa da planta em manter a eletroneutralidade do sistema (Figura 11). Segundo MENGEL & KIRKBY (2001) o relacionamento entre cátions e ânions pode ser explicado pela manutenção natural da eletroneutralidade, onde a soma das cargas elétricas dos

íons absorvidos é igual a zero. Neste sentido, QUAGGIO (2000) relatou que se houver falta de Ca ou Mg não haverá resposta de adicionar mais N, da mesma forma como na falta de N haverá menos espaço a ser ocupado pelos íons positivos.

A concentração máxima de N nas lâminas foliares em janeiro de 2005, segundo a equação de regressão, seria alcançada com dose de N acima das utilizadas no trabalho, sendo de 29,24 g/kg. Num experimento em casa de vegetação, MATTOS (2001) observou que a dose de nitrogênio de 129 mg/dm³ equivalente a 258 kg/ha de N (desde que densidade do solo seja igual a 1) foi a que proporcionou a máxima concentração de nitrogênio no capim-Marandu, sendo a mesma de 28 g/kg.

Embora não haja equivalência direta entre doses utilizadas em experimentos em casa de vegetação e doses utilizadas no campo, a concentração máxima de N nas lâminas foliares encontrado por MATTOS (2001) é praticamente a mesma observada neste trabalho, sugerindo um limite genético da planta. A diferença entre as doses de N para máxima concentração de N nas lâminas foliares seria esperada devido a menor eficiência de utilização do N através da aplicação de uréia na pastagem, quando comparada com a eficiência de utilização de N através da aplicação de nitrato de amônio em vasos no trabalho de MATTOS (2001). CARVALHO *et al.* (1991) observaram que a concentração de N na parte aérea de *Brachiaria decumbens* aumentou linearmente com a aplicação do nutriente até 400 kg/ha, dose esta mais próxima ao presente estudo.

PRIMAVESI *et al.* (2001) mencionaram a ocorrência de acúmulo de nitrato em plantas adubadas com N na dose de 200 kg/ha e segundo SALETTE (1982), altas doses de N podem resultar em acúmulo de nitrato e amônio, sendo indicativo de desequilíbrio na absorção e metabolismo do nutriente. O N que excede às necessidades de crescimento das plantas geralmente é acumulado nos vacúolos na forma de nitrato, o qual, segundo WHITEHEAD (1995), praticamente não é aproveitado pelo animal e pode ter efeito tóxico. WHITEHEAD (1995) considera níveis de 2,3 a 4,3 g/kg de NO₃⁻, altos para bovinos.

Tabela 15. Equações de regressão representando o efeito de N na concentração de N nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

	Equação de regressão	R ²	Pr > F
Dez 2004	N nas lâminas foliares = 15,1825 + 0,03028 N	0,54	0,0001
Jan 2005	N nas lâminas foliares = 13,7439 + 0,062646 N – 0,00006268 N ²	0,89	0,0014
Fev 2005	N nas lâminas foliares = 15,8975 + 0,01375 N	0,56	0,0001
Jun 2005	N nas lâminas foliares = 14,7153 – 0,0077 N + 0,00007214 N ²	0,58	0,0097
Ago 2005	N nas lâminas foliares = 15,0925 + 0,02784 N	0,69	0,0001

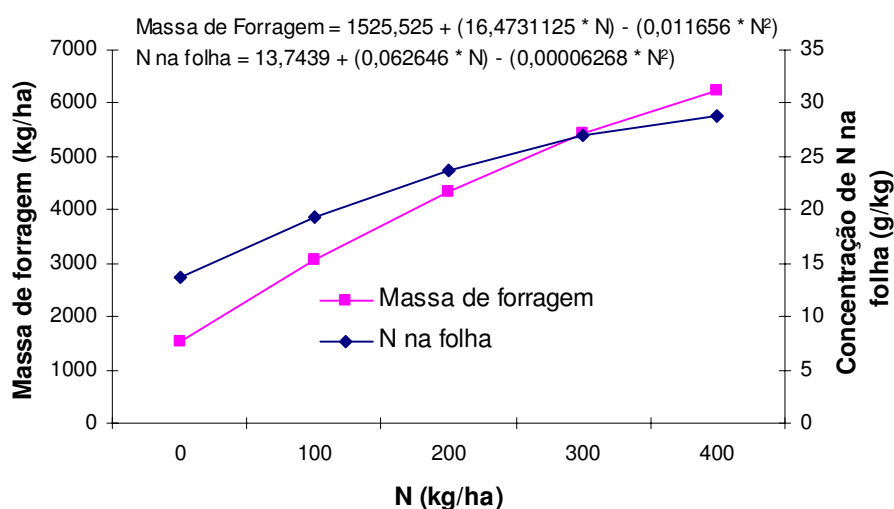


Figura 11. Efeito de N na concentração de N nas lâminas foliares e massa de forragem de capim-Marandu no mês de janeiro de 2005.

As concentrações de N nas lâminas foliares encontrados neste trabalho com o capim-Marandu foram superiores e resultam em diferentes conclusões daquelas mencionadas por MATTOS & WERNER (1979) trabalhando com capim-Colonião, por GOMIDE *et al.* (1984) utilizando capim-Jaraguá e por CARVALHO *et al.* (1991) utilizando *Brachiaria decumbens*.

MATTOS & WERNER (1979) relataram que as concentrações de N do capim-Colonião não foram afetados por doses de adubação até 150 kg/ha (para

doses de N de 0, 150 e 225 kg/ha foram observados concentrações de 14,5; 14,7 e 16,7 g/kg). GOMIDE *et al.* (1984) observaram que a adubação nitrogenada necessária para que ocorra diferença significativa na concentração de N está entre 120 a 180 kg/ha para o capim-Jaraguá e entre 180 a 240 kg/ha para o capim-Colonião (para doses de N de 0, 180 e 240 kg/ha foram observadas concentrações de 11,8; 12,9 e 13,7 g/kg nas lâminas foliares, respectivamente). CARVALHO *et al* (1991) observaram concentrações de N na parte aérea da *Brachiaria decumbens* de 17 a 21 g/kg com adubação e 8 a 14 g/kg sem adubação nitrogenada. FERNANDES *et al.* (1985), trabalhando com *Brachiaria decumbens*, encontraram concentrações variando de 7,8 a 9 g/kg em resposta as doses de N de 0 e 40 kg/ha.

Neste trabalho, o capim-Marandu respondeu significativamente à primeira parcela de adubação com coleta no mês de dezembro (doses de N de 50, 100, 150 e 200 kg/ha, $P < 0,001$). A concentração de N nas lâminas foliares sem nitrogênio foi de 14,76 g/kg, enquanto com a aplicação de N de 200 kg/ha a concentração aumentou para 27,27 g/kg, não havendo diferença significativa entre as doses de N de 100 e 150 kg/ha.

SALINAS & GUALDRÓN (1988) observaram redução da concentração de N na *Brachiaria decumbens* de 20,4 g/kg aos 28 dias para 11 g/kg aos 84 dias na estação chuvosa, e na estação seca houve redução de 15 para 8,2 g/kg, para o mesmo número de dias. Neste trabalho não houve diferença entre as concentrações de N das plantas sem adubação entre épocas do ano, mesmo com diferentes períodos de descanso entre as estações, e as diferenças observadas entre as concentrações de N nas lâminas foliares para plantas adubadas apresentam menor amplitude do que as encontradas por SALINAS & GUALDRÓN (1988) demonstrando a menor estacionalidade do capim-Marandu em relação a concentração de N nas lâminas foliares.

A interação entre doses de N e calcário não foi significativa. Observou-se efeito de época do ano ($P < 0,001$) sendo que no mês de janeiro ocorreu a maior

concentração de N nas lâminas foliares e a menor em junho ($P < 0,001$) (Tabela 16).

Tabela 16. Efeito de época, dentro de cada dose de N, na concentração de N nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

N kg/ha	N (g/kg)					
	Dez	Jan	Fev	Jun	Ago	Média
0	14,76 AB	13,29 B	16,41 A	14,08 AB	14,93 AB	14,69
100	17,85 AB	20,46 A	17,05 B	15,96 B	18,19 AB	17,90
200	23,09 A	23,26 A	18,28 B	15,93 C	20,00 AB	20,11
300	23,33 B	26,49 A	19,35 C	17,76 C	24,50 B	22,28
400	27,16 BA	29,06 A	22,13 C	23,76 C	25,69 ABC	25,56
Média	21,23 B	22,51 A	18,64 D	17,50 E	20,66 C	CV=13,79

Letras maiúsculas semelhantes na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,10$).

Desdobrando-se a análise por época foi observada maior concentração de N nas lâminas foliares nos tratamentos sem calcário nos meses de janeiro ($P < 0,05$) e fevereiro ($P < 0,05$), demonstrando maior eficiência de utilização do N aplicado (Tabela 17). Após 10 e 11 meses (janeiro e fevereiro) da aplicação do calcário, os resultados demonstram incompatibilidade entre os insumos.

Tal fato pode ocorrer devido a associação de efeitos. O aumento do pH do solo provocado pela aplicação superficial de calcário sem incorporação, pode resultar em maior conversão de amônio em nitrato, aumentando as perdas de N por lixiviação.

FRIED *et al.* (1965) verificaram que o Ca presente na solução nutritiva teve efeito de inibição competitiva na absorção de amônio por raízes de arroz (*Oryza sativa*). Portanto, considerando o alto teor inicial de Ca no solo e o aumento do mesmo com a aplicação de calcário, a hipótese de inibição da absorção de amônio devido ao alto teor de Ca não pode ser descartada. De fato, a análise de correlação apresentou efeito antagônico entre Ca e N (Figura 12).

Essas ocorrências podem ter favorecido maiores concentrações de P nas lâminas foliares nos tratamentos sem calagem devido à transformação da uréia em amônio e absorção do P como íon acompanhante (H_2PO_4 acompanhando NH_4) e também pela maior demanda de P devido a maior absorção de N. TISDALE *et al.* (1985) observaram que a absorção na forma amoniacal pode estimular a absorção de P e S, devido a formação de pares de íons. Nestas situações o íon acompanhante (NH_4^+) influencia a absorção do seu par (H_2PO_4^- e SO_4^-). Os coeficientes de correlação entre N e outros macronutrientes encontram-se na Tabela 18.

Tabela 17. Efeito da adubação nitrogenada na concentração de N nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

		Nitrogênio (g/kg)					Média
	kg N/ha	0	100	200	300	400	
DEZ 2004	Com	15,72	19,07	23,52	23,72	26,32	21,67 A
	Sem	13,80	16,62	22,65	22,92	28,00	20,80 A
	Média	14,76	17,85	23,08	23,32	27,16	CV=20,15
JAN 2005	Com	13,23	19,68	22,70	24,70	29,63	21,99 B
	Sem	13,35	21,25	23,83	28,28	28,50	23,04 A
	Média	13,29	20,46	23,26	26,49	29,06	CV=7,48
FEV 2005	Com	15,62	17,80	16,97	19,07	21,55	18,20 B
	Sem	17,20	16,30	19,60	19,62	22,72	19,09 A
	Média	16,41	17,05	18,28	19,35	22,13	CV=8,76
JUN 2005	Com	14,55	15,55	16,60	18,50	22,70	17,58 A
	Sem	13,62	16,37	15,27	17,02	24,82	17,42 A
	Média	14,08	15,96	15,93	17,76	23,76	CV=16,15
AGO 2005	Com	15,97	16,87	21,17	23,37	25,72	20,62 A
	Sem	13,87	19,50	18,82	25,62	25,65	20,69 A
	Média	14,92	18,18	20,00	24,50	25,68	CV=12,74

Letras maiúsculas na coluna semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$).

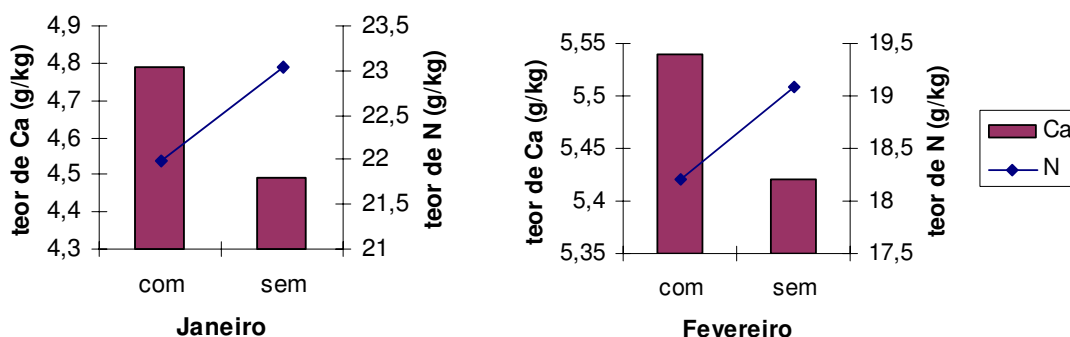


Figura 12. Efeito do calcário nas concentrações de N e Ca nas lâminas foliares de capim-Marandu nos meses de janeiro e fevereiro.

Tabela 18. Coeficientes de correlação entre N e os macronutrientes nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

	N e K		N e S		N e P		N e Ca		N e Mg	
	r	Pr>F	r	Pr>F	r	Pr>F	r	Pr>F	r	Pr>F
Dezembro 2004	0,51	0,0007	0,89	0,0001	0,78	0,0001	NS	0,15	0,62	0,0001
Janeiro 2005	0,47	0,001	0,70	0,0001	0,38	0,013	NS	0,32	0,39	0,011
Fevereiro 2005	0,43	0,004	NS	0,14	-0,26	0,09	NS	0,38	0,36	0,023
Junho 2005	0,79	0,0001	NS	0,83	-0,71	0,0001	-0,56	0,0001	-0,28	0,08
Agosto 2005	0,91	0,0001	-0,30	0,054	-0,68	0,0001	-0,75	0,0001	-0,41	0,007

r = coeficiente de correlação entre as variáveis.

p = probabilidade de significância para testar a hipótese = zero.

3.3.6. Concentração de S nas lâminas foliares

Houve efeito liner positivo de doses de N na concentração de S nas lâminas foliares nos meses de dezembro ($P < 0,001$) e janeiro ($P < 0,001$) e efeito linear negativo ($P < 0,05$) no mês de agosto (Tabela 19). O S é absorvido principalmente por fluxo de massa. Como o N aumenta a área foliar e a transpiração da planta favorece nutrientes absorvidos por fluxo de massa, resultando em aumento na

concentração de S nas lâminas foliares nos meses de verão. No entanto, a absorção de nutrientes por fluxo de massa é reduzida no período seco.

Tabela 19. Equações de regressão representando o efeito de doses de N sobre a concentração de S nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

	Equação de regressão	R ²	Pr > F
Dezembro 2004	$S = 0,9105 + 0,00165 N$	0,44	0,0001
Janeiro 2005	$S = 1,2275 + 0,00111 N$	0,44	0,0001
Agosto 2005	$S = 1,6 - 0,000725 N$	0,15	0,013

Houve interação significativa entre época e N sobre na concentração de S nas lâminas foliares ($P < 0,001$) (Tabela 20). A interação entre época e doses de N na concentração de S nas lâminas foliares pode ser observada na Figura 13. Observou-se que a aplicação de N ameniza a diferença entre a concentração de S nos períodos do ano, sendo o efeito de época mais aparente no tratamento testemunha. Enquanto o aumento da dose de N resultou em aumento na concentração de S em dezembro e janeiro, ocorreu redução no mês de agosto.

Tabela 20. Efeito de época e N na concentração de S nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

Doses N kg/ha	S (g/kg)					
	Dez	Jan	Fev	Jun	Ago	Média
0	0,90 Cd	1,25 Bc	1,27 Ba	1,37 ABb	1,65 Aa	1,29
100	1,06 Bc	1,30 ABc	1,21 ABa	1,38 Ab	1,46 Ab	1,28
200	1,25 Ab	1,44 Ab	1,27 Aa	1,47 Aa	1,44 Ab	1,37
300	1,48 Aa	1,61 Aa	1,31 Aa	1,39 Ab	1,41 Ab	1,44
400	1,51 Aba	1,65 Aa	1,31 Ba	1,39 Bb	1,31 Bc	1,43
Média	1,23	1,45	1,27	1,40	1,45	CV=16,27%

Letras semelhantes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,10$).

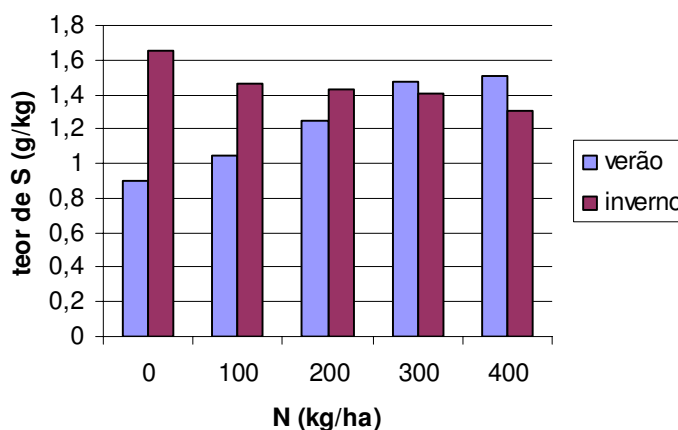


Figura 13. Efeito de N na concentração de S nas lâminas foliares de capim-Marandu em dezembro de 2004 (verão) e agosto de 2005 (inverno).

No mês de dezembro houve apenas efeito do N em aumentar a concentração de S nas lâminas foliares ($P < 0,001$). No mês de janeiro de 2005 houve efeito de N em aumentar a concentração de S nas lâminas foliares ($P < 0,001$) e o efeito do calcário no teor de S no solo repercutiu na planta, ocorrendo efeito de calcário em reduzir o teor do mesmo ($P < 0,01$), sem interação significativa. No mês de junho e agosto houve efeito apenas do N na concentração de S nas lâminas foliares ($P < 0,001$). No mês de fevereiro não houve efeito de N nem de calcário na concentração de S nas lâminas foliares. Os resultados encontram-se na Tabela 21. O efeito do calcário na redução da concentração de S nas lâminas foliares pode estar relacionado com a eficiência de utilização do N. Houve efeito sinérgico entre a concentração de S e N associado ao efeito da calagem no mês de janeiro (Figura 14). O amônio pode ter como ânion acompanhante fosfato e sulfato, favorecendo a absorção dos mesmos. Como o calcário reduziu a eficiência de utilização do N, pode ter reduzido também a contribuição do amônio para absorção de enxofre. No trabalho de MATTOS *et al.*

(2001), com *Brachiaria decumbens* em casa de vegetação, observou-se interação entre doses de N (0; 50; 100; 150 e 200 mg/dm³) e S (0, 30 e 60 mg/dm³) de forma que quanto maior a dose de N maior a concentração de S nas lâminas foliares.

Tabela 21. Efeito de N e calcário na concentração de S nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano.

		Enxofre (g/kg)					
	N kg/ha	0	50	100	150	200	Média
DEZ 2004	Com	0,90	1,05	1,30	1,52	1,47	1,25 A
	Sem	0,90	1,06	1,20	1,43	1,55	1,22 A
	Média	0,90	1,05	1,25	1,47	1,51	CV=23,60
	N kg/ha	0	100	200	300	400	Média
JAN 2005	Com	1,13	1,23	1,38	1,48	1,68	1,38 B
	Sem	1,38	1,38	1,50	1,75	1,63	1,53 A
	Média	1,25	1,30	1,44	1,61	1,65	CV=11,74
FEV 2005	Com	1,15	1,20	1,32	1,30	1,30	1,25 A
	Sem	1,40	1,22	1,22	1,32	1,32	1,30 A
	Média	1,27	1,21	1,27	1,31	1,31	CV=13,31
JUN 2005	Com	1,32	1,45	1,47	1,45	1,37	1,41 A
	Sem	1,42	1,32	1,47	1,32	1,40	1,39 A
	Média	1,37	1,38	1,47	1,38	1,38	CV=16,00
AGO 2005	Com	1,47	1,52	1,52	1,45	1,32	1,46 A
	Sem	1,82	1,40	1,35	1,37	1,30	1,45 A
	Média	1,65	1,46	1,43	1,41	1,31	CV=17,49

Letras semelhantes, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,10$). CV = Coeficiente de variação (%).

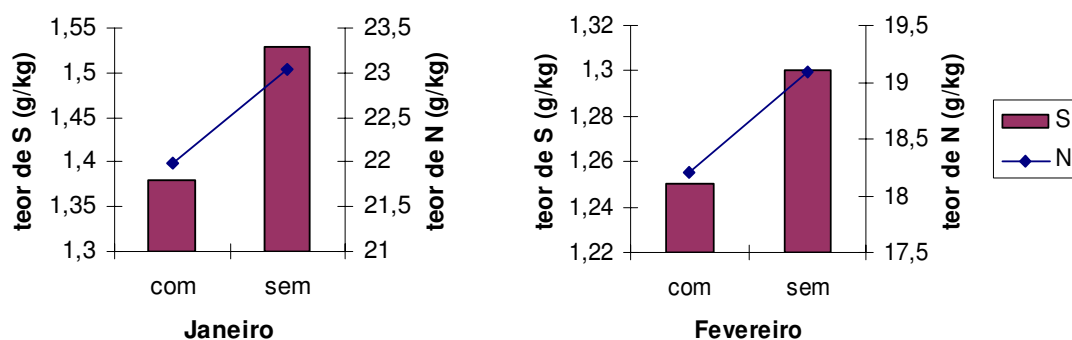


Figura 14. Efeito da calagem na concentração de N e S nas lâminas foliares de capim-Marandu nos meses de janeiro e fevereiro.

3.3.7. Massa de forragem

Houve efeito linear positivo de N na massa de forragem nos meses de dezembro de 2004, fevereiro e junho de 2005, e efeito quadrático nos meses de janeiro e agosto de 2005, as equações encontram-se na Tabela 22. O efeito quadrático das doses de N em janeiro, primeiro ciclo com aplicação integral dos tratamentos e efeito linear em dezembro de 2004, encontram-se na Figura 15. A análise de variância detectou efeito de época sobre a massa de forragem ($P < 0,001$) (Tabela 23).

Houve efeito de época ($P < 0,001$) (Tabela 23) na massa de forragem, mas este efeito deve-se às condições ambientais e ao manejo adotado, com aplicação de N nos meses de novembro e dezembro e maior período de descanso nos meses de inverno. Assim, a maior massa de forragem na época da seca deve-se ao prolongamento do período de descanso e ao acúmulo de resíduo ao longo dos ciclos.

Tabela 22. Efeito de N na produção de massa de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão, coeficientes de determinação e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob>F	R ²
Dezembro	$M = 1682,4 + 7,65588 N$	0,0001	0,76
Janeiro	$M = 1525,525 + 16,473125 N - 0,011656 N^2$	0,0275	0,91
Fevereiro	$M = 1999,40 + 10,13225 N$	0,0001	0,69
Junho	$M = 2851,5 + 7,87275 N$	0,0001	0,54
Agosto	$M = 3135,696429 + 16,686571 N - 0,028321 N^2$	0,0223	0,35

p = probabilidade de significância para testar a hipótese = 0

N = dose de nitrogênio em kg/ha

M = massa de forragem em kg/ha de matéria seca

CV = coeficiente de variação (%)

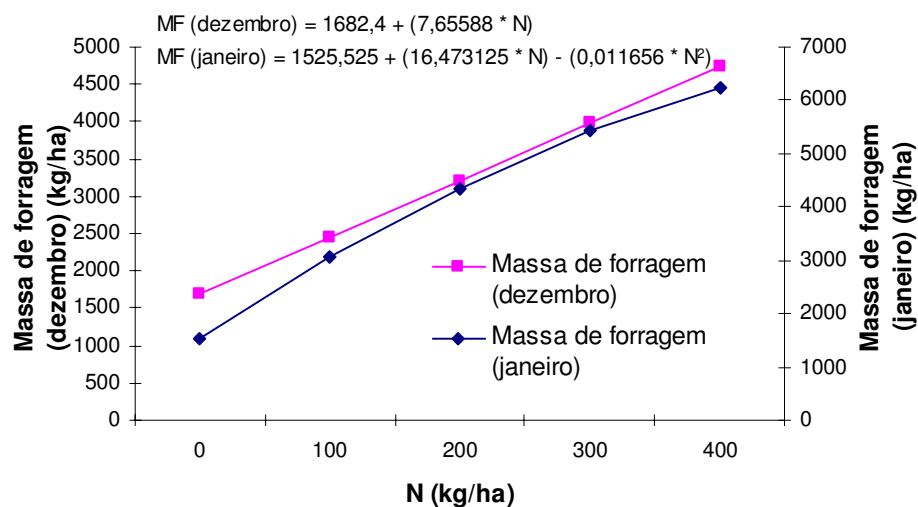


Figura 15. Efeito de N na massa de forragem de capim-Marandu em dezembro de 2004 e janeiro de 2005.

Tabela 23. Efeitos de N e época do ano na massa de forragem de capim-Marandu.

N (kg/ha)	Massa de forragem (kg/ha)					Médias
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Junho	Agosto	
0	1733	1396	2046	2493	2925	2118
100	2287	3266	3033	3864	4967	3483
200	3311	4503	3977	4961	5264	4403
300	4065	5009	4890	4897	5247	4821
400	4672	6429	6184	5912	5464	5732
Médias	3213 C	4120 B	4025 B	4426 AB	4773 A	CV = 21,74

Letras semelhantes maiúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,10$). CV = Coeficiente de variação (%)

Com o aumento de massa ocorre aumento da extração de nutrientes. A extração de nutrientes do solo pelo capim-Marandu também foi estudada por FAQUIN *et al.* (1995), que o total de nutrientes absorvidos pelo capim-Marandu e acumulado pela parte aérea no primeiro e no segundo corte (mg/vaso) para o tratamento completo (calagem + N, P, K, S, B, Cu e Zn) seguiu a seguinte seqüência decrescente: K (253) > N (242) > Ca (175) > Mg (151) > P e S (29). Embora a diferença entre as unidades não permita uma comparação direta entre

os valores, os valores médios da extração dos nutrientes (em g/kg) encontrados neste trabalho seguiram a mesma ordem observada por FAQUIN *et al.* (1995) sendo: K (23,53) > N (20,65) > Ca (5,31) > Mg (4,67) > P (2,18) > S (1,45). Houve diferença da relação entre os nutrientes, neste trabalho a relação entre N e Ca foi de N = 4 Ca, enquanto no trabalho de FAQUIN *et al.* (1995) foi de N = 1,4 Ca.

3.3.8. Nível crítico

Considerou-se nível crítico sendo a concentração de nutriente nas lâminas foliares associada a 90% da massa de forragem de acordo com critério estabelecido por ULRICH & HILLS (1973). Este parâmetro serve como referência para avaliação do estado nutricional da planta. Caso a análise foliar apresente concentração igual ou superior ao nível crítico, considera-se que está bem nutrida e, portanto são menores ou inexistentes as respostas da aplicação do nutriente.

SCHIAVUZZO *et al.* (2000), analisando as duas lâminas foliares mais novas completamente expandidas, encontraram nível crítico de N nas lâminas foliares do capim-Marandu de 19 g/kg o nível crítico encontrado por MATTOS (2001) para o capim-Marandu com 28 dias de crescimento foi de 23,2 g/kg. SANTOS *et al.* (1997), trabalhando com *Brachiaria decumbens* encontrou taxa de suficiência entre 14,5 a 22 g/kg de N. Os valores para nível crítico encontrados neste estiveram entre 18,95 e 27,27 g/kg (Tabela 24). Os resultados estão de acordo com SANTOS (2001) e SCHIAVUZZO *et al.* (2000) e a variação entre os valores deve-se às condições ambientais de cada período, tempo de aplicação do N e idade da planta (período de descanso). SANTOS JUNIOR (2001) observou que a concentração crítica de N para o capim-Marandu variou linearmente sob influência da idade de crescimento, entre os valores de 33,8 e 12,8 g/kg para 21 e 56 dias de crescimento, respectivamente. Os valores por hora encontrados não concordam com aquele obtido por ABREU (1999), de 8,5 g/kg na idade de 42 dias.

Tabela 24. Efeito da produção de massa na concentração de N nas lâminas foliares de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão, probabilidade e nível crítico para 90% de produção.

	Equações de regressão	Prob>F	Nível crítico
Dezembro	$N = 9,77730 + 0,00357 \text{ MF}$	0,0001	24,70
Janeiro	$N = 7,056017168 + 0,005131938 \text{ MF} - 0,000000283 \text{ MF}^2$	0,0206	27,27
Fevereiro	$N = 15,11445 + 0,00087759 \text{ MF}$	0,0001	17,80
Junho	$N = 10,39273 + 0,00161 \text{ MF}$	0,0001	18,95
Agosto	$N = -5,284273707 + 0,009717153 \text{ MF} - 0,000000816 \text{ MF}^2$	0,0001	22,76

N = teor de nitrogênio nas lâminas foliares diagnóstica em g/kg

MF = massa de forragem em kg/ha de matéria seca

Nível crítico (90% da produção)

3.4. Conclusões

O calcário não teve efeito na massa de forragem, vinte meses após sua aplicação. Já, a adubação nitrogenada aumentou significativamente a massa de forragem. Conclui-se que, nas condições e no período em que foi realizado o trabalho, a recuperação da capacidade produtiva de pasto não severamente degradado, pode consistir simplesmente na adequada adubação com nitrogênio.

Como ocorreu efeito linear positivo de N na concentração de K nas lâminas foliares, o fornecimento de K se mostrou importante uma vez que sua extração aumenta linearmente com as doses de N. O superfosfato simples aplicado em superfície não disponibilizou fósforo para absorção da planta em tempo que pudesse atender ao aumento da demanda provocado pelo N, ocasionando redistribuição até que se esgotassem as reservas da planta, resultando em concentrações inferiores no período seco. Ocorreram efeitos lineares negativos de doses de N sobre Ca, Mg durante os meses de inverno, mesmo com aumento desses nutrientes no solo através da aplicação de calcário. A adubação nitrogenada conduziu a maior extração desses nutrientes, que necessitam de reposição, e pode resultar em menores concentrações de Ca, Mg e P na planta. A interação entre N e calcário nas concentrações de Mg, K e N nas lâminas foliares, demonstram incompatibilidade entre os insumos e antagonismo de Ca e Mg com K. Durante o período avaliado, o nível crítico de N para 90% da produção de forragem, esteve entre 17,8 a 27,2 g/kg de massa seca nas lâminas foliares.

REFERÊNCIAS

- ABREU, J.B.R. **Níveis de nitrogênio e proporção de nitrato e amônio afetando produção, atividade de redutase do nitrato e composição de três gramíneas forrageiras**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1994. 109p.
- ADANS, S.N. The response of pastures in Northern Ireland to N, P and K fertilizers and to animal slurries: II. Effects on mineral composition. **Journal Agricultural Science**, v.81, p. 411-417, 1973.
- ALCÂNTARA, P.B. Zoneamento Ecológico de Plantas Forrageiras. In: I Curso de Manejo de Pastagem, Nova Odessa, SP, 1985.
- ALMEIDA, I.P. dos S. **Resposta a fósforo, micorriza e nitrogênio de braquiário e amendoim forrageiro consorciados**, 158 p., 1999. Tese (Mestrado em Agronomia) – UFLA, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 1999.
- ANDRADE, A.C.; FONSECA D.M.; GOMIDE, J.A. Produtividade e valor nutritivo do capim elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1589-1595, 2000.
- ANDRADE, J.B.; BENINTENDE, R.P.; FERRARI JUNIOR, E. Efeitos das adubações nitrogenada e potássica na produção e composição da forragem de *Brachiaria ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.617-620, 1996.
- ALVAREZ, V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. Uso de gesso agrícola. In: **Recomendações Para Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais**. pág.67-78. 1999.
- ALVAREZ, V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: **Recomendações Para Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais**. p. 43-60. 1999.
- BERINGER, H.; TROLLDENIER, G. Influence of K nutrition on the response to environmental stress. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 11 th, 1978, Bern. **Proceedings...** Bern: International Potash Institute, 1978. p.189-222.

CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. Pastagens. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação. Viçosa, p.332-341, 1999.

CARVALHO M.M.; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R.S. Respostas de uma espécie de *Brachiaria* à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.195-200, 1991.

CORRÊA, A.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em latossolo vermelho amarelo, álico. II. Experimento de campo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.50, n.1, p.109 a 116, 1993.

COUTINHO, E.L.M.; CONSOLINI, F.; SCATOLIN, M. Adubação nitrogenada e potássica em pastagem irrigada de Tifton 68. Efeitos no solo, na planta e na produção de matéria seca. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SOLO, 14., 1999, Pucon (Chile). **Anais...** Pucon: Solo-Suelo (1999). CDROM.

COUTINHO, E.L.M.; SILVA, A.R.; MONTEIRO, F.A. Adubação potássica em forrageiras. In: FERTILIDADE DO SOLO PARA PASTAGENS PRODUTIVAS. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2004. p. 480.

DIBB, D.W.; THOMPSON JR. W.R. Interaction of potassium with other nutrients. In: MUNSON, R.D. (ed). **Potassium in agriculture**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1985. p.515-533.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.

FAQUIN, V.; HOFFMANN, C.R.; EVANGELISTA, A.R.; GUEDES, G.A.A. O potássio e o enxofre no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um latossolo da região Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.3, p.87-94, 1995.

- FERNANDES, F.M.; ISEPON, O.J.; NASCIMENTO, V.M. Resposta de *Brachiaria decumbens* Stapf. a níveis de N, P e K em solo originalmente coberto por vegetação de cerrado. **Científica**, v.13, p.89-97, 1985.
- FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V., V.H.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. Absorção, utilização e níveis críticos de fósforo em *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.21, n.4, p.731-43, 1992.
- FRIED, M.; ZSOLDOS, F.; VOSE, P.B.; SHATOKHIN, I.L. Characterizing the NO_3 and NH_4 uptake process of rice roots by use of ^{15}N labelled NH_4NH_3 . **Physiologia Planta rum**, v.18, n.2, p.313-320, 1965.
- GOMIDE, J.A.; COSTA, G.G.; SILVA, M.A.M.M. Adubação nitrogenada e consorciação do capim-colonião e capim-jaraguá. II. Composição mineral e digestibilidade da matéria seca dos componentes da mistura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.13, n.1, p.22-29, 1984.
- GUSS, A. **Eficiência de fósforo para o estabelecimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais em solos com diferentes características físicas e químicas**. Tese (Doutorado) – UFV, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 67p., 1988.
- JARREL, W.M; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, v.34, n.1, p.197-224, 1981.
- LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim Mombaça. **Boletim de Indústria Animal**, v.59, p. 101-114, 2002.
- LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim Mombaça submetidos a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1068-1075, 2003.
- LIRA, M.A.; FARIAS, I.; FERNANDES, A.P.M.; SOARES, L.M.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B. Estabilidade de resposta do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.) sob níveis crescentes de nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.7, p. 1151-1157, 1994.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. In: **Avaliação do estado nutricional das plantas. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**. 2ª edição. Piracicaba, 1997.
- MARQUES, J.J.G.S.M.; CURI, N.; FAQUIN, V. *et al.* Limitações nutricionais para gramíneas forrageiras em Cambissolo álico da microrregião da Mantigueira – MG, Brasil. Produção de matéria seca, perfilhamento. **Pasturas Tropicales**, v.17, n.3, p. 12-16, 1995.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ª ed., New York: Academic Press, 1995. 874p.
- MATTOS, W.T. **Diagnose nutricional de potássio em duas espécies de braquiária**. Piracicaba, 1997. 74p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo.
- MATTOS, W.T.; MONTEIRO F.A. Respostas de *Brachiaria brizantha* a doses de potássio. **Scientia Agrícola**, v.55, n.3, 1998.
- MATTOS, W.T. **Avaliação de pastagem de capim-braquiária em degradação e sua recuperação com suprimento de nitrogênio e enxofre**. Tese (Doutorado em Agronomia). ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP. Piracicaba, SP, p.97, 2001.
- MATTOS, W.T.; SANTOS, A.R.; ALMEIDA, A.A.S. Aspectos produtivos e diagnose nutricional do capim Tanzânia submetido a doses de potássio. **Magistra**, v.14, p. 37-44, 2002.
- MEIRELLES, N.M.F. Degradação de pastagens - Critérios de avaliação. In: Encontro sobre recuperação de pastagens. **Anais...**Realizado no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, agosto, p.01-27., 1993.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D. *et al.* Cultivo de *Brachiaria brizantha* (Stapf.) cv. Marandu em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.1, p. 135-41, 1995.

- MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: FAVORETO, V.; RODRIGUES, L.R.A. (eds.). SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS. Jaboticabal, 1989. **Anais...** Jaboticabal, FUNEP, 1989. p. 149-192.
- MORRISON, I.M. Changes in the lignin and hemicellulose concentrations of ten varieties of temperate grasses with increasing maturity. **Grass Forage Science**, v.35, p.287-293, 1980.
- NEPTUNE, A.M.L. **Aplicação de calcário em culturas forrageiras**. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (eds.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, p.73-107, 1986.
- PACIULLO, D.S.C. **Produtividade e valor nutritivo do Capim-Elefante Anão (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Mott) ao atingir 80 e 120 cm de altura sob diferentes doses de nitrogênio**. Tese (Mestrado) – UFV, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 60p., 1997.
- PAULINO, V.T. **Efeito da fertilização fosfatada, da calagem e micronutrientes no desenvolvimento de plantas forrageiras**. Tese (Doutorado) – ESALQ, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 281p. 1990.
- PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L de A.; PRIMAVESI A.C. Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas. São Carlos, Embrapa – Pecuária Sudeste 2001, 42p. (Circular técnica, 30).
- QUAGGIO, J.A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas. Instituto Agrônomo. 2000. 111p.
- SALETTE, J. **The role of fertilizers in improving herbage quality and optimization of its utilization**. In: International Potash Institute, Bern. Optimizing yields – the role of fertilizers. p.117-44. 1982.
- SALINAS, J.G. & GUALDRÓN, R. Adaptación y requiremento de fertilización de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweikt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. 6., Brasília, 1982. **Anais**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1988. p.457-471.

SANTOS, A.R.. **Diagnose nutricional e respostas do capim-baraquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997. 115p.

SANTOS JUNIOR, J.D.G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio**. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba: FEALQ, 2001. p.88.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. Análises químicas de plantas. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química, 1974. 54p.

SCHIAVUZZO, P. F., MONTEIRO, F.A., LAVRES, J.J.. Nitrogênio na produção e na nutrição da Braquiária Marandu. **Anais** da XXXVII Reunião Anual da SBZ, Viçosa, MG. 2000.

SOARES FILHO, C.V. Tratamentos físico-mecânicos, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: Encontro sobre recuperação de pastagens. **Anais...** Realizado no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, agosto, 1993, p.79-117.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User's guide** Cary: 2003.

STODDART, L.A.; SMITH, A.D.; BOX, T.W. Range Management. 3 ed., New York, **McGraw-Hill Book**, 531 p., 1975.

TERMAN, G.L. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic amendments, and crop residues. **Advances in Agronomy**, v.31, p.189-223, 1979.

TISDALE, S.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Mac Millan, 1985. 754p.

ULRICH, A.; HILLS, E.J. Plant analysis as an acid fertilizing sugar crops: part I. Sugar beets. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (eds.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil science Society of America, 1973. p.271-288.

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

- WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. In: VAN RAIJ B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: IAC, 1996. p.261-273. (Boletim Técnico, 100).
- WHITEHEAD, D.C. Volatilization of ammonia. In: Whitehead, D.C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. p.152-179.

CAPÍTULO 4. NITROGÊNIO, COM OU SEM APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO: MASSA DE FORRAGEM, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE DE CAPIM-MARANDU

RESUMO - Foram avaliados os efeitos de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha) com ou sem a aplicação superficial de calcário na massa de forragem, composição química, digestibilidade do pasto de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob pastejo. O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte de Sertãozinho – Instituto de Zootecnia, Sertãozinho, SP. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com medidas repetidas no tempo, com quatro repetições, em arranjo fatorial 2 X 5. Não houve efeito do calcário sobre os parâmetros avaliados. A dose de N necessária para obtenção da máxima produção de forragem foi maior no primeiro ano, ocorrendo efeito linear positivo no primeiro ano e quadrático no segundo ano. As doses de N conduziram à redução de FDN, aumento do teor de PB, FDA, lignina e celulose e redução de hemicelulose. As doses de nitrogênio apresentaram efeito quadrático sobre digestibilidade *in vitro*, sendo que a máxima DIVMS ocorreu com doses de 228 kg/ha de N e massa de forragem de 4640 kg/ha. A adubação nitrogenada possibilitou aumento na taxa de lotação de 2,03 para 6,13 UA/ha em fevereiro de 2005 e 2,35 vs 9,85 UA/ha em fevereiro de 2006, para tratamentos sem e com 400 kg de N, respectivamente.

Palavras-chave: calcário, capim-Marandu, digestibilidade, massa de forragem, valor nutritivo.

CHAPTER 4. NITROGEN, WITH OR WITHOUT SURFACE LIMING ON THE HERBAGE MASS, CHEMICAL COMPOSITION AND DIGESTIBILITY OF THE MARANDU-GRASS

SUMMARY - There were evaluated the effects of nitrogen doses (0, 100, 200, 300 and 400 kg/ha) with or without the surface liming on the forage mass, chemical composition, dry matter digestibility and support capacity of *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu grazed pasture. The experiment was conducted at Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, SP. The experimental design was the randomized plots with repeated measures, with four replications, in factorial arrangement 2 X 5. There was not effect of the lime on the evaluated parameters. The response of mass production on nitrogen fertilizer was larger in the first year, occurred a positive linear effect in the first year and quadratic in the second. The N doses caused NDF reduction, increase of ADF content, and lignin and cellulose and hemicelluloses reduction. The N doses presented quadratic effect on in vitro digestibility, and the maxim DMIVD occurred with doses of 228 kg/ha of N and forage mass of 4640 kg/ha. There was increase of the stocking rates, 2,03 vs 6,13 UA/ha in February of 2005 and 2,35 vs 9,85 UA/ha in February of 2006, for treatments without and with 400 kg of N, respectively.

Key-words: lime, Marandu-grass, digestibility, forage mass, nutritional value.

4.1. Introdução

As gramíneas do gênero *Brachiaria* são conhecidas como plantas forrageiras no Brasil desde a década de 50, sendo recomendadas para variadas condições edafoclimáticas com clima tropical úmido. O capim-Marandu é mais exigente que as braquiárias, sendo recomendado como alternativa para os cerrados de média a alta fertilidade (ALMEIDA, 1999).

Na ausência de nutrientes disponíveis e adequada adubação, o capim-Marandu pode apresentar severa redução na produção de forragem e perda de valor nutritivo, praticamente inviabilizando a sua utilização pelos animais (ZIMMER e CORRÊA, 1993). A degradação e a baixa capacidade de suporte nesta área resultam em prejuízo anual de cerca de um bilhão de dólares, em virtude da falta de alimentação e perda de peso dos animais na entressafra (YOKOYAMA *et al.*, 1995).

O esgotamento da fertilidade do solo, principalmente baixos teores de N, tem sido apontado como a principal causa da degradação. No entanto, grande parte do insucesso da adubação de pastagens decorre da falta de entendimento dos fatores que alteram a quantidade e qualidade da forragem.

A temperatura, radiação e umidade do clima tropical associados à adubação nitrogenada conduzem ao rápido crescimento das forrageiras tropicais e rápidas alterações na proporção dos nutrientes como proteína e carboidratos estruturais. Geralmente, fatores que retardam o desenvolvimento da planta prolongam a manutenção da qualidade da forragem, e por outro lado, o rápido desenvolvimento das gramíneas tropicais e maiores produções por área através da adubação, dificultam a manutenção do valor nutritivo. Os resultados disponíveis na literatura são controversos, as diferenças estão relacionadas a doses, frequência de corte, frequência da adubação, potencial genético das espécies, condições climáticas, entre outros.

No experimento de RUGGIERI *et al.* (1995) a adubação nitrogenada resultou em aumento nos teores de PB e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca

do capim-Marandu não sendo observado alteração significativa na fração fibrosa. WHITNEY (1974) encontrou maior teor de proteína bruta e menores proporções de parede celular e lignina com a adubação nitrogenada. Os resultados de COUTINHO (1999) corroboram aos de WITHNEY (1974) sendo que o aumento de doses de N promoveu aumento da porcentagem de PB e redução da FDN e FDA. VAN SOEST (1978) observou resultados diferentes, uma vez que o aumento dos compostos nitrogenados foi compensado pela redução de carboidratos solúveis e aumento da lignificação, não ocorrendo aumento de digestibilidade das gramíneas. Corroborando a este último, VICENTE-CHANDLER *et al.* (1959) mostraram que as gramíneas tropicais possuem mais lignina quando adubada com N. Assim como ALMEIDA (1999) que observou aumento da celulose e lignina e redução da hemicelulose.

Considerando-se que intensificar a produção e oferecer forragem de melhor valor nutritivo aos animais possibilita redução de custos e aumento da eficiência do sistema produtivo, cabe identificar doses de nitrogênio que possibilitem maior produção e bom aproveitamento da forragem pelos animais.

Desta forma, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar o efeito de doses de nitrogênio com ou sem aplicação superficial de calcário sobre as porcentagens de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e massa de forragem da *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Local

O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte de Sertãozinho/IZ, localizado no município de Sertãozinho – SP, na posição geográfica de 21° 08' de latitude S e 47° 59' de longitude W, a uma altitude de 548 m, no período de março de 2004 a abril de 2006.

4.2.2. Características de clima, solo e pastagem

O clima predominante é classificado, segundo KÖPPEN (1948), como Aw caracterizado como clima tropical úmido, com verão quente e chuvoso e seco no inverno. A temperatura média anual oscila entre 27,3 a 31,5°C e a temperatura mínima média oscila entre 11 e 18°C com valores extremos de 7°C no mês de junho e 20°C nos meses de janeiro, fevereiro, março e outubro. A precipitação pluvial média nas águas é de 1485 mm, equivalendo a 80,5% do total, e na seca, 359 mm, correspondendo a 19,5%. Em geral, a estação seca ocorre de abril a setembro e a chuvosa de outubro a março.

A precipitação pluvial observada de março a novembro de 2004, período entre a aplicação do calcário e a primeira coleta de amostras de solo, foi de 646 mm. A precipitação de outubro de 2003 a março de 2004 foi de 1254 mm, de abril a setembro de 2004 foi de 370 mm, de outubro de 2004 a março de 2005 foi de 1264 mm, de abril a setembro de 2005 foi de 324 mm e de outubro de 2005 a março de 2006 de 1215 mm. A precipitação pluvial mensal e temperaturas médias máximas e mínimas, durante a condução do experimento, podem ser observadas nas Figuras 1 e 2.

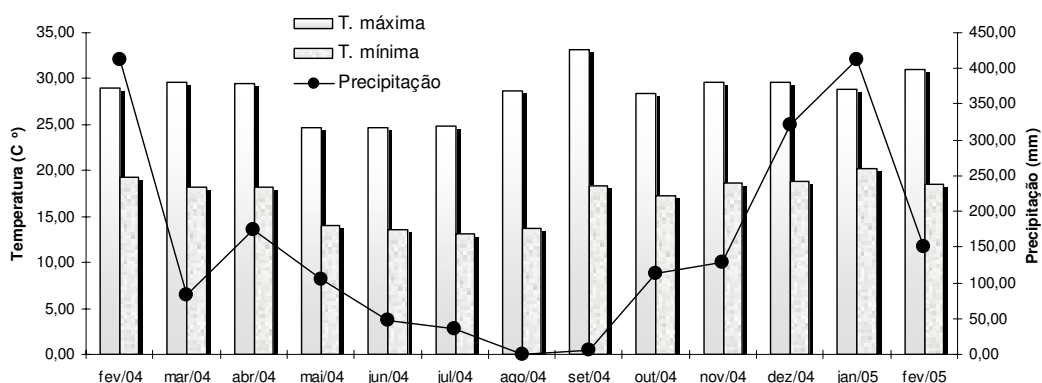


Figura 1. Precipitação pluvial mensal e temperaturas, máxima e mínima, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia, Sertãozinho, SP, no período de fevereiro de 2004 a fevereiro de 2005.

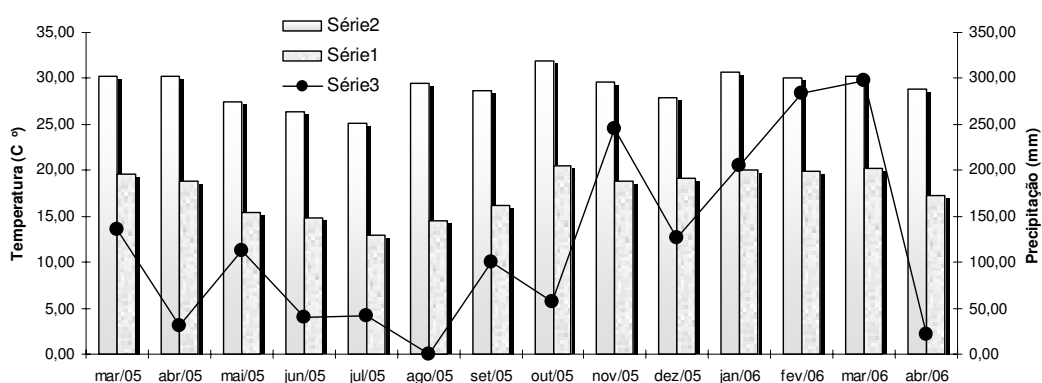


Figura 2. Precipitação pluvial mensal e temperaturas, máxima e mínima, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, SP, no período de março de 2005 a abril de 2006.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico de relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 1999). Em julho de 2003, a partir de vinte

subamostras coletadas com auxílio de enxadão na profundidade de 0 a 20 cm na área demarcada para as parcelas, foi caracterizada a situação inicial de fertilidade do solo. O resultado da análise foi o seguinte: 4 mg/dm³ de P resina; 47 g/dm³ de M.O., pH em cloreto de cálcio de 4,7; 1,8 mmolc/dm³ de K; 22 mmolc/dm³ de Ca; 11 mmolc/dm³ de Mg; 58 mmolc/dm³ de H+Al. A soma de bases foi de 35 mmolc/dm³, a CTC de 93 mmolc/dm³ e saturação por bases (V) de 38%. Com base nos resultados desta análise foi calculada a dose de calcário para correção da acidez na camada de 0 a 20 cm para elevar o índice de saturação por bases para 50%.

A pastagem de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu a ser recuperada, foi implantada em 1986 após o cultivo de milho durante dois anos consecutivos. A implantação contou apenas com a adubação residual dessas lavouras. Um ano após a implantação foram aplicados 50 kg/ha de nitrogênio, posteriormente a área permaneceu por 18 anos sem receber adubação de reposição ou manutenção.

A pastagem era utilizada por fêmeas Nelore paridas e um touro da mesma raça durante a estação de monta, com taxa de lotação igual 2 UA/ha em lotação contínua. Para a instalação do experimento, a pastagem foi vedada a partir de 20 de fevereiro de 2004 e o manejo em lotação contínua com taxa de lotação igual a 2 UA/ha deu lugar a uma lotação rotacionada com oferta de forragem (OF) de 8% do PV. Foram utilizadas fêmeas bovinas da raça Caracu com média de 500 kg de PV. O período de descanso foi de 28 a 32 dias nos meses de dezembro a abril e de 48 a 60 dias de junho a agosto, nos meses de novembro (final do período seco) o período de descanso foi de 120 e 90 dias em 2004 e 2005, respectivamente. O período de ocupação foi de 1 a 5 dias de acordo com a oferta de forragem e densidade de lotação.

A pastagem não se encontrava em estado avançado de degradação devido às características do solo, clima e resistência da espécie vegetal implantada aquelas condições. O manejo de queima nunca foi utilizado e não havia presença de invasoras. No entanto, a produção de massa seca no início do experimento,

com corte rente ao solo, num período de 58 dias após roçagem (09/03/04 a 05/05/04) foi de 1406 kg/ha. Dessa forma, segundo a escala de referência de 1 a 5, proposta por STODDART et al. (1975), o estágio de degradação é classificado como 1, ou seja, o mais brando, caracterizado pelo distúrbio fisiológico da espécie principal, com diminuição considerável na sua produtividade potencial para as condições edafoclimáticas e bióticas, perda de vigor, incapacidade de recuperar-se naturalmente e de manter mais de 2 UA/ha.

4.2.3. Unidades experimentais e aplicação dos tratamentos

As atividades de recuperação da pastagem foram realizadas em uma área de 3200 m². Para cada tratamento foi utilizado uma parcela de 80 m², com 8 m de largura e 10 m de comprimento. Entre as parcelas havia distância de 1 metro como carreador. De cada lado da parcela foi considerado 1 m de bordadura, utilizando-se a área útil de 48 m² para as coletas de amostra.

No mês de fevereiro de 2004 a área de 11.055 m² foi vedada com uso de cerca de arame farpado, formando-se um único piquete contendo todas as parcelas. A área total destinada ao trabalho foi maior que a soma da área das parcelas devido aos blocos terem sido dispostos a cada curva de nível, somando-se desta forma a largura de quatro curvas de nível, acrescida de área lateral para cochos, bebedouros e eventual entrada de máquinas. Em cada bloco foram avaliados 10 tratamentos (sem N, 4 doses de N, com e sem aplicação de calcário em superfície) sorteados nas parcelas.

Com base nos resultados da análise de solo, a partir de amostra composta por vinte subamostras coletadas na área demarcada para as parcelas, foi caracterizada a situação inicial e definida a dose de calcário para correção da acidez na camada de 0 a 20 cm para elevar a saturação por bases para 50% (WERNER *et al.*, 1996).

Foi realizada roçada para uniformizar e rebaixar o relvado a 15 cm do solo em março de 2004. Logo após a roçada, no dia 23 de março de 2004, fez-se a aplicação superficial sem incorporação de 1.1 t/ha de calcário dolomítico, com distribuição a lanço. O calcário apresentava PRNT igual a 101%, era composto por 45,65% de CaO e 8,40% de MgO.

A adubação nitrogenada foi realizada durante o verão, após as primeiras chuvas. Foram aplicadas doses de N de 0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha utilizando-se a uréia, parceladas em duas doses iguais aplicadas nos meses de novembro e dezembro nos anos de 2004 e 2005, logo após o pastejo em dois ciclos sucessivos. Junto à primeira parcela foram fornecidos P e K de maneira semelhante para todos os tratamentos em dosagens de acordo com CANTARUTTI *et al.* (1999). A adubação com P foi feita através da aplicação de superfosfato simples na dose de 90 kg/ha de P_2O_5 no primeiro ano e 60 kg/ha de P_2O_5 no segundo. A adubação com K fornecendo-se 40 kg/ha de K_2O foi realizada com a aplicação de cloreto de potássio. As aplicações foram realizadas concomitantemente no início da estação chuvosa. Todos os insumos foram distribuídos manualmente em superfície, no dia seguinte ao pastejo.

4.2.4. Avaliação da massa de forragem

As amostragens, para avaliação da massa de forragem, foram realizadas com o uso do retângulo de 1 m² (2,0 x 0,5 m) lançado por quatro vezes na área útil da parcela, um dia antes da entrada dos animais. A taxa de lotação foi calculada para 8% de oferta de forragem.

Após a pesagem da forragem, vinda do campo em sacos de plástico, as amostras foram submetidas a secagem a 65°C para obtenção do teor de matéria seca.

As amostras secas foram transportadas ao laboratório e submetidas à análise de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em

detergente ácido (FDA), lignina e celulose. A análise de PB foi realizada pelo método Micro-Kjeldhal, conforme SILVA (1998). As análises de FDA, FDN, celulose e lignina em H_2SO_4 foram realizadas segundo GOERING & VAN SOEST (1970) e a hemicelulose por diferença entre FDN e FDA (SILVA, 1998).

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca foram coletadas amostras de forragem um dia antes da entrada dos animais simulando o pastejo nos meses de janeiro (verão) e junho de 2005 (inverno) e com roçadeira costal, assim como a amostragem destinada às análises bromatológicas, nos meses de dezembro de 2005 (verão) e abril de 2006 (inverno). Este procedimento permitiu estabelecer uma relação entre a digestibilidade e a composição química da forragem. As amostras foram pré-secas, moídas e analisadas de acordo com TILLEY & TERRY (1963) com inóculo ruminal de bovinos alimentados com silagem de milho, gramínea e mistura mineral.

4.2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições, em arranjo fatorial 2 X 5. Foram incluídos no modelo efeito da calagem, nitrogênio, bloco, período e todas possíveis interações. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 1993) adotando-se nível de significância de 5%. Os dados foram submetidos à análise da variância sendo as observações analisadas por medidas repetidas no tempo usando o PROC MIXED. Quando verificado interação entre N e calagem, procedeu-se o desdobramento da análise. Foi realizada análise de regressão para os componentes do primeiro e segundo grau para as doses de nitrogênio, bem como teste de comparação de médias (Tukey a 5%). Para análises de regressão empregou-se o PROC REG.

4.3. Resultados e Discussão

4.3.1. Massa de forragem

Não houve efeito do calcário sobre a massa de forragem. A adição de Ca e Mg e melhoria das condições do solo não resultaram em efeito sobre a massa de forragem provavelmente devido ao alto teor de Ca e Mg no solo e nível de exigência da espécie implantada. Além disso, a saturação por bases inicial do solo (38%) estava muito próxima da saturação por bases para máxima produção do capim-Marandu ($V_2=43\%$), encontrada por PREMAZZI (1991), sendo baixa a quantidade de calcário aplicada (1100 kg/ha). CARVALHO *et al.* (1992), avaliando a resposta da *Brachiaria decumbens* à calagem (0 e 4 t/ha de calcário dolomítico) na presença das doses 0, 100, 200 e 400 kg/ha por ano de N, na forma de uréia, demonstraram resposta mais evidente do N na dose de 4 t/ha de calcário.

No entanto, os resultados encontrados neste estão de acordo com alguns autores. WERNER *et al.* (1979), testando doses de calcário (0, 1,5 e 3,4 t/ha de calcário dolomítico), em uma pastagem estabelecida de capim-colonião, por três anos consecutivos, verificaram não haver resposta sobre a produção de massa seca, inclusive no 2º ano do experimento o efeito foi depressivo. Na mesma linha de pesquisa, FERRARI NETO *et al.* (1994), estudando as limitações nutricionais do capim-colonião, verificaram que a omissão de Ca e Mg, bem como a adição de calcário para elevar a saturação por bases a 60%, não conduziram a resposta em produção de massa seca do capim.

Houve efeito linear positivo das doses de N sobre a massa de forragem nos meses de dezembro de 2004, fevereiro, março, abril e junho de 2005 e abril de 2006 e efeito quadrático nos meses de janeiro, agosto e dezembro de 2005 e fevereiro de 2006, as equações encontram-se na Tabela 2. Na Tabela 3 encontra-se a produção de massa seca por hectare por dia.

Segundo VICENTE-CHANDLER *et al.* (1959) as gramíneas tropicais podem responder até 1800 kg/ha de N por ano, sendo a magnitude variável conforme a espécie estudada. Segundo FERNANDES & ROSSILO (1986), em explorações intensivas têm sido observadas respostas de até 800 kg/ha de N por ano. Esta colocação está de acordo com os resultados obtidos no primeiro ano. MILLER & NOBBS (1976), testando o efeito de doses de N (0, 100, 200, 400 e 800 kg/ha) sobre a produção de massa seca de *Brachiaria mutica*, observaram aumento significativo até a dose de 200 kg/ha de N, resultado este, considerando a diferença de exigência entre as espécies, de acordo com os obtidos no segundo ano do experimento.

HARDING & GROF (1978) encontraram melhores resultados de produção de massa da *Brachiaria decumbens* (Stapf) com a dose de 200 kg/ha de N por ano. A dose para máxima produção encontrada por HOFFMAN (1992) para a mesma espécie foi de 437 mg/kg de solo. No presente trabalho, o ponto de máxima no primeiro ano não esteve entre as doses estudadas e, portanto, até a dose de N de 400 kg/ha o efeito foi linear. No entanto, a dose de N para máxima produção de forragem em fevereiro de 2006 (segundo ano agrícola) foi de 284 kg/ha. Esses resultados corroboram com um trabalho conduzido no CIAT (1980), em que se avaliaram doses de N e foi observado que no primeiro ano, houve resposta linear positiva da *Brachiaria decumbens* a aplicações de N de até 400 kg/ha na forma de uréia e a partir do segundo ano, a maior produção esteve limitada a 200 kg/ha de N (CIAT, 1980). Estas ocorrências sinalizam que quanto maior a deficiência de N mais alta a dose para obtenção da produção máxima e menor a resposta ao N aplicado, sendo prudente considerar o histórico da área para definir a dose de N. Neste trabalho, no primeiro ano, a planta recuperou-se após longo período de deficiência de N. Nesta situação inicial, com menor massa de forragem e massa seca de folhas verdes, a eficiência de utilização do N é menor e o efeito é linear até doses de N de 400 kg/ha. No segundo ano, a planta com maior massa seca de folhas verdes apresenta maior eficiência de utilização do N e o efeito é quadrático.

A diferença entre os resultados de um ano para outro pode envolver ainda aspectos relacionados à disponibilidade de nutrientes, uma vez que quando são utilizadas altas doses, a resposta ao N sofre interações com outros nutrientes (PEREIRA, 1987). O K e o S foram extraídos e reciclados pela decomposição da matéria orgânica e novamente fornecidos por meio de adubação também no segundo ano. Além disso, a acidez potencial na camada de 5 a 10 cm do solo foi corrigida após 20 meses de aplicação do calcário (vide capítulo 1), favorecendo o aproveitamento de nutrientes no segundo ano. A melhor eficiência de utilização do N no segundo ano decorre ainda da maior área foliar e provável maior volume de raízes ocasionado pela adubação com N no primeiro ano. Este resultado está de acordo com os obtidos por OLIVEIRA *et al.*, (2003) que também encontrou aumento da resposta ao uso de fertilizantes durante o processo de recuperação.

Os resultados no segundo ano também estão de acordo a TOLEDO & MORALES (1982), que avaliaram doses de N de 0, 200 e 400 kg/ha, e verificaram que a *Brachiaria decumbens* respondeu até a dose de N de 200 kg/ha positivamente.

Entretanto, no mês fevereiro de 2006 o período de descanso foi de 60 dias, enquanto no primeiro ano os intervalos entre ciclos de pastejo estiveram entre 28 a 32 dias. O maior período de descanso pode resultar em produção máxima com menor dose de N. Enquanto, num período curto o crescimento aparece para doses mais altas, prolongando-se o período de crescimento a produção daquele tratamento com menor dose de N tem a possibilidade de se igualar a produção com doses mais elevadas. Segundo BOIN (1986), embora a produção de massa seca em resposta a adubação com doses de N seja normalmente linear, a mesma varia com o potencial genético, condições climáticas e frequência de corte. SANTOS JUNIOR (2001) observou que a concentração crítica de N para o capim-Marandu variou linearmente sob influência da idade de crescimento entre os valores de 33,8 e 12,8 g/kg para 21 e 56 dias de crescimento, respectivamente.

Tabela 2. Efeito de N na massa de forragem de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	$M = 1682,4 + 7,65588 N$	0,0001	0,76
Janeiro 2005	$M = 1525,525 + 16,473125 N - 0,011656 N^2$	0,0275	0,91
Fevereiro 2005	$M = 1999,40 + 10,13225 N$	0,0001	0,69
Março 2005	$M = 1439 + 7,299 N$	0,0001	0,61
Abril 2005	$M = 1674,325 + 6,06213 N$	0,0001	0,61
Junho 2005	$M = 2851,5 + 7,87275 N$	0,0001	0,54
Agosto 2005	$M = 3135,696429 + 16,686571 N - 0,028321 N^2$	0,0223	0,35
Dezembro 2005	$M = 2094,675 + 26,430875 N - 0,028806 N^2$	0,0270	0,74
Fevereiro 2006	$M = 2430,24249 + 29,643792 N - 0,052149 N^2$	0,0001	0,81
Abril 2006	$M = 3687,475 + 8,267 N$	0,0001	0,42

N = dose de nitrogênio em kg/ha

M = massa de forragem em kg/ha de matéria seca

Tabela 3. Efeitos de N na massa de forragem de capim-Marandu por dia em épocas do ano.

Época	Doses de N (kg/ha)					Média
	0	100	200	300	400	
Dez04	62	82	118	145	167	115
Jan 05	45	105	145	162	207	133
Fev05	57	84	110	136	172	112
Mar05	40	72	94	113	134	91
Média	51	86	117	139	170	
Abr05	57	82	107	125	144	103
Jun 05	52	81	103	102	123	92
Ago05	57	97	103	103	107	94
Nov05	20	22	19	25	21	21
Média	47	71	83	89	99	
Dez05	47	115	158	195	203	143
Fev06	39	84	112	150	165	110
Média	43	99	135	172	184	
Abr06	56	77	99	101	112	89

4.3.2. Taxa de lotação

A taxa de lotação aumentou consideravelmente com as doses de N (Tabela 4) e o calcário não surtiu efeito. A adubação de N com 400 kg/ha permitiu aumento aproximado de 2 para 6 UA/ha. Nos meses de inverno os valores medidos não representam necessariamente a produção daquele período. A taxa de lotação nos meses de junho e agosto esteve próxima a taxa

de lotação dos meses de verão, sendo que tratamentos sem N apresentaram maior capacidade de suporte quando comparada a dos meses de verão. No entanto, a taxa de lotação calculada para 8% de oferta de forragem, para esta época, decorre de forragem residual dos ciclos anteriores. Como este material se encontrou mais lignificado quando comparado aos meses de verão (3,20 e 3,33 % de lignina em dezembro e janeiro vs 5,70 e 6,32 % de lignina em junho e agosto), com menor relação folha/colmo (2,06 em janeiro vs 0,46 e 0,29 em junho e agosto) e os animais consomem preferencialmente folhas, provavelmente houve redução de consumo levando ao menor desaparecimento de forragem da pastagem. Tal ocorrência sinaliza a possibilidade de ter havido baixa pressão de pastejo nas parcelas com maior produção de massa, uma vez que as todas as parcelas estiveram em um mesmo piquete, acarretando sobras sucessivas que se acumularam ao longo dos ciclos de pastejo.

Tabela 4. Efeito de N sobre a taxa de lotação da pastagem de capim-Marandu em épocas do ano.

N (kg/ha)	0	100	200	300	400
	UA/ha				
Dez04	1,72	2,27	3,28	4,03	4,63
Jan 05	1,38	3,24	4,47	4,97	6,38
Fev05	2,03	3,01	3,95	4,85	6,13
Mar05	1,28	2,28	2,99	3,58	4,25
Abr05	1,59	2,29	2,97	3,47	4,01
Jun 05	2,47	3,83	4,92	4,86	5,87
Ago05	2,90	4,93	5,22	5,21	5,42
Nov05	1,76	1,98	1,70	2,18	1,84
Dez05	1,19	2,91	3,99	4,95	5,13
Fev06	2,35	5,00	6,65	8,90	9,85
Abr06	3,31	4,57	5,91	6,02	6,68

OF 8% = 8 kg de massa seca para cada 100 kg de peso vivo.

UA = 450 kg de peso vivo.

4.3.3. Proteína bruta

Não houve efeito do calcário sobre esta variável resposta. Houve interação significativa entre doses de N e época no teor de proteína bruta ($P < 0,001$). Houve efeito linear positivo de doses de N sobre a PB nos meses de dezembro de 2004, janeiro, fevereiro e março de 2005 e fevereiro e abril de 2006. No mês de dezembro de 2005 o efeito foi quadrático. As equações encontram-se na Tabela 5. Os valores de PB foram significativamente menores nos meses abril, junho e agosto (Tabela 6).

Tabela 5. Efeito de N na proteína bruta do capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	PB = 7,99825 + 0,01678 N	0,0001	0,48
Janeiro 2005	PB = 10,0695 + 0,00792 N	0,0173	0,14
Fevereiro 2005	PB = 6,3135 + 0,00482 N	0,0137	0,14
Março 2005	PB = 6,7005 + 0,00786 N	0,0001	0,35
Dezembro 2005	PB = 6,98525 + 0,02853375 N – 0,000027938 N ²	0,0313	0,76
Fevereiro 2006	PB = 6,33225 + 0,0086 N	0,0001	0,33
Abril 2006	PB = 5,44575 + 0,00526 N	0,0009	0,25

N = dose de nitrogênio em kg/ha

PB = proteína bruta em porcentagem da matéria seca

Estes resultados estão de acordo com vários autores. RUGGIERI *et al.* (1995) observaram aumento de PB do capim-Marandu utilizando 0, 33 e 66 kg/ha de N. WHITNEY (1974) mencionou que a adubação nitrogenada propicia maior teor de PB. COUTINHO (1999) também observou aumento no teor de PB do capim-Marandu utilizando 0, 50, 100 e 200 kg/ha de N, resultando em valores de 7,59; 11,5; 13 e 16% de PB, respectivamente.

O aumento no teor de proteína bruta é importante uma vez que ocorre redução do consumo de matéria seca pelos animais, quando estiver abaixo de 7% nas plantas forrageiras (MILFORD & MINSON, 1965), como observado nos meses de abril, junho e agosto (Tabela 6).

A redução nos teores de PB observados em dezembro 2004 quando comparado a fevereiro de 2005 para as doses de 200, 300 e 400 kg de N, e de dezembro de 2005 quando comparado a fevereiro de 2006 para as doses de 100, 200 e 400 kg/ha de N, sinaliza menores efeitos no segundo ciclo após a adubação. Este efeito está de acordo com CHADHOKAR (1978) que avaliando intervalos de aplicação do nitrogênio, observou aumento no teor de PB, quando a aplicação do fertilizante nitrogenado foi mais freqüente (42 dias), não havendo resposta quando aplicado em intervalos mais espaçados (84 dias).

Houve interação significativa entre N e época. Comparando-se a diferença entre as épocas de dezembro e janeiro do primeiro ano com fevereiro para doses de N de 200, 300 e 400 kg/ha, e dezembro com fevereiro no segundo ano para doses de N de 100, 200 e 400 kg/ha, observamos menor efeito do N no segundo

ciclo após adubação nos dois anos estudados (Tabela 6). Observou-se que não houve diferença no teor de proteína bruta entre as doses de 300 e 400 kg/ha de N e, com exceção dos meses de fevereiro e abril, não houve diferença entre doses de 200 e 300 kg/ha. Por outro lado, a dose de 200 kg/ha de N, exceto nos meses de março de 2005 e abril de 2006, sempre apresentou aumento significativo no percentual de PB, quando comparada com a testemunha (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito de N e época no percentual de proteína bruta (PB) do capim-Marandu em épocas do ano.

kg/ha	DEZ04	JAN05	FEV05	MAR05	JUN05	AGO05	DEZ05	FEV06	ABR06	Médias
0	7,90 c A	7,15 bAB	6,08 bAB	6,34 bAB	4,36 aB	3,70 b B	8,79 cA	5,76 cAB	5,87bcAB	6,22
100	9,17bcAB	9,22 aAB	6,64 bBC	8,01 ab B	5,46 aBC	3,47 bC	12,3 abA	7,69 bB	5,26 bcC	7,47
200	12,26abA	11,58 aA	7,77 aB	8,00 abB	4,57 aB	5,01aB	12,14 aA	7,70 bB	6,23 bcB	8,36
300	13,08 aA	13,34 aA	8,16 aB	9,45 aB	5,52 aBC	3,93 abC	12,13 aA	10,2 aAB	7,97 aB	9,31
400	14,34 aA	13,76 aA	7,71aBC	9,55 aB	5,35 aC	4,44 abC	12,85 aA	8,82 abB	7,1 abBC	9,33
CV	22,5	27,09	13,33	17,68	26,75	21,51	15,03	18,48	15,85	

Letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Coeficiente de variação (%).

4.3.4. Fibra em detergente neutro

Houve efeito linear negativo de doses de N sobre o percentual de fibra em detergente neutro (FDN) nos meses de dezembro de 2004 ($P < 0,01$), janeiro ($P < 0,01$), março ($P < 0,05$) e dezembro de 2005 ($P < 0,001$). As equações encontram-se na Tabela 7. Não houve efeito do calcário.

Tabela 7. Efeito de N na fibra em detergente neutro (FDN) do capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidade.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	FDN = 69,8745 – 0,00858 N	0,0069	0,17
Janeiro 2005	FDN = 70,63875 – 0,00695 N	0,0048	0,19
Março 2005	FDN = 74,7295 – 0,00463 N	0,0482	0,09
Dezembro 2005	FDN = 73,30525 – 0,00976 N	0,0001	0,46

N = dose de nitrogênio em kg/ha

FDN = fibra em detergente neutro em porcentagem da matéria seca

A análise da variância também apresentou efeito de doses de N sobre a porcentagem de FDN da forragem (Tabela 11). Houve efeito de época e interação entre N e época ocorrendo maiores valores nos meses de fevereiro, abril, junho, agosto ($P < 0,001$). Normalmente o valor nutritivo é reduzido com o aumento de idade e maturidade da planta. Assim, como a menor temperatura no inverno e a escassez de água reduzem o desenvolvimento da planta, nos meses de abril, junho e agosto, o período de descanso foi prolongado, resultando em maiores teores de FDN nesses meses. Por outro lado, houve efeito das doses de nitrogênio em reduzir o teor de FDN, ocorrendo interação entre nitrogênio e época. Os tratamentos sem e com 100 kg/ha de N não apresentaram diferença entre os meses de dezembro de 2004, janeiro e fevereiro de 2005, enquanto os tratamentos com 200, 300 e 400 kg/ha de N apresentaram menores teores de FDN em dezembro e janeiro quando comparado com todos os outros meses avaliados (Tabela 11). Este resultado decorre do efeito das doses de 200, 300 e 400 kg/ha de N em reduzir a porcentagem de FDN provocando maiores diferenças entre os períodos.

Foi observado que houve efeito de doses de N em reduzir a FDN nos meses de dezembro de 2004 entre as doses de 100 e 400 kg/ha de N ($P < 0,05$) e dezembro de 2005 comparando-se as doses de 300 e 400 kg/ha de com as doses de 0 e 100 kg/ha de N ($P < 0,01$) (Tabela 11). Aparentemente, o efeito de doses de N em reduzir a FDN é mais pronunciado logo após adubação devido ao rápido desenvolvimento de folhas, sendo que nos meses posteriores, o desenvolvimento estrutural acompanha o crescimento para dar suporte aos órgãos da planta. Assim, a FDN é reduzida pela adubação nitrogenada em dezembro de 2004 de 69 para 66%, e dezembro de 2005 de 73 para 69%, sem e com 400 kg/ha de N, respectivamente, enquanto em fevereiro não ocorre efeito.

WHITNEY (1974) mencionou que a adubação nitrogenada propicia menores proporções de parede celular. COUTINHO (1999), utilizando 0, 50, 100 e 200 kg/ha de N, observou redução na porcentagem FDN de 68,7; 63,2; 61,3 e 60,8 do capim-Marandu e ALMEIDA (1999) observou redução dos teores de FDN

de 69,80 vs 67,29 ao testar os efeitos da adubação nitrogenada sobre o teor de FDN do capim-Marandu.

Como a FDN é negativamente relacionado ao consumo voluntário (VAN SOEST, 1978), o efeito de doses de N em reduzir a FDN favorece a ingestão, uma vez que aumenta a proporção de teor celular, mais digestível que a fração fibrosa. No entanto, discriminando os constituintes da fibra, enquanto a hemicelulose está negativamente relacionada ao consumo voluntário, a lignina e a FDA são consistentemente associadas com a digestibilidade (VAN SOEST, 1978) e, portanto, cabe analisar a alteração dos outros constituintes da fração fibrosa para elucidar melhor os efeitos de doses de N sobre o valor nutritivo.

4.3.5. Fibra em detergente ácido

A análise de regressão detectou efeito linear positivo de doses de N sobre a porcentagem de fibra em detergente ácido (FDA) no mês de abril, originando a seguinte equação: $FDA = 44,69875 + 0,00532 N$ ($R^2 = 0,16$), onde N = doses de N/ha.

Este resultado está de acordo com o trabalho de ALMEIDA (1999) onde foram observadas porcentagens de FDA do capim-Marandu de 36,50 e 33,04 para tratamentos com e sem N, respectivamente. No trabalho de ALMEIDA (1999) também ocorreu redução de FDN e aumento de FDA. Estas ocorrências sinalizam redução da hemicelulose. Como a lignina e a FDA são negativamente associadas à digestibilidade (VAN SOEST, 1978) e a hemicelulose representa um constituinte fibroso mais digestível que a lignina, a dose de N de 400 kg/ha pode reduzir a digestibilidade da fração fibrosa.

4.3.6. Lignina

Houve efeito linear positivo de doses de N sobre o percentual de lignina nos meses de janeiro ($P < 0,01$), fevereiro ($P < 0,05$), junho ($P < 0,05$) e dezembro ($P < 0,10$) de 2005 e fevereiro ($P < 0,01$) e abril ($P < 0,10$) de 2006. No mês de agosto houve efeito quadrático ($P < 0,05$). As equações encontram-se na Tabela 8.

O efeito quadrático no mês de agosto deve-se provavelmente aos maiores teores de lignina naquele mês (Tabela 11).

VAN SOEST (1978) observou que o aumento dos compostos nitrogenados foi compensado pela redução de carboidratos solúveis e aumento da lignificação, não ocorrendo aumento de digestibilidade das gramíneas. Corroborando a este, VICENTE-CHANDLER *et al.* (1959) mostraram que as gramíneas tropicais possuem mais lignina quando adubada com N. Assim como ALMEIDA (1999), que também observou aumento da celulose e lignina e redução da hemicelulose.

Tabela 8. Efeito de N na lignina de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Janeiro 2005	LIG = 3,1925 + 0,00072375 N	0,0054	0,18
Fevereiro 2005	LIG = 4,027 + 0,00127 N	0,0159	0,14
Junho 2005	LIG = 5,37025 + 0,00169 N	0,0186	0,13
Agosto 2005	LIG = 5,770928571 + 0,006336429 N - 0,000011929 N ²	0,0349	0,22
Dezembro 2005	LIG = 3,48025 + 0,00051 N	0,0691	0,08
Fevereiro 2006	LIG = 4,86175 + 0,00218 N	0,0054	0,18
Abril 2006	LIG = 5,21075 + 0,00132 N	0,0565	0,09

N = dose de nitrogênio em kg/ha

LIG = lignina em porcentagem da matéria seca

4.3.7. Hemicelulose

Houve efeito linear negativo de doses de N sobre o percentual de hemicelulose, reduzindo a digestibilidade da fração fibrosa da planta. As equações e probabilidades encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9. Efeito de N na hemicelulose do capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	HEM = 33,3655 – 0,00803 N	0,0055	0,18
Janeiro 2005	HEM = 32,228 – 0,00726 N	0,0022	0,22
Fevereiro 2005	HEM = 31,585 – 0,00452 N	0,0015	0,23
Março 2005	HEM = 32,9515 – 0,00391 N	0,0042	0,19
Agosto 2005	HEM = 31,24175 – 0,0034 N	0,0118	0,15
Dezembro 2005	HEM = 31,98225 – 0,01191 N	0,0001	0,55
Abril 2006	HEM = 32,4775 – 0,00651 N	0,0009	0,25

N = dose de nitrogênio em kg/ha

HEM = hemicelulose em porcentagem da matéria seca

Houve interação significativa entre nitrogênio e época (Tabela 11). Houve efeito significativo de doses de N em reduzir a hemicelulose no mês de dezembro de 2004 ($P < 0,05$), janeiro ($P < 0,05$), fevereiro ($P < 0,05$) e dezembro de 2005 ($P < 0,05$) e abril de 2006 ($P < 0,05$), enquanto nos meses de março, junho, agosto e fevereiro não houve efeito. O efeito da adubação nitrogenada em reduzir a hemicelulose apenas no verão sugere a relação deste efeito com o crescimento da planta e resulta em interação de nitrogênio com época. Os tratamentos sem e com N na dose de 100 kg/ha não apresentaram diferenças significativas entre as épocas. O tratamento com 200 kg/ha de N apresentou menor teor de hemicelulose em dezembro de 2005 quando comparado a dezembro de 2004. O tratamento com dose de N de 300 kg/ha apresentou maiores teores de hemicelulose nos meses de dezembro de 2004, março e junho de 2005, quando comparado aos meses de dezembro de 2005 e abril de 2006. O tratamento com 400 kg/ha apresentou maiores teores nos meses de março, junho, agosto de 2005, fevereiro e abril de 2006, quando comparados a janeiro e dezembro de 2005. Como o teor de hemicelulose é mais no inverno e o aumento na dose de N reduziu a hemicelulose, as diferenças entre épocas são maiores e aparecem mais rapidamente para doses mais altas de N.

4.3.8. Celulose

A análise da variância detectou efeito de doses de N e de época sobre o percentual de celulose, não houve efeito do calcário ou qualquer interação. Houve efeito linear positivo das doses de N sobre o percentual de celulose nos meses de fevereiro ($P < 0,05$), junho ($P < 0,01$), dezembro ($P < 0,01$) de 2005 e abril de 2006 ($P < 0,001$) e efeito quadrático nos meses de janeiro ($P < 0,05$) e agosto ($P < 0,05$) de 2005. As equações encontram-se na Tabela 10. O efeito de doses de N sobre a massa de forragem, teor de celulose e hemicelulose pode ser observado na Figura 3.

Tabela 10. Efeito de N na celulose do capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidade.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Janeiro 2005	$CEL = 31,04560714 + 0,01506036 N - 0,00002361 N^2$	0,0314	0,40
Fevereiro 2005	$CEL = 33,77625 + 0,00499 N$	0,0231	0,12
Junho 2005	$CEL = 34,77475 + 0,00544 N$	0,0065	0,17
Agosto 2005	$CEL = 35,27782143 + 0,01842982 N - 0,00003826 N^2$	0,0234	0,18
Dezembro 2005	$CEL = 35,2865 + 0,00508 N$	0,0049	0,19
Abril 2006	$CEL = 36,845 + 0,00607 N$	0,0002	0,30

N = dose de nitrogênio em kg/ha

CEL = celulose em porcentagem da matéria seca

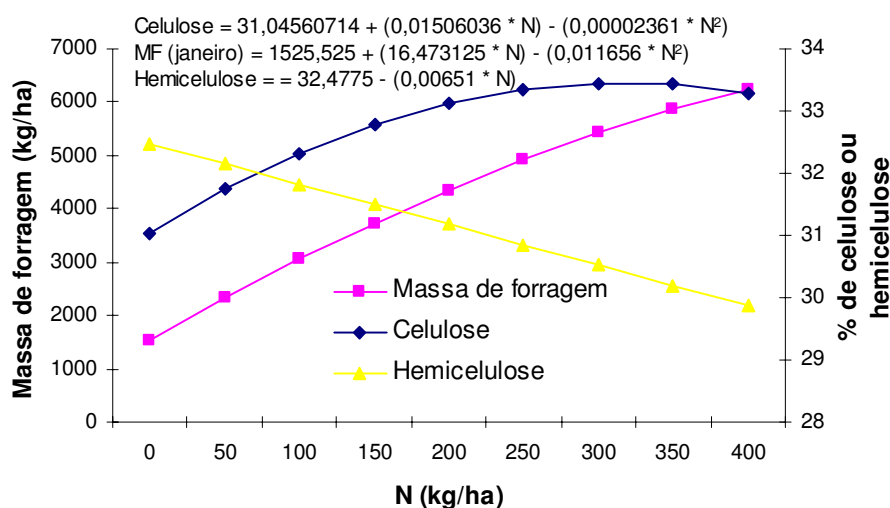


Figura 3. Massa de forragem, teor de celulose e hemicelulose de capim-Marandu, no mês de janeiro de 2005, em função de doses de N.

A celulose é o principal componente da FDA e está associada com a digestibilidade. A associação da celulose com a digestibilidade depende das ligações com a lignina, uma vez que a lignina pode limitar sua digestão. Enquanto as ligações de celulose com hidrogênio influenciam a taxa de degradação, as associações com lignina podem impedir a degradação da celulose (HATFIELD, 1989). As ligações entre celulose e lignina estão condicionadas a temperatura ambiente e a natureza da espécie (VAN SOEST, 1987).

Tabela 11. Efeito de N e época na fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina do capim-Marandu em épocas do ano.

kg/ha	DEZ04	JAN05	FEV05	MAR05	JUN05	AGO05	DEZ05	FEV06	ABR06	Médias
Fibra em detergente neutro (% de FDN)										
0	69,44 abC	70,99 aC	73,28 abC	74,50 aB	77,55 aA	77,23 aA	73,12 aBC	78,08 aA	76,53 abA	74,52 a
100	69,81 aB	69,77 aB	73,13 abAB	74,79 aA	76,81 aA	77,83 aA	72,83 aA	77,86 aA	77,65 abA	74,50 a
200	67,80 abC	68,94 aC	71,79 bB	73,50 aB	77,83 aA	76,93 aA	70,95 abBC	78,06 aA	77,72 aA	73,72 ab
300	67,31 abC	68,25 aC	72,14 aB	72,63 aB	77,65 aA	77,96 aA	70,39 bBC	76,64 aA	76,02 bA	73,22 b
400	66,40 bC	68,28 aC	72,86 aB	73,23 aB	77,59 aA	76,23 aA	69,46 bC	78,68 aA	76,75 abA	73,28 b
Fibra em detergente ácido (% de FDA)										
0	36,86	38,70	41,58	41,41	44,01	45,53	41,18	46,65	44,46	42,26
100	36,67	38,85	42,49	42,06	43,83	47,35	41,72	46,24	45,18	42,65
200	35,59	38,17	40,72	42,26	46,10	46,65	41,69	47,36	46,35	42,77
300	35,88	38,17	41,68	40,68	45,03	47,76	42,05	46,79	46,19	42,69
400	36,97	38,95	43,32	41,74	45,32	46,08	42,09	48,08	46,62	43,24
Médias	36,39 D	38,47 C	41,96 B	41,63 B	44,84 A	46,67 A	41,75 B	47,02 A	45,76 A	
Percentual de lignina										
0	3,08	3,27	4,00	4,38	5,36	5,72	3,47	4,96	5,28	4,39
100	3,27	3,20	4,29	4,59	5,32	6,41	3,49	4,89	5,29	4,53
200	3,20	3,25	4,17	4,74	6,01	6,44	3,69	5,47	5,36	4,70
300	3,08	3,41	4,29	4,36	5,93	6,62	3,55	5,36	5,66	4,60
400	3,38	3,53	4,64	4,78	5,90	6,40	3,69	5,80	5,76	4,88
Médias	3,20 D	3,33 D	4,28 C	4,57 C	5,70 B	6,32 A	3,58 D	5,29 B	5,47 B	
Percentual de hemicelulose										
0	32,58 abA	32,28 aA	31,70 aA	33,09 aA	33,53 aA	31,70 aA	31,40 aA	31,15 aA	31,65 abA	32,12
100	33,14 aA	31,42 abA	30,64 abA	32,73 aA	32,98 aA	30,48 aA	31,37 aA	31,61 aA	32,33 aA	31,85
200	32,21 abA	30,77 abcAB	31,06 abAB	31,54 aAB	31,72 aAB	30,28 aAB	29,10 bB	30,61 aAB	31,10 abAB	30,93
300	31,42 abA	30,07 bcAB	30,46 abAB	31,95 aA	32,61 aA	30,20 aAB	28,01 bcB	29,90 aAB	29,46 bB	30,45
400	29,42 bAB	29,33 cB	29,53 bAB	31,52 aA	32,27 aA	30,14 aA	27,17 cB	31,20 aA	29,74 bA	30,04
Percentual de celulose										
0	30,31	30,75	33,48	32,60	34,34	35,18	34,92	38,78	36,81	34,13
100	30,23	32,92	35,31	34,18	35,25	37,08	36,24	39,36	37,52	35,34
200	30,72	33,00	33,96	34,66	36,95	36,94	36,47	39,59	39,08	35,71
300	30,31	32,97	34,91	33,57	36,14	37,67	37,35	39,41	38,95	35,70
400	31,57	33,54	34,91	34,25	36,61	36,45	36,93	39,72	39,05	36,03
Médias	30,63 E	32,64 D	34,77 C	33,85 C	35,86 B	36,66 B	36,38 B	39,37 A	38,28 A	

Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

4.3.9. Digestibilidade *in vitro*

Não houve efeito do calcário sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). As duas formas de coleta conduziram ao mesmo resultado, com efeitos quadráticos nos meses de verão e linear nos meses de inverno. Nos meses de inverno houve efeito linear das doses de N sobre a DIVMS, no mês de junho ($P < 0,001$) e abril ($P < 0,001$), e nos meses de verão houve efeito quadrático, no mês de janeiro ($P < 0,05$) e dezembro ($P < 0,01$) (Tabela 12). Houve efeito de época ($P < 0,001$) e interação entre doses de N e época ($P < 0,001$) (Tabela 13). Os valores de DIVMS nos meses de junho e abril foram inferiores aos de janeiro e dezembro. Os valores observados em amostras coletadas simulando o pastejo foram superiores as amostras coletadas com roçadeira costal nos meses de verão e inverno para dose de 100 kg/ha de N e nos meses de inverno somente nas doses de N de 200, 300 e 400 kg/ha (Tabela 13).

Somente nos meses de verão independente da forma de coleta de amostra, observou-se que com o aumento de massa e/ou oportunidade de seleção de forragem pelos animais, a dose de 100 kg/ha de N aumentou a DIVMS, quando comparado ao tratamento controle, no entanto, não houve variações significativas entre as doses (Tabela 13). Por outro lado, nos meses de inverno foram necessárias maiores doses de nitrogênio para que houvesse diferença significativa da DIVMS, sendo que somente nas doses de 200 e 400 kg/ha de N houve diferença significativa, quando comparado com a testemunha, para amostragens simulando o pastejo e mecânica, respectivamente (Tabela 13).

O aumento da DIVMS nos meses de dezembro de 2005 somente para a dose de 100 kg/ha de N, assim como na análise de janeiro de 2005, pode ser explicada devido a ausência de efeito do N sobre os teores de FDA, lignina e PB entre as doses de 200, 300 e 400 kg/ha.

No mês de janeiro de 2005 o teor de lignina com a dose de N de 100 kg/ha, embora sem efeito significativo, foi inferior ao teor de lignina da testemunha e ao teor de lignina com a dose de 400 kg/ha de N. Segundo JUNG & VOGEL (1986)

em forragens jovens, um pequeno aumento na lignificação pode resultar em efeito significativo marcante sobre a digestibilidade. Assim, essa ocorrência justifica o aumento da DIVMS para a dose de 100 kg/ha de N quando comparado com a testemunha e a redução não significativa na DIVMS de 72,28 vs 69,68 com as doses de 100 e 400 kg/ha de N naquele mês, respectivamente. FORD (1978) mencionou que o teor total de lignina é negativamente correlacionado a digestibilidade *in vivo* e *in vitro*. A forma como a lignina interfere na digestibilidade da fração fibrosa envolve inibição da atividade da enzima celulase pelo ácido p-cumárico (JUNG, 1989) e barreiras anatômicas formadas por complexos envolvendo os constituintes da parede celular (ALVES *et al.*, 1997).

Com a redução da FDN provavelmente o ganho sobre a DIVMS com 100 kg/ha de N decorre do aumento de teor celular. No entanto, maiores doses de N conduziram ao aumento de constituintes menos digestíveis da parede celular acompanhando o aumento de teor celular e reduzindo o efeito positivo do N sobre a DIVMS. Segundo VAN SOEST (1978) a adubação nitrogenada não aumenta a digestibilidade de gramíneas devido ao aumento de compostos nitrogenados serem compensados pela redução de carboidratos solúveis e aumento da lignificação. De fato ocorreu efeito significativo das doses de N em aumentar o teor de lignina.

As digestibilidades da celulose e hemicelulose estão fortemente correlacionadas aos índices de lignificação. A estimativa de digestibilidade verdadeira para hemicelulose é de 79 % (+ ou – 6,7) e de celulose de 50 % (+ ou – 13,5) (VAN SOEST, 1967). Dessa forma, a redução de hemicelulose e aumento de celulose nos meses de dezembro de 2005 e abril de 2006 implicam em perda de valor nutritivo e justificam os efeitos sobre a digestibilidade.

Complementando as ocorrências na fração fibrosa, o teor de PB difere significativamente entre os tratamentos sem e com 100 kg/ha de N em janeiro (7,15 vs 9,22, respectivamente) e em dezembro de 2005 (8,79 vs 12,3, respectivamente) não havendo diferença significativa entre as doses de 200, 300 e 400 kg/ha de N. Segundo MILFORD & MINSON (1965) teores abaixo de 7% de

PB comprometem o desenvolvimento da microbiota ruminal responsável pela degradação da fibra. Este fato pode ter sido relevante para os resultados de DIVMS obtidos nos meses de inverno devido aos baixos teores de PB da forragem naquela época. Em abril de 2006 os teores de PB foram de 5,8 e 7,1 para os tratamentos sem e com 400 kg/ha de N, respectivamente.

Na Figura 4 observa-se a relação entre composição química e DIVMS em função de doses de N. De acordo com a equação gerada pela análise de regressão, igualando-se a primeira derivada a zero para encontrar o ponto de máxima, observou-se que a dose de N para máxima DIVMS em janeiro, foi de 228 kg/ha de N, dose na qual a massa de forragem seria de 4640 kg/ha.

Tabela 12. Efeito de N na digestibilidade *in vitro* da matéria seca do capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidade.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Janeiro 2005	$DIVMS = 67,65071429 + 0,03472196 N - 0,00007603 N^2$	0,0129	0,18
Junho 2005	$DIVMS = 57,62825 + 0,03213 N$	0,0001	0,64
Dezembro 2005	$DIVMS = 62,41157143 + 0,05407357 N - 0,00008782 N^2$	0,0077	0,48
Abril 2006	$DIVMS = 53,3015 + 0,00890 N$	0,0256	0,12

N = dose de nitrogênio em kg/ha

DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca

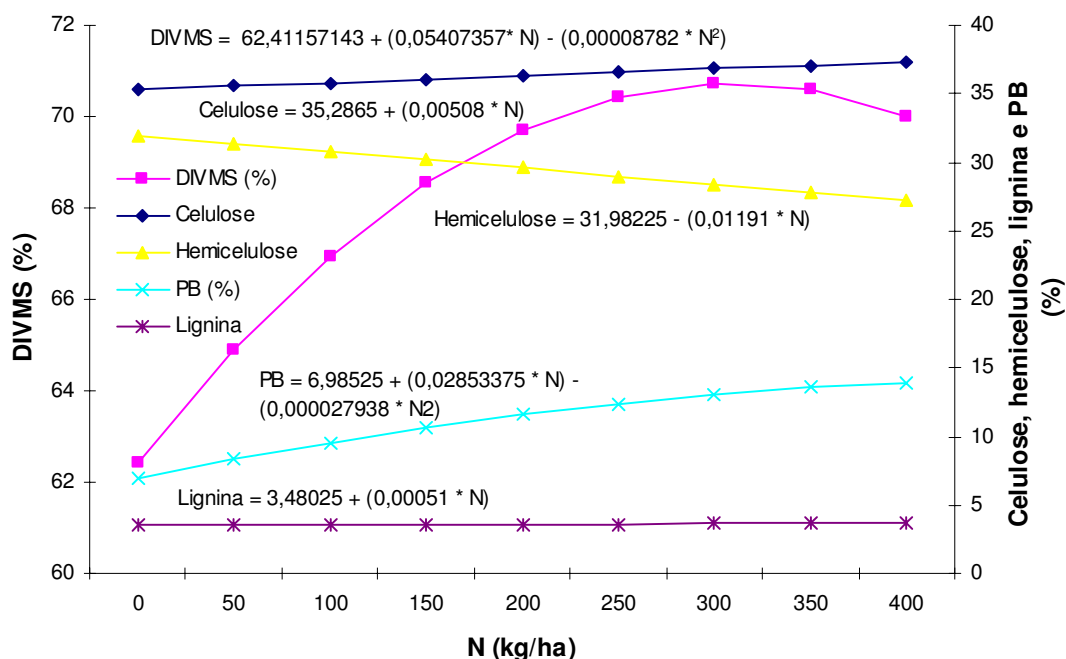


Figura 4. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e proteína bruta (PB), lignina, celulose e hemicelulose do capim-Marandu, no mês de dezembro de 2005, em função de doses de N.

Tabela 13. Efeito de N na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do capim-Marandu em épocas do ano.

			DIVMS (%)		
Amostragem	Pastejo simulado		Roçadeira costal		Médias
Época	Jan 05	Jun 05	Dez 05	Abr 06	
0	66,90 b A	57,12 d B	62,21 b A	54,31 b B	60,13 d
100	72,28 a A	61,46 cd C	67,26 a B	53,43 b D	63,60 c
200	70,24 ab A	64,39 cb A	69,90 a A	55,31 ab B	64,96 bc
300	71,04 ab A	66,71 ab A	70,15 a A	56,86 ab B	66,20 ba
400	69,68 ab A	70,56 a A	70,24 a A	58,71 a B	67,30 a
Médias	70,03 A	64,05 C	67,95 B	55,73 D	CV = 0,89
CV (%)	5,58	4,93	4,01	5,09	

Letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, semelhantes, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CV = Coeficiente de variação (%).

4.4. Conclusões

O calcário não apresentou efeito na massa de forragem, composição química ou digestibilidade. A adubação nitrogenada foi eficiente em promover maior produção por área, sendo que doses de N acima de 228 kg/ha de N ou massa de forragem acima de 4640 kg/ha comprometeram a digestibilidade. A resposta ao fertilizante em massa de forragem aumenta durante o processo de recuperação. Os teores de PB, FDN, FDA, lignina, celulose e hemicelulose demonstram efeito quadrático da adubação nitrogenada no valor nutritivo. A adubação nitrogenada teve efeito positivo no valor nutritivo em doses modestas, a partir das quais o benefício seria exclusivamente em massa de forragem, sob o risco de perda de valor nutritivo. A adubação nitrogenada possibilitou aumento na taxa de lotação de 2,03 para 6,13 UA/ha em fevereiro de 2005 e 2,35 vs 9,85 UA/ha em fevereiro de 2006, para tratamentos sem e com 400 kg de N, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, I.P. dos S. **Resposta a fósforo, micorriza e nitrogênio de braquiário e amendoim forrageiro consorciados**, Tese (Mestrado) UFLA - Universidade Federal de Lavras, 158 p., 1999.
- ALVES DE BRITO, C.J.F. **Organização estrutural e degradação *in vitro* de tecidos em *Pennisetum purpureum* Schum. (Poaceae)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997. 119p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, 1997.
- BOIN, C. Produção animal em pastos adubados. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (eds.). Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba: POTAFOS, 1986, p.386-419.
- CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. Pastagens. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação. Viçosa, p.332-341, 1999.
- CARVALHO, M.M.; MARTINS, C.E.; SIQUEIRA, C.; SARAIVA, O.F. Crescimento de uma espécie de braquiária, na presença da calagem em cobertura e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.69-74, 1992.
- CHADHOKAR, P.A. Effect of rate and frequency of nitrogen application on dry matter yield and nitrogen content of grass (*Brachiaria mutica*). **Tropical Grassland**, v.12, n.2, p.127-132, 1978.
- CIAT. Programa de pastos tropicales. Informe 1980. Cale, **Centro Internacional de Agricultura Tropical**, 138 p., 1980.
- COUTINHO, A.A.E. **Influência da adubação nitrogenada e potássica sobre a produção de forragem e algumas características qualitativas do capim-Marandu**. Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado a FCAV/UNESP Campus de Jaboticabal. Orientação: Luiz Roberto de Andrade Rodriguez. 1999.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412p.
- EUCLIDES, V.P.B. Produção intensiva de carne bovina em pasto. In: Simpósio de produção de gado de corte, 2, Viçosa, 2001. **Anais...** Viçosa: Bittencourt *et al.* Departamento de Zootecnia, p. 55-82. 2001.
- FERNANDES, M.S.; ROSSIELO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do N em gramíneas tropicais. In: Ed. Mattos, H. B. *et al.*, Calagem e adubação de pastagens. Nova Odessa, 1985. **Anais**. Piracicaba. Associação Brasileira para pesquisa do potássio e fosfato, 1986.
- FERRARI NETO, J.; FAQUIN, V.; VALE, F.R. Limitações nutricionais do colônio (*Panicum maximum*, Jacq) e da braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf) em amostras de um latossolo do noroeste do Paraná. I. Produção de matéria seca e perfilhamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.23, p.538-51, 1994.
- FORD, C.W. Effect of partial delignification on the in vitro digestibility of cell wall polysaccharides in *Digitaria decumbens* (Pangola grass). **Australian Journal of Agricultural Research**, v.29, p.1157-1166, 1978.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). **Agriculture Handbook**, 379, Agricultural Research Service, Washington D.C., 19p., 1970.
- HARDING, W.A.T.; GROF, B. Effect of fertilizer nitrogen on yield, nitrogen content and animal productivity of *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk on the wet tropical coast of North Queensland. **Queensland Journal of Agriculture and Animal Sciences**, v.35, n.1, p.11-21, 1978.
- HATFIELD, R.D. Structural Polysaccharides in Forages and Their Degradability. **Agronomy Journal**, v. 81, janeiro-fevereiro. p.39-46, 1989.
- HOFFMANN, C.R. **Nutrição mineral e crescimento de *Brachiaria* e do Colônio, sob influência das aplicações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em Latossolo da região noroeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado) UFLA – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 1992. 204p.

- JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. **Agronomy Journal**, v. 81, janeiro-fevereiro. 1989.
- PEREIRA, J.P. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DE GÊNERO *Brachiaria*, 1986. Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, p. 117-196, 1987.
- PREMAZZI, L.M. **Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais**. Piracicaba, 215p. 1991. (Tese de mestrado – Escola Superior de “Agricultura Luiz de Queiroz”/USP). 1991.
- KÖPPEN, W., Climatologia. Buenos Aires: Gráfica Panamericana, 478p., 1948.
- MILFORD, R.; MINSON, S.J. The relation between the crude protein content of tropical pasture plants. **Journal of the British Grassland Society**, v.20, n.3, p.1977-1979, 1965.
- MILLER, I.L.; NOBBS, R.C. Early wet season fertilization of grass for use as saved fodder in the Northern Territory, Australia. **Tropical Agriculture** (Trinidad), v.53, p.217-224, 1976.
- OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.D.; OLIVEIRA, W.S.; *et al.* Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.613-620, 2003.
- RUGGIERI, A. C.; FAVORETTO, V.; BRAGA, E. M. Efeito de Níveis de Nitrogênio e Regimes de Corte na Distribuição, na Composição Bromatológica e na Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 2, p.222.,1995.
- SANTOS JUNIOR, J.D.G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio**. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba: FEALQ, 2001. p.88.
- SILVA, D.J. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: Imprensa Universitária. 166p. 1998.

SOARES FILHO, C.V. Tratamentos físico-mecânicos, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. **Anais...** Realizado no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, agosto, p.79-117., 1993.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User`s guide** Cary: 2003.

STODDART, L.A.; SMITH, A.D.; BOX, T.W. Range Management. 3 ed., New York, **McGraw-Hill Book**, 531 p., 1975.

TILLEY, J.M., A.; TERRY R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, Aberystwyth, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

TOLEDO, J.M.; MORALES, V.A. Estabelecimento e manejo de pastagens melhoradas na Amazônia peruana. In: Produção de pastagens em solos ácidos tropicais. Brasília CIAT/EMBRAPA, p. 199-217, 1982.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of Animal Science**, v.26, n.1, p.31, 1967.

VAN SOEST. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. **Journal of Animal Science**, vol.47, n.3, 1978.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Corvallis: O & B Books, 373p, 1987.

VICENTE-CHANDLER, J.; SILVA, S.; FIGARELLA, J. The effect of nitrogen fertilizer and frequency of cutting on the yield and composition of three tropical grasses. **Agronomy Journal**, v. 51, p. 202-206, 1959.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. *et al*. Forrageiras. In: VAN RAIJ B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. *et al* (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: IAC, 1996. p.261-273. (Boletim Técnico, 100).

WHITNEY, A.S. Growth of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. Effects of nitrogen fertilization, cutting interval, and season on yields and forage characteristics. **Agronomy Journal**, v.66, p.281-287, 1974.

YOKOYAMA, L.P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I.P. de; DUTRA, L.G.; SILVA J.G. da; GOMIDE, J. de C.; BUSO, L.H. Sistema Barreirão In: **Análise de custo/benefício e necessidade de máquinas e implementos agrícolas**. Goiânia: Embrapa-CNPAF-APA, Doc. 56. 31p, 1995.

ZIMMER, A.H.; CORRÊA, E.S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto?. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. **Anais...** Realizado no Instituto de Zootecnia, agosto, Nova Odessa, SP, p.1-26, 1993.

CAPÍTULO 5. NITROGÊNIO COM OU SEM APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO: CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E PRODUTIVAS DO CAPIM-MARANDU

RESUMO - Objetivou-se avaliar o efeito de doses de N com ou sem aplicação de calcário sobre a massa de forragem e características estruturais da *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu. As doses de N foram 0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha. Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados com medidas repetidas no tempo com 4 repetições em arranjo fatorial 2 x 5. As variáveis-resposta observadas foram: relação folha/colmo (F/C), densidade total (DT), densidade populacional de perfilhos (DPP), acúmulo de forragem (AC), massa seca de folhas verdes (MSFV) e índice de área foliar (IAF). Houve efeito quadrático de doses de nitrogênio sobre a massa de forragem. Houve efeito quadrático de doses de N sobre a relação folha/colmo, a dose de 209 kg/ha de N foi a que apresentou maior relação folha/colmo. Houve efeito quadrático sobre a MSFV e efeito linear positivo sobre o IAF. Houve efeito quadrático das doses de N sobre a DPP e DT. Segundo as equações de regressão as doses de N que promoveram maior DPP e DT foram de 250 e 375 kg/ha de N, respectivamente. A aplicação de N foi eficiente em intensificar a produção do pasto permitindo maior número de animais por área, mas ocasionou rápidas alterações na estrutura do dossel que podem comprometer o consumo. A aplicação superficial de calcário no final do período das águas não comprometeu a eficiência de utilização do adubo nem manifestou efeito sobre as variáveis estudadas.

Palavras-chave: acúmulo de forragem, densidade populacional de perfilhos, densidade total, índice de área foliar, massa de forragem, relação folha/colmo.

CHAPTER 5. NITROGEN WITH OR WITHOUT SURFACE LIMING ON STRUCTURAL CHARACTERISTIC OF THE MARANDU-GRASS

SUMMARY - It was aimed to evaluate the effect of N doses with or without surface liming on the forage mass and structural characteristic of *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu. As response was observed stem/leaf (F/C) ratio, total density (TD), tillers density, forage accumulation (FA), Dry matter of green leaves (DMGL) and area index leaf (LAI). The N doses were 0, 100, 200, 300 and 400 kg/ha. The experimental design was randomized plots with repeated measures in the time with 4 replications in factorial arrangement 2 x 5. There was positive and quadratic linear effect of N doses on the forage mass. There was quadratic effect of N doses on the F/C ratio, the dose of 200 kg/ha of N was the one that presented larger F/C ratio. There was quadratic effect on DMGL and positive linear effect on LAI. There was quadratic effect of the N doses on TD and tillers density. According to the regression equations the N doses that promoted larger PD and TD were of 250 and 325 kg/ha of N, respectively. The application of N was efficient in intensifying the production of the pasture allowing larger number of animals for area, but it caused rapid alterations in the structure of the sward that could affected the consumption. The superface liming in the end of summer period did not affect the efficiency of use of the fertilizer nor manifested effect on the studied characteristics.

Key-words: forage accumulation, tillers density, total density, area index leaf forage mass, stem/leaf ratio.

5.1. Introdução

A espécie *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu é bastante representativa no Brasil. Cerca de dez anos o cultivar apresentou o maior consumo de sementes no país (58% de participação do mercado nacional), sinalizando sua utilização em grande parte das pastagens estabelecidas.

Atualmente, a baixa fertilidade do solo, principalmente a deficiência de N, conduz à baixa produção dos pastos. Enquanto o potencial produtivo do capim-Marandu permite, em sistemas de médio nível tecnológico, onde o pasto constitui o principal alimento na dieta dos animais, a utilização de cinco ou mais UA/ha (CANTARUTTI *et al.*, 1999), a taxa de lotação média praticada no Brasil está abaixo de 1,0 UA/ha (SOARES FILHO, 1993).

O nitrogênio permite que a planta desenvolva seu potencial produtivo, sendo responsável por características ligadas ao porte da planta, tais como tamanho das folhas, tamanho do colmo e aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos. Dessa forma, a deficiência de N tem sido apontada como uma das principais causas da degradação e baixa produtividade das pastagens (WERNER, 1986). O estímulo do crescimento provocado pela adubação nitrogenada promove alterações nas características estruturais do pasto.

Segundo GOMIDE & GOMIDE (1999) a interceptação de luz é o ponto de partida do processo de fixação do carbono sendo o índice de área foliar (IAF) uma importante variável a ser avaliada, visto que o vigor de rebrotação, recuperação da planta após o pastejo e acúmulo de forragem estão relacionados ao IAF. SANTOS JUNIOR *et al* (2004), analisando a dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de N, observaram que a máxima razão de área foliar (RAF) ocorreu com o suprimento da mais elevada dose de N na solução (378 mg/L), aos 21 dias. No entanto, o efeito do N na taxa de aparecimento de folhas apresenta interação significativa com as condições de luminosidade. Assim, a aplicação de nitrogênio pode resultar em alongamento do

colmo em razão do aumento do coeficiente de extinção de luz, prejudicando a relação folha/colmo.

Tendo em vista que o alongamento do colmo apresenta relação inversa com a densidade total e densidade populacional de perfilhos, e que a menor densidade total reduz o peso do bocado, aumenta o número de bocados e o tempo de pastejo, as características estruturais influenciam o comportamento ingestivo do animal sob o risco de reduzir a ingestão de nutrientes. Dessa forma, a avaliação conjunta de aspectos estruturais e produtivos é importante para persistência da forrageira, associada à produção e qualidade da forragem.

Objetivou-se avaliar o efeito de nitrogênio com ou sem aplicação superficial de calcário em pasto de capim-Marandu no índice de área foliar, relação folha/colmo, densidade populacional de perfilhos, densidade total, massa seca de folhas verdes e massa de forragem.

5.2. Material e Métodos

5.2.1. Local

O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte de Sertãozinho/IZ, localizado no município de Sertãozinho – SP, na posição geográfica de 21° 08' de latitude S e 47° 59' de longitude W, a uma altitude de 548 m, no período de março de 2004 a abril de 2006.

5.2.2. Características de clima, solo e pastagem.

O clima predominante é classificado, segundo KÖPPEN (1948), como Aw caracterizado como clima tropical úmido, com verão quente e chuvoso e seco no inverno. A temperatura média anual oscila entre 27,3 a 31,5°C e a temperatura mínima média oscila entre 11 e 18°C com valores extremos de 7°C no mês de junho e 20°C nos meses de janeiro, fevereiro, março e outubro. A precipitação pluvial média nas águas é de 1485 mm, equivalendo a 80,5% do total, e na seca, 359 mm, correspondendo a 19,5%. Em geral, a estação seca ocorre de abril a setembro e a chuvosa de outubro a março.

A precipitação pluvial observada de março a novembro de 2004, período entre a aplicação do calcário e a primeira coleta de amostras de solo, foi de 646 mm. A precipitação de outubro de 2003 a março de 2004 foi de 1254 mm, de abril a setembro de 2004 foi de 370 mm, de outubro de 2004 a março de 2005 foi de 1264 mm, de abril a setembro de 2005 foi de 324 mm e de outubro de 2005 a março de 2006 de 1215 mm. A precipitação pluvial mensal e temperaturas médias máximas e mínimas, durante a condução do experimento, podem ser observadas nas Figuras 1 e 2.

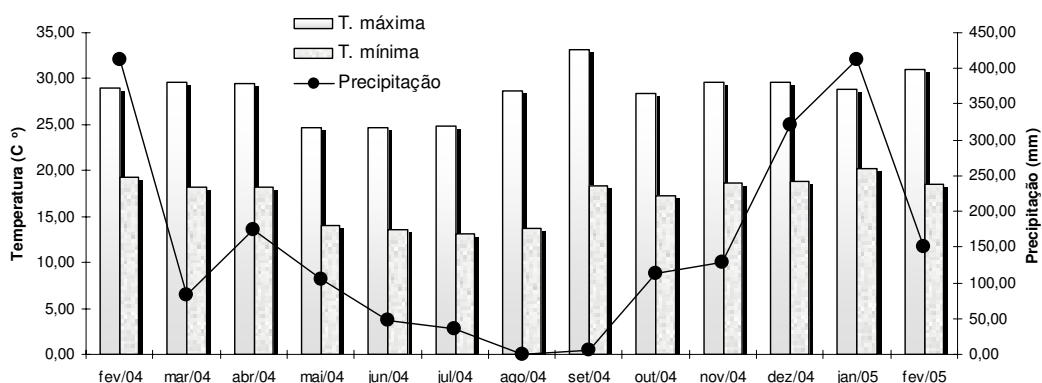


Figura 1. Precipitação pluvial mensal e temperaturas, máxima e mínima, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia, Sertãozinho, SP, no período de fevereiro de 2004 a fevereiro de 2005.

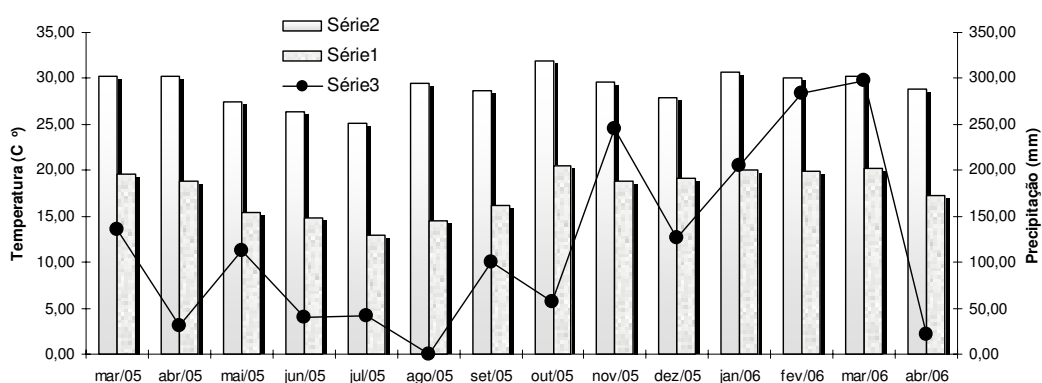


Figura 2. Precipitação pluvial mensal e temperaturas, máxima e mínima, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, SP, no período de março de 2005 a abril de 2006.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico de relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 1999). Em julho de 2003, a partir de vinte

subamostras coletadas com auxílio de enxadão na profundidade de 0 a 20 cm na área demarcada para as parcelas, foi caracterizada a situação inicial de fertilidade do solo. O resultado da análise foi o seguinte: 4 mg/dm³ de P resina; 47 g/dm³ de M.O., pH em cloreto de cálcio de 4,7; 1,8 mmolc/dm³ de K; 22 mmolc/dm³ de Ca; 11 mmolc/dm³ de Mg; 58 mmolc/dm³ de H+Al. A soma de bases foi de 35 mmolc/dm³, a CTC de 93 mmolc/dm³ e saturação por bases (V) de 38%. Com base nos resultados desta análise foi calculada a dose de calcário para correção da acidez na camada de 0 a 20 cm para elevar o índice de saturação por bases para 50%.

A pastagem de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu a ser recuperada, foi implantada em 1986 após o cultivo de milho durante dois anos consecutivos. A implantação contou apenas com a adubação residual dessas lavouras. Um ano após a implantação foram aplicados 50 kg/ha de nitrogênio, posteriormente a área permaneceu por 18 anos sem receber adubação de reposição ou manutenção.

A pastagem era utilizada por fêmeas Nelore paridas e um touro da mesma raça durante a estação de monta, com taxa de lotação igual 2 UA/ha em lotação contínua. Para a instalação do experimento, a pastagem foi vedada a partir de 20 de fevereiro de 2004 e o manejo em lotação contínua com taxa de lotação igual a 2 UA/ha deu lugar a uma lotação rotacionada com oferta de forragem (OF) de 8% do PV. Foram utilizadas fêmeas bovinas da raça Caracu com média de 500 kg de PV. O período de descanso foi de 28 a 32 dias nos meses de dezembro a abril e de 48 a 60 dias de junho a agosto, nos meses de novembro (final do período seco) o período de descanso foi de 120 e 90 dias em 2004 e 2005, respectivamente. O período de ocupação foi de 1 a 5 dias de acordo com a oferta de forragem e densidade de lotação.

A pastagem não se encontrava em estado avançado de degradação devido às características do solo, clima e resistência da espécie vegetal implantada aquelas condições. O manejo de queima nunca foi utilizado e não havia presença de invasoras. No entanto, a produção de massa seca no início do experimento,

com corte rente ao solo, num período de 58 dias após roçagem (09/03/04 a 05/05/04) foi de 1406 kg/ha. Dessa forma, segundo a escala de referência de 1 a 5, proposta por STODDART et al. (1975), o estágio de degradação é classificado como 1, ou seja, o mais brando, caracterizado pelo distúrbio fisiológico da espécie principal, com diminuição considerável na sua produtividade potencial para as condições edafoclimáticas e bióticas, perda de vigor, incapacidade de recuperar-se naturalmente e de manter mais de 2 UA/ha.

5.2.3. Unidades experimentais e aplicação dos tratamentos

As atividades de recuperação da pastagem foram realizadas em uma área de 3200 m². Para cada tratamento foi utilizado uma parcela de 80 m², com 8 m de largura e 10 m de comprimento. Entre as parcelas havia distância de 1 metro como carreador. De cada lado da parcela foi considerado 1 m de bordadura, utilizando-se uma área útil de 48 m² para as coletas de amostra.

No mês de fevereiro de 2004 uma área de 11.055 m² foi vedada com uso de cerca de arame farpado, formando-se um único piquete contendo todas as parcelas. A área total destinada ao trabalho foi maior que a soma da área das parcelas devido aos blocos terem sido dispostos a cada curva de nível, somando-se desta forma a largura de quatro curvas de nível, acrescida de área lateral para cochos, bebedouros e eventual entrada de máquinas. Em cada bloco foram avaliados 10 tratamentos (sem N, 4 doses de N, com e sem aplicação de calcário em superfície) sorteados nas parcelas.

Com base nos resultados da análise de solo, a partir de amostra composta por vinte subamostras coletadas na área demarcada para as parcelas, foi caracterizada a situação inicial e definida a dose de calcário para correção da acidez na camada de 0 a 20 cm para elevar a saturação por bases para 50% (WERNER *et al.*, 1996).

Foi realizada roçada para uniformizar e rebaixar o relvado a 15 cm do solo em março de 2004. Logo após a roçagem, no dia 23 de março de 2004, fez-se a aplicação superficial sem incorporação de 1.1 t/ha de calcário dolomítico, com distribuição a lanço. O calcário apresentava PRNT igual a 101%, era composto por 45,65% de CaO e 8,40% de MgO.

A adubação nitrogenada foi realizada durante o verão, após as primeiras chuvas. Foram aplicadas doses de N de 0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha utilizando-se a uréia, parceladas em duas doses iguais aplicadas nos meses de novembro e dezembro nos anos de 2004 e 2005, logo após o pastejo em dois ciclos sucessivos. Junto a primeira parcela de N foram fornecidos P e K de maneira semelhante para todos os tratamentos em dosagens de acordo com CANTARUTTI *et al.* (1999). A adubação com P foi feita por meio da aplicação de superfosfato simples na dose de 90 kg/ha de P_2O_5 no primeiro ano e 60 kg/ha de P_2O_5 no segundo. A adubação com K fornecendo-se 40 kg/ha de K_2O foi realizada por meio da aplicação de cloreto de potássio. As aplicações foram realizadas concomitantemente no início da estação chuvosa. Todos os insumos foram distribuídos manualmente em superfície, no dia seguinte ao pastejo.

5.2.4. Avaliações da forragem

As amostragens para avaliação da massa de forragem, foram realizadas com uso do retângulo de 1 m² (2,0 x 0,5 m) lançado por quatro vezes na área útil da parcela, um dia antes da entrada dos animais. Após a pesagem da forragem vinda do campo em sacos de plástico, as amostras foram submetidas a secagem a 65°C para obtenção do teor de matéria seca.

Para avaliação da relação folha/colmo mais bainhas da forragem foi utilizada a mesma amostragem da avaliação da massa de forragem, com coletas realizadas imediatamente antes da entrada dos animais.

Através da subtração da massa de forragem avaliada um dia antes da entrada e massa de forragem logo após a saída dos animais referente ao ciclo de pastejo anterior, foi obtido o acúmulo de forragem durante o período de descanso, correspondendo este ao método agrônômico da diferença, conforme a equação de DAVIES *et al.* (1993): $AF = MF_f - MF_i$, onde: AF = acúmulo de forragem; MF_f = massa de forragem no final do período de descanso e MF_i = massa de forragem inicial do período de descanso do ciclo anterior.

A densidade populacional de perfilhos (contagem total do número de perfilhos por m²) foi realizada no laboratório a partir de 200 g da amostra coletada antes da entrada dos animais. Para cálculo da densidade total foi utilizada a massa observada um dia antes da entrada dos animais, cortada rente ao solo, dividida pela altura média do relvado. A altura do relvado foi tomada um dia antes do pastejo por meio de uma régua graduada, observada a distância de aproximadamente 5 metros, à altura de curvatura da lâmina foliar mais alta. O índice de área foliar foi obtido por meio do equipamento LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (medida direta no campo) um dia antes da entrada dos animais nos meses de fevereiro, março, junho, agosto de 2005 e fevereiro de 2006.

5.2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial 2 X 5. Foram incluídos no modelo efeito da calagem, nitrogênio, época, bloco e todas possíveis interações. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2003) adotando-se nível de significância de 5%. Os dados foram submetidos à análise da variância sendo as observações analisadas por medidas repetidas no tempo usando o PROC MIXED. Quando verificada interação significativa entre N e calagem, procedeu-se o desdobramento da análise. Foram realizadas análises de regressão, utilizando-se o PROC REG, para os componentes do primeiro e

segundo grau para as doses de nitrogênio, bem como teste de comparação de médias para efeito de calcário e época (Tukey a 5%).

5.3. Resultados e Discussão

5.3.1. Massa de forragem

De acordo com PREMAZZI (1991), a saturação por bases que possibilita maior produção de matéria seca do capim-Marandu é de 43%. De fato, mesmo que a saturação por bases de 38% tenha sido elevada para 60% na camada de 5 a 10 cm, não houve efeito significativo do calcário na massa de forragem. Esse resultado está de acordo com vários autores. WERNER *et al.* (1979), testando doses de calcário (0, 1,5 e 3,4 t/ha de calcário dolomítico), em uma pastagem estabelecida de capim-colonião, por três anos consecutivos, verificaram não haver resposta na produção de massa seca, inclusive, no 2º ano do experimento o efeito foi depressivo. FERRARI NETO *et al.* (1994), estudando as limitações nutricionais do capim-colonião, observaram que a omissão de Ca e Mg, bem como a adição de calcário para elevar a saturação por bases a 60%, não conduziram à resposta sobre a produção de massa seca do capim.

Houve efeito linear positivo das doses de N na massa de forragem nos meses de dezembro de 2004, fevereiro, março, abril e junho de 2005 e abril de 2006 e efeito quadrático nos meses de janeiro, agosto e dezembro de 2005 e fevereiro de 2006, as equações encontram-se na Tabela 2. O aumento do rendimento forrageiro decorre do estímulo do crescimento e partição preferencial do carbono para a parte aérea da planta (MARSCHNER, 1995).

Tabela 2. Efeito de N na produção de massa de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidade.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	$M = 1682,4 + 7,65588 N$	0,0001	0,76
Janeiro 2005	$M = 1525,525 + 16,473125 N - 0,011656 N^2$	0,0275	0,91
Fevereiro 2005	$M = 1999,40 + 10,13225 N$	0,0001	0,69
Março 2005	$M = 1439 + 7,299 N$	0,0001	0,61
Abril 2005	$M = 1674,325 + 6,06213 N$	0,0001	0,61
Junho 2005	$M = 2851,5 + 7,87275 N$	0,0001	0,54
Agosto 2005	$M = 3135,696429 + 16,686571 N - 0,028321 N^2$	0,0223	0,35
Dezembro 2005	$M = 2094,675 + 26,430875 N - 0,028806 N^2$	0,0270	0,74
Fevereiro 2006	$M = 2684,61859 + 19,04563 N$	0,0001	0,81
Abril 2006	$M = 3687,475 + 8,267 N$	0,0001	0,42

N = dose de nitrogênio em kg/ha

M = massa de forragem em kg/ha de matéria seca

Houve interação significativa entre nitrogênio e época na massa de forragem ($P < 0,001$). As diferenças nas respostas nos meses do ano são devido ao tempo após aplicação do adubo e a variação nas condições climáticas (Tabela 3). Os resultados na massa de forragem estão de acordo com vários trabalhos. SCHIAVUZZO (2000) observou aumentos lineares na massa de forragem do capim-Marandu com maiores aplicações de N e ZIMMER & CORRÊA (1993) observaram aumento de massa de forragem de um pasto degradado de capim-Marandu para 10,3 t/ha de MS em 100 dias utilizando N na dose de 100 kg/ha, valor muito próximo ao de 10,8 t/ha de MS em 120 dias observado neste trabalho com dose de N similar (Tabela 3).

A massa de forragem pode variar devido às condições climáticas, manejo, solo e frequência de corte. MATTOS (2001) observou que o estresse hídrico reduziu a taxa de alongamento da folha do capim-Marandu. Com a redução na expansão de folhas devido à redução da temperatura e escassez de água no período seco, é reduzida a relação folha/colmo. Desta forma, os valores de massa de forragem nos meses de junho e agosto pode ser consequência da rejeição dos animais devido ao valor nutritivo da forragem naquela época, acumulando material ao longo dos ciclos.

Os valores obtidos por COUTINHO *et al.* (1999), utilizando doses de N de 0, 50, 100 e 200 kg/ha (451,7; 1.428,3; 1.733,3 e 2.274,3 kg de MS/ha) estiveram

bem abaixo dos resultados deste trabalho. A produção média com adubação de N de 100 kg/ha em quatro cortes foi de 2720 kg/ha, próxima a massa de forragem que COUTINHO *et al.* (1999) encontraram utilizando dose de N de 200 kg/ha. Na Tabela 3 encontra-se o teste de comparação de médias para efeito de época, e na Tabela 4 encontra-se a massa de forragem do capim-Marandu por dia, refletindo melhor a diferença de massa entre as estações.

Tabela 3. Efeitos de N e época na massa de forragem de capim-Marandu.

Época	N (kg/ha)					Média	CV (%)
	0	100	200	300	400		
Dez04	1733 EFG d	2287 CD cd	3311 EF bc	4065 DE ab	4672 EFG a	3213	18,9
Jan 05	1396 FG d	3266 BC c	4503 EDC bc	5009 CD b	6429 CD a	4120	12,7
Fev05	2046 ECD d	3033 BCD cd	3977 EDF bc	4890 CD ab	6184 CD a	4026	21,3
Mar05	1294 G d	2297 CD c	3010 F bc	3604 E ab	4289 FG a	2898	22,8
Média	1617	2720	3700	4392	5393		26,1
Abr05	1602 EFG d	2307 CD c	2990 F b	3495 E ab	4039 G a	2886	13,0
Jun 05	2493 BC d	3864 BA c	4961 BDC b	4897 CD b	5912 CDE a	4425	24,1
Ago05	2925 BA c	4967 A b	5264 ABC ab	5247 CD ab	5464 DEF a	4773	25,3
Nov05	1773EFGD a	1991 D a	1711 G a	2197 F a	1851 H a	1904	42,1
Média	2198	3282	3731	3959	4316		46,3
Dez05	1927EFCD d	4708 A c	6461 A b	8012 B a	8303 B a	5882	24,4
Fev06	2369 CDB c	5045 A b	6703 AB b	8970 A a	9929 A a	6603	21,6
Média	2147	4875	6293	7917	9115		25,6
Abr06	3334 A c	4607 A cb	5957 AB ab	6066 CB ab	6738 C a	5340	24,2

Letras semelhantes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,05$). CV = Coeficiente de variação

Tabela 4. Efeitos de N na massa de forragem (MF) de capim-Marandu em épocas do ano, acréscimo diário de massa de forragem e eficiência de utilização do N.

Época	N (kg/ha)									
	0	100	100	200	200	300	300	400	400	Média
	acrécimo			acrécimo		acrécimo		acrécimo		
	MF (kg/ha/dia)									
Dez04 (28)**	62	82	20	118	56	145	83	167	105	115
Jan05 (31)	45	105	60	145	100	162	117	207	162	133
Fev05 (36)	57	84	27	110	53	136	79	172	115	112
Mar05 (32)	40	72	32	94	54	113	73	134	94	91
Média	51	86		117		139		170		
kg MF/kg N*			44		41		37		37	
Abr05 (28)	57	82	25	107	50	125	68	144	87	103
Jun 05 (57)	52	81	29	103	51	102	50	123	71	92
Ago05 (51)	57	97	40	103	46	103	46	107	50	94
Nov05 (89)	20	22	02	19	00	25	05	21	01	21
Média	47	71		83		89		99		
kg MF/kg N			45		33		25		22	
Dez05 (41)	47	115	68	158	111	195	148	203	156	143
Fev06 (60)	39	84	45	112	73	150	111	165	126	110
Média	43	99		135		172		184		
kg MF/kg N			55		44		42		23	
Abr06 (60)	56	77	21	99	43	101	45	112	56	89
kg MF/kg N			25		13		9		8	

*Representa a eficiência de utilização do N. O calculo foi realizado multiplicando-se o acréscimo de massa de forragem por dia pelo número de dias do período de descanso, somado aos outros ciclos do mesmo período e dividido pela dose de N.

**Números entre parenteses indicam o número de dias do período de descanso (PD).

5.3.2. Relação folha/colmo

A análise da variância revelou efeito de doses de N ($P < 0,001$) e de época ($P < 0,001$) na relação folha/colmo. Verificou-se efeito quadrático do N na relação folha/colmo nos meses de fevereiro ($P < 0,05$), agosto ($P < 0,001$) de 2005 e efeito linear negativo nos meses de janeiro e dezembro de 2005 ($P < 0,001$) e abril de 2006 ($P < 0,05$) (Tabela 5). De acordo com a equação gerada pela análise de regressão do mês de fevereiro a dose de N de 209 kg/ha foi a que apresentou maior relação folha/colmo (Figura 3). O efeito quadrático do N na relação folha/colmo deve-se ao aumento do IAF. Vários autores mencionam que quando o

dossel atinge IAF que intercepta 95% da luz (IAF crítico), mesmo estando a planta forrageira na fase vegetativa, o carbono assimilado pela fotossíntese passa ser alocado para o alongamento do colmo (KORTE *et al.*, 1982; UEBELE, 2002; CÂNDIDO, 2003). Assim o intenso alongamento do colmo passa a comprometer a relação folha/colmo da planta (SILVA *et al.*, 1994). De acordo com GOMIDE (1986), o alongamento do colmo resulta em elevação do meristema apical, expondo-o à remoção pelo pastejo, mas representa uma fase de maior taxa de produção de massa seca no desenvolvimento da planta.

Tabela 5. Efeito de N na relação folha/colmo (F/C) de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidade.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Janeiro 2005	FC = 3,11 – 0,00355 N	0,0004	0,33
Fevereiro 2005	FC = 0,4971785714 + 0,0021164286 N – 0,0000050536 N ²	0,0109	0,16
Agosto 2005	FC = 0,3214642857 – 0,0017117857 N + 0,0000052857 N ²	0,0004	0,37
Dezembro 2005	FC = 1,51575 – 0,000935 N	0,0003	0,29
Abril 2006	FC = 1,1865 – 0,00058625 N	0,0156	0,14

N = dose de nitrogênio em kg/ha

F/C = relação folha/colmo

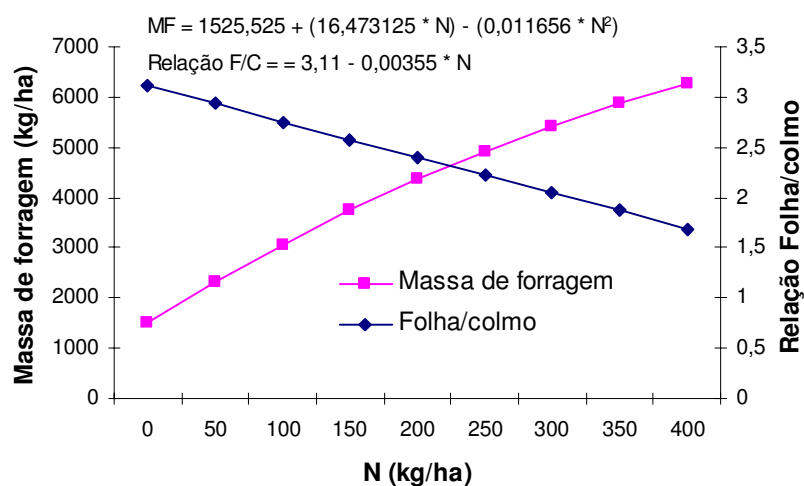


Figura 3. Efeitos de doses de N na relação folha/colmo (F/C) e massa de forragem (MF) de capim-Marandu, no mês de janeiro de 2005.

Embora altas temperaturas favoreçam o alongamento e a lignificação do colmo (WILSON & MINSON, 1980), a taxa de alongamento e número de folhas expandidas também respondem positivamente à temperatura, sendo observados maiores valores no verão do que no outono e inverno (DURU & DUCROQ, 2000). Assim, nos meses de abril, junho e agosto as relações folha/colmo foram inferiores às encontradas nos meses de janeiro e dezembro de 2005 e fevereiro de 2006 (Tabela 6). Este efeito deve-se ainda ao maior período de descanso necessário devido a redução do crescimento da planta. A relação folha/colmo variou inversamente com a duração do período de descanso. Durante o inverno, com a temperatura e a disponibilidade de água, inferiores às de verão, o crescimento da planta é reduzido, sendo necessário prolongar o período de descanso. A redução da expansão de folhas e pastejo preferencialmente de folhas pelos animais podem ter contribuído para o efeito de época.

Tabela 6. Efeito de época do ano na relação folha/colmo.

N (kg/ha)	Folha/Colmo					Médias	CV (%)
	0	100	200	300	400		
Jan 05	1,67	2,52	2,24	2,19	1,71	2,06 A	21,19
Fev 05	0,51	0,59	0,84	0,59	0,56	0,61 D	33,25
Jun 05	0,42	0,52	0,44	0,47	0,44	0,46 D	49,78
Ago 05	0,30	0,23	0,22	0,21	0,51	0,29 D	27,61
Dez 05	1,52	1,42	1,31	1,22	1,15	1,32 B	12,51
Fev 06	1,35	1,29	1,22	1,33	1,07	1,25 B	21,17
Abr 06	1,20	1,14	1,05	0,96	1,00	1,06 C	23,01
Médias	0,99	1,10	1,04	0,99	0,92		27,91

Letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,05$). CV = Coeficiente de variação.

5.3.3. Massa seca de folhas verdes

Houve efeito linear do N na massa seca de forragem verde nos meses de fevereiro e junho de 2005 e abril de 2006 (Tabela 7) e efeito quadrático nos meses de janeiro, agosto e dezembro de 2005 e em fevereiro de 2006 (Tabela 7). A dose de N para máximo de MSFV no primeiro ano foi acima das doses estudadas,

portanto, o efeito foi linear até a dose de N de 400 kg/ha. No segundo ano, a dose de N para máxima MSFV em dezembro foi de 374 kg/ha. A diferença entre os anos sugere que após a recuperação no primeiro ano, a necessidade de N para incrementar a MSFV seria mais baixa. Observa-se, na Figura 4, que a MSFV não acompanha proporcionalmente o aumento de MF, implicando em estreitamento da relação folha/colmo, em prejuízo da estrutura do dossel em relação à alimentação animal.

Tabela 7. Efeito de doses de nitrogênio na massa seca de folhas verdes (MSFV) de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Janeiro 2005	$MSFV = 1292,203571 + 10,357554 N - 0,009347 N^2$	0,0014	0,92
Fevereiro 2005	$MSFV = 746,525 + 3,80325 N$	0,0001	0,56
Junho 2005	$MSFV = 849,95 + 2,35388 N$	0,0002	0,30
Agosto 2005	$MSFV = 750,3107143 - 1,1104643 N + 0,0085643 N^2$	0,0485	0,41
Dezembro 2005	$MSFV = 1138,735714 + 17,806661 N - 0,023792 N^2$	0,0001	0,88
Fevereiro 2006	$MSFV = 1338,001521 + 16,149232 N - 0,016133 N^2$	0,0400	0,77
Abril 2006	$MSFV = 1967,825 + 3,64325 N$	0,0001	0,36

N = dose de nitrogênio em kg/ha

MSFV = massa seca de folhas verdes em kg/ha de matéria seca

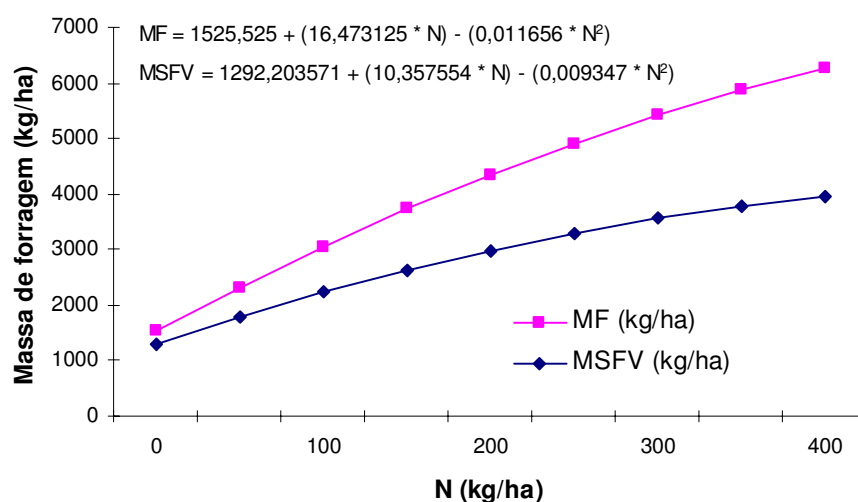


Figura 4. Efeito de doses de N na massa seca de folha verde (MSFV) e massa de forragem (MF) de capim-Marandu no mês de janeiro de 2005.

Houve interação significativa entre N e época ($P < 0,001$) na massa seca de folhas verdes (MSFV) (Tabela 8). Nos meses junho e agosto os valores de MSFV foram inferiores aos encontrados nos meses de janeiro e dezembro de 2005 e fevereiro de 2006. Este fato esclarece que a MF observada na época seca tem valor nutritivo inferior e menor quantidade de folhas do que a MF observada nos meses de verão. A menor temperatura e escassez de água nos meses de abril, junho e agosto reduzem o crescimento da planta e o aparecimento de novas folhas e perfilhos, amenizando o efeito do N na massa de forragem. Além disso, a taxa de alongamento do colmo tem relação direta com a duração do período de descanso. O estreitamento da relação folha/colmo observada no período seco dificulta a apreensão de folhas pelos animais que podem refugar o pasto, fazendo com que o mesmo tenha um desenvolvimento contínuo em função da sucessão dos ciclos sem pastejo, acumulando material com menor relação folha/colmo e mais lignificado, quando comparado com a massa produzida nos meses de verão.

Tabela 8. Efeito de N e época de corte sobre a massa seca de folhas verdes de capim-Marandu.

	Massa seca de folhas verdes					Médias	CV (%)
	0	100	200	300	400		
Jan 05	1243 B d	2301 B c	3080 B b	3369 B b	4018 B a	2802	10,39
Fev 05	683 C b	1070 C b	1767 C a	1786 C a	2227 D a	1507	25,72
Jun 05	742 C b	1222 C ab	1385 CDab	1446 CDab	1807 D a	1320	50,66
Ago 05	643 C b	916 C b	937 D b	907 D b	1805 D a	1042	32,89
Dez 05	1133 B c	2719 AB b	3665 A a	4411 A a	4432 B a	3272	16,24
Fev 06	1367 B b	2818 A b	3872 A b	5047 A a	5101 A a	3598	26,47
Abr 06	1753 A b	2427 ba	3030 B ab	2967 B ab	3304 C ab	2696	20,34
Médias	1080	1925	2504	2848	3242		24,65

Letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CV = Coeficiente de variação.

5.3.4. Índice de área foliar

Houve efeito linear positivo de doses de N sobre o IAF nos meses de fevereiro ($P < 0,001$), março ($P < 0,001$), junho ($P < 0,001$), agosto ($P < 0,001$) de 2005 e fevereiro de 2006 ($p < 0,001$) (Tabela 9). O efeito linear de doses de N no IAF ocorreu concomitante ao estreitamento da relação folha/colmo. Embora ocorra o alongamento do colmo, devido ao sombreamento da parte inferior do dossel, o N tem efeito em incrementar a taxa de alongamento da folha emergente, favorecendo a expansão do primórdio foliar (PEARSE & WILMAN, 1984) e também, embora em menor extensão, quando comparado ao alongamento da folha, incrementa a taxa de aparecimento foliar (GARCEZ & NETO *et al.*, 2002) devido a disponibilidade do nutriente por ocasião do desenvolvimento do primórdio foliar (SKINER & NELSON, 1995). Os resultados de N no IAF e MSFV estão de acordo aos mencionados por CORSI & SILVA (1994), que observaram ter a adubação nitrogenada provocado maior longevidade das folhas, maior taxa de alongamento das folhas e maior número de folhas do capim-Marandu.

Uma vez que a interceptação de luz pelas folhas é o início do processo de fixação de carbono, quanto maior o IAF, maior a interceptação de luz e maior a massa de forragem, até o valor crítico de IAF em que 95% da luz é interceptada (KING *et al.*, 1984). No entanto, com o efeito de sombreamento das folhas baixas e gemas localizadas na axila das respectivas folhas, e conseqüente alongamento do colmo, os maiores IAF podem estar relacionados a menores relações folha/colmo, reduzindo o valor nutritivo e eficiência de utilização da pastagem. Na Figura 7 pode ser observada a ocorrência de aumento do IAF e redução da relação folha/colmo.

Tabela 9. Efeito de N no índice de área foliar (IAF) de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Fevereiro 2005	IAF = 2,907 + 0,00243 N	0,0008	0,25
Março 2005	IAF = 2,10775 + 0,0069 N	0,0001	0,77
Junho 2005	IAF = 2,74625 + 0,00439 N	0,0001	0,58
Agosto 2005	IAF = 1,715 + 0,00348 N	0,0001	0,58
Fevereiro 2006	IAF = 1,679 + 0,00593 N	0,0001	0,67

N = dose de nitrogênio em kg/ha

IAF = massa de forragem em kg/ha de matéria seca

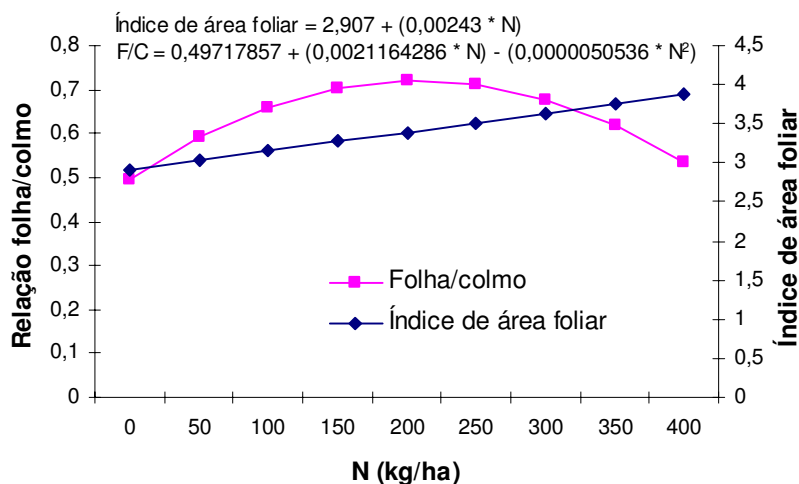


Figura 7. Efeito de N no índice de área foliar (IAF) e relação folha/colmo (F/C) de capim-Marandu no mês de agosto de 2005.

Houve interação significativa entre N e de época ($P < 0,001$) no índice de área foliar (IAF) (Tabela 10). O IAF sofreu efeito de época, sendo menor em agosto, quando comparado aos outros meses (Tabela 10). O IAF em junho deve-se ao último crescimento do final do período das águas, visto que no mês de maio não houve pastejo prolongando o período de descanso. Em agosto nem mesmo o maior período de descanso pode impedir menores IAF, provavelmente devido a condições de temperatura, disponibilidade de água e de nutrientes, influenciando a duração de vida das folhas. O fato das folhas sombrearem mais que os colmos, fez com que mesmo não ocorrendo menor massa de forragem no mês de agosto, devido ao maior período de descanso e acúmulo de material não pastejado, ocorresse menor IAF devido à redução de folhas. Desta forma, o N manifestou efeito em aumentar o IAF no mês de agosto com doses de 300 e 400 kg/ha, enquanto nos demais meses a dose de N de 200 kg/ha foi suficiente para aumentar significativamente o IAF.

Tabela 10. Efeito de N e época do ano sobre o índice de área foliar (IAF) de capim-Marandu.

N (kg/ha)	Índice de área foliar					Médias	CV (%)
	0	100	200	300	400		
Fev 05	2,80 A b	3,17 AB ab	3,49 A ab	3,83 AB a	3,68 C a	3,39	13,82
Mar 05	2,16 B c	2,81 B bc	3,30 AB b	4,29 A a	4,87 A a	3,48	17,11
Jun 05	2,71 A c	3,45 A b	3,31 AB b	4,05 A a	4,60 A a	3,62	10,31
Ago 05	1,74 C b	2,08 C b	2,29 C b	2,86 C a	3,09 D a	2,41	17,19
Fev 06	1,82 CB d	2,10 C cd	2,90 B bc	3,34 BC ab	4,17 B a	2,86	20,47
Média	2,24	2,72	3,05	3,67	4,08		16,31

Letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas semelhantes não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,05$). CV = Coeficiente de variação.

5.3.5. Densidade populacional de perfilhos

Na análise da variância verifica-se efeito de doses de N e de época na densidade populacional de perfilhos (DPP) ($P<0,001$). Houve efeito linear positivo de doses de N na DPP nos meses de fevereiro ($P<0,001$) e junho ($P<0,001$) de 2005, e efeito quadrático nos meses de janeiro ($P<0,001$), agosto ($P<0,05$) e dezembro ($P<0,001$) (Tabela 11). Segundo a equação de regressão de janeiro de 2005 (Tabela 11) a dose de N que promoveu maior DPP foi de 250 kg/ha (Figura 8).

O efeito das doses de N em aumentar a densidade populacional de perfilhos está de acordo ao resultado observado por MONTEIRO *et al.* (1995). Estes autores demonstraram que a omissão de N foi a que mais prejudicou o crescimento do capim-Marandu, no que se refere à produção de massa seca e ao número de perfilhos. Os resultados também estão de acordo com os de MATTOS *et al.* (2001) onde foi observado que a adubação com quatro doses de N (0; 50; 100; 150 e 200 mg/dm³) teve efeito positivo no perfilhamento da *Brachiaria decumbens* em três crescimentos consecutivos de 40 dias. Efeitos semelhantes foram encontrados por SANTOS JUNIOR (2001), trabalhando com capim-Marandu, que observaram máximo perfilhamento nas doses de 305 e 300 mg/L, respectivamente, nas idades de 35 e 42 dias.

Observou-se que as doses de N de 100 e 200 kg/ha apresentaram efeito em aumentar a densidade populacional de perfilhos (Tabela 12). Esse efeito decorre do maior aparecimento de folhas ocasionado pelo aumento da dose de nitrogênio (Tabela 7), uma vez que na axila de cada folha há uma gema, e o perfilhamento é resultado da formação e desenvolvimento de gemas axilares em decorrência da menor produção de auxinas.

Com maior ângulo entre a folha e o colmo, quando comparado a gramíneas de crescimento prostrado, o hábito de crescimento do capim-Marandu promove folhas mais eretas, sombreando menos as gemas e folhas baixas. Dessa forma, após longo tempo com deficiência do nutriente, observou-se que no mês de janeiro de 2005 até a dose de N de 250 kg/ha houve efeito da adubação em aumentar a densidade populacional de perfilho. Enquanto não ocorre o sombreamento das folhas mais baixas do dossel, devido à arquitetura do dossel e crescimento ereto das folhas, a planta apresenta aumento na densidade e peso dos perfilhos concomitantemente (Tabela 12).

Embora o perfilhamento decorra diretamente do número de folhas, também é influenciado por fatores de meio como a intensidade da luz que alcança o nível do solo. A radiação fotossinteticamente ativa, compreendida na faixa de 400 a 700 nm e correspondente a 50% do espectro solar, é interceptada pelas sucessivas camadas de folhas à medida que infiltra pelo perfil do dossel. Os maiores índices de área foliar desfavorecem a entrada de luz no interior do dossel e assim, a quantidade e qualidade da radiação recebida são máximas no topo do dossel e mínima ao nível do solo de comunidades vegetais fechadas, com alto índice de área foliar. A redução da relação radiação vermelho-vermelho extremo, máxima no topo e mínima na porção inferior, estimula o alongamento do colmo (SMITH, 1982) e inibe o perfilhamento (DEREGIBUS *et al.*, 1983; WAN e SOSEBEE, 1998). Estas colocações explicam a redução da densidade populacional de perfilhos, quando utilizado doses acima de 250 kg/ha de N em janeiro de 2005, (Tabelas 11 e 12).

O efeito quadrático do N na densidade de perfilho está de acordo com NABINGER & MEDEIROS (1997) e TOSCANO *et al.* (1999). NABINGER &

MEDEIROS (1997) relataram que o nitrogênio provoca efeitos positivos na taxa de aparecimento do perfilho, mas que a elevada disponibilidade desse elemento pode conduzir a menor densidade populacional de perfilhos na pastagem devido ao rápido incremento do IAF. TOSCANO *et al.* (1999), utilizando doses de N (0, 200, 400, 600 kg/ha), observaram efeito quadrático no número total de perfilhos do capim-Marandu, provavelmente devido ao maior sombreamento no interior do dossel, reduzindo o número de perfilhos.

Em resposta à quantidade e qualidade da luz que alcançam as gemas basilares, quando o dossel se fecha devido ao alto IAF, o perfilhamento é reduzido (DEREGIBUS *et al.*, 1983; WAN & SOSEBEE, 1998). Com o sombreamento das gemas e folhas baixas o carbono assimilado através da fotossíntese é alocado para o alongamento do colmo e a planta aumenta sua altura em busca de luz, resultando em redução do perfilhamento, estreitamento da relação folha/colmo e aumento do peso do perfilho. De acordo com SIMON & LEMAIRE (1987), a intensidade de perfilhamento é alta nas primeiras semanas de rebrotação e depois declina na medida em que o dossel se fecha, momento em que intercepta quase toda a radiação incidente em decorrência de seu alto IAF.

Em dezembro de 2005 houve redução significativa da DPP entre as doses de N de 300 e 400 kg/ha. Em junho de 2005 a DPP observada com a dose de 300 foi inferior à dose de N de 200 kg/ha, e em fevereiro de 2006, ocorreu redução significativa da DPP entre as doses de N de 100 e 200 e entre 300 e 400 kg/ha ($P < 0,05$), sendo que em todas estas ocasiões foi observado aumento significativo do peso do perfilho (Tabela 12). Esta ocorrência reflete competições dos perfilhos principalmente por luz e estão de acordo com BIRCHAN & HODGSON (1983), que mencionaram que pastagem submetida à lotação contínua e alta pressão de pastejo caracteriza-se por apresentar perfilhos menores e mais numerosos, enquanto em pastagem submetida ao pastejo leve ocorrem perfilhos grandes e pouco numerosos. Os resultados encontrados neste experimento demonstram que o fornecimento de N por meio de adubações propicia às gramíneas tropicais aumento no número, no peso e no tamanho de seus perfilhos associados a maior

taxa de expansão foliar. O mecanismo da variação inversa entre peso e número de perfilhos é referido como compensação da relação tamanho/peso dos perfilhos (HERNANDEZ GARAY *et al.*, 1999) ou teoria do auto-desbaste (MATTHEW *et al.*, 1995).

BATISTA & MONTEIRO (2006) observaram que a dose de N responsável pelo máximo perfilhamento do capim-Marandu foi de 343 mg/L no primeiro corte e de 416 mg/L no segundo corte. De fato foi observada redução na densidade populacional de perfilhos no mês de fevereiro, quando comparado ao valor observado no mês de janeiro com a dose de N de 300 kg/ha. No entanto, o tratamento com a dose de N de 400 kg/ha resultou em aumento da densidade no segundo corte após aplicação integral dos tratamentos, ou seja, em fevereiro de 2005 (Tabela 12).

Os resultados estão de acordo com SANTOS *et al.* (1997), que testando oito doses de N para a *Brachiaria decumbens* (0;14; 42; 126; 210; 294; 378 e 462 mg/L) demonstrou que as doses de N proporcionaram aumentos na produção de massa seca da parte aérea, das raízes e no número de perfilhos da planta forrageira.

Tabela 11. Efeito de N na densidade populacional de perfilhos (DPP) de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Janeiro 2005	$DP = 207,9879518 + 3,9837259 N - 0,0078018 N^2$	0,0002	0,46
Fevereiro 2005	$DP = 246,99487 + 1,109 N$	0,0001	0,78
Junho 2005	$DP = 222,425 + 0,55313 N$	0,0001	0,38
Agosto	$DP = 246,3 + 1,176625 N - 0,0020313 N^2$	0,0356	0,29
Dezembro 2005	$DP = 257,7571429 + 2,2957321 N - 0,0034509 N^2$	0,0010	0,67

N = dose de nitrogênio em kg/ha

DP = densidade de perfilho (n/m²)

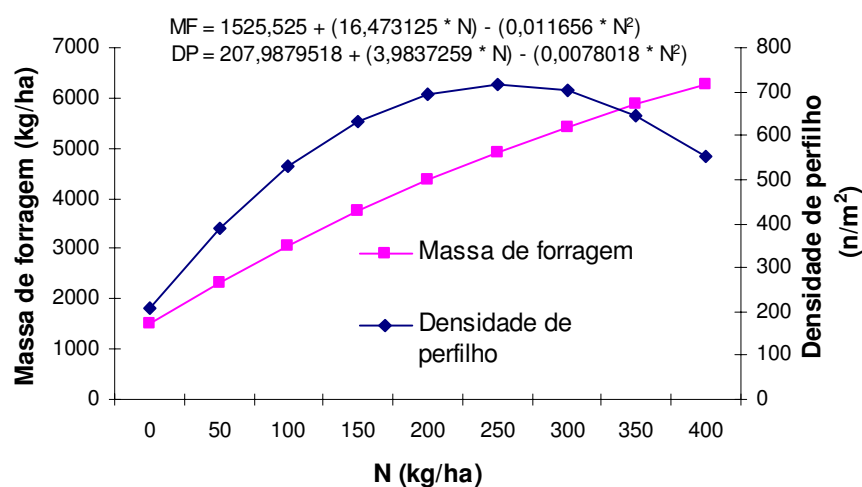


Figura 8. Efeito de N na densidade de perfilhos (DP) e massa de forragem (MF) de capim-Marandu em janeiro de 2005.

Tabela 12. Efeito de N e época na densidade populacional de perfilhos e peso dos perfilhos de capim-Marandu em épocas do ano.

	Densidade populacional de perfilhos							
	Jan 05	Fev 05	Jun 05	Ago 05	Dez 05	Fev 06	Abril 06	Média
0	226 C a	221 C a	198 C a	233 C a	279 C a	332 C a	367 C a	265
100	531 Ba	358 B a	284 B a	365 B a	426 B a	462 A a	453 AB a	411
200	617 ABa	487 AB a	389 AB a	412 A a	529 B a	380 B a	478 A a	470
300	799 Aa	639 A a	350 AB b	378 B b	728 A a	393 B b	400 B b	526
400	516 Ba	636 A a	442 A a	409 A a	586 B a	364 B a	441 AB a	485
Média	538	468	333	359	509	386	428	CV = 24,64

	Massa por perfilho			
	Junho 05	Dezembro 05	Fevereiro 06	Média
0	3,414 D	1,70 D	4,32 E	3,14 E
100	3,834 BC	4,62 C	5,66 D	4,70 D
200	3,650 DC	5,05 C	7,49 C	5,39 C
300	4,353 A	6,66 B	11,27 B	7,42 B
400	4,059 BC	8,43 A	13,28 A	8,59 A
Média	3,86 C	5,29 B	8,40 A	CV = 30,04

Letras semelhantes, minúsculas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,05$). CV = Coeficiente de variação (%).

5.3.6. Densidade total

Todos os tratamentos com N aumentaram a densidade total, quando comparados ao tratamento sem N, mas variaram entre si. Houve efeito quadrático na densidade total nos meses de fevereiro de 2005 e fevereiro de 2006 (Tabela 13). A dose de N que promoveu maior densidade total no mês de fevereiro de 2006 foi de 375 kg/ha (Figura 9).

O efeito quadrático das doses de N deve-se à maior altura do relvado devido ao alongamento do colmo, reduzindo o volume de forragem em estratos do perfil. A análise de variância e teste de comparação de médias mostrou que em dezembro de 2005, dose de N de 400 kg/ha apresentou densidade total inferior à dose de 300 kg/ha, e no mês de fevereiro de 2006 a densidade total com a dose de 200 kg/ha foi superior à dose de 400 kg/ha (Tabela 14).

A redução da densidade populacional de perfilhos resulta em redução da densidade total. A redução da densidade total reduz a apreensão de massa seca de folhas verdes, desfavorecendo o desempenho animal. Normalmente as folhas ficam em maior quantidade no estrato superior do dossel, sendo que na fração mais baixa predominam colmos e o consumo da forragem pelos animais é menor.

SARMENTO (2003), avaliando alturas de manejo do capim-Marandu (10, 20, 30 e 40 cm em relação ao solo), observou maior consumo nas duas alturas superiores. Os colmos alongados no relvado dificultam a apreensão de folhas e impedem a profundidade do bocado dos animais em pastejo.

Segundo GOMIDE & GOMIDE (1999), o comprimento de folhas varia em função de seu nível de inserção no perfilho, sendo que os valores máximos correspondem às folhas de inserção intermediária. Este fato, talvez tenha contribuído com a variação nos valores de densidade total do pasto com doses de N.

Houve efeito de doses de N ($P < 0,001$) e de época ($P < 0,001$) sobre a densidade total, sendo que os valores nos meses de junho e agosto foram superiores aos demais meses (Tabela 14). Este fato pode ser explicado pelo cálculo da densidade total ter sido realizado através da divisão da massa total pela altura do relvado. Dessa forma, a forragem mais baixa no inverno, maior período de descanso e acúmulo de forragem não pastejada, conduziram à maior densidade total.

Tabela 13. Efeito de N na densidade total de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	DT = 50 + 0,089 N	0,0102	0,16
Janeiro 2005	DT = 51,225 + 0,04825 N	0,0001	0,38
Fevereiro 2005	DT = 47,76071429 + 0,11753571 N – 0,00017321 N ²	0,0352	0,45
Março 2005	DT = 54,85 + 0,0725 N	0,0027	0,21
Dezembro 2005	DT = 66,45 + 0,12988 N	0,0201	0,13
Fevereiro 2006	DT = 75,38928571 + 0,31583929 N – 0,00042054 N ²	0,0577	0,50

N = dose de nitrogênio em kg/ha

DT = densidade total em kg/ha/cm de matéria seca

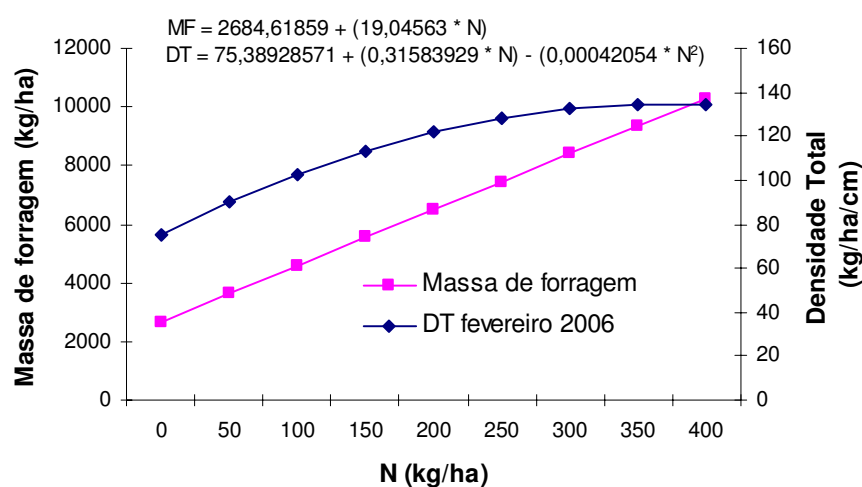


Figura 9. Efeito de N na massa de forragem (MF) e densidade total (DT) de capim-Marandu em fevereiro de 2006.

Tabela 14. Efeitos de época na densidade total de capim-Marandu.

Época	N (kg/ha)					Média	CV (%)	Pr>F
	0	100	200	300	400			
kg/ha/cm								
Dez04	54	51	67	88	80	67 C	32,94	0,0244
Jan 05	47	58	67	64	68	60 C	14,69	0,0030
Fev05	62	76	95	90	110	86 B	14,31	0,0001
Mar05	49	68	73	72	84	69 C	15,17	0,0005
Abr05	70	72	79	75	83	75 C	17,12	0,3389
Jun 05	112	123	135	119	131	124 A	26,28	0,6425
Ago05	119	141	128	124	137	129 A	26,20	0,7243
Dez05	49	71	85	99	89	78 BC	41,20	0,0934
Fev06	73	111	141	137	132	119 B	21,93	0,0017
Abr06	101	103	97	94	90	97 B	29,93	0,8791
Médias	75	87	95	96	103		29,71	0,66

Letras semelhantes maiúsculas na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P>0,05$). CV = Coeficiente de variação

Os valores de densidade de folhas observados no segundo ano foram superiores aos do primeiro ano (33 e 27 para os meses de janeiro e fevereiro de 2005 e 40 e 59 para os meses de dezembro de 2005 e fevereiro de 2006). Esta ocorrência sugere que durante o primeiro ano, após longo período de deficiência de N, a planta apresenta aumento no porte e número de perfilhos e no segundo ano apresentou valores numericamente superiores de densidade de folhas. A densidade de folhas média foi de 32, 41, 49, 51 e 60 kg/ha/cm para doses de N de 0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha, respectivamente.

5.3.7. Acúmulo de forragem e taxa de crescimento da cultura

Houve efeito linear positivo do N no acúmulo de forragem de capim-Marandu (AC) (Tabela 15). A rebrotação de gramíneas depende de reservas orgânicas da base do colmo, de N e de folhas. Em situações em que a planta estiver totalmente desfolhada os carboidratos de reserva são muito importantes. No entanto, quando houver folhas residuais, o N tem maior importância que os carboidratos de reserva para a rebrotação. Esta ocorrência provavelmente está

relacionada ao efeito do nitrogênio em acelerar a formação e o crescimento de novas folhas.

Os resultados são apresentados também como taxa de crescimento da cultura (TCC) (acúmulo de forragem / dias de período de descanso) representando melhor a diferença entre as épocas do ano (Tabela 16). Houve efeito de época ($P < 0,001$), os resultados mostraram menor TCC durante os meses de inverno (Tabela 17).

Tabela 15. Efeito de N no acúmulo de forragem (AC) de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	AC = 1064,40541 + 7,0599 N	0,0001	0,61
Janeiro 2005	AC = 903,79412 + 8,14235 N	0,0001	0,72
Fevereiro 2005	AC = 1474,775 + 8,7875 N	0,0001	0,64
Junho 2005	AC = 1184,79479 + 5,60909 N	0,0003	0,30
Agosto 2005	AC = 1369,739286 + 14,992839 N – 0,027183 N ²	0,0428	0,23

N = dose de nitrogênio em kg/ha

AC = acúmulo de forragem em kg/ha de matéria seca

Tabela 16. Efeito de nitrogênio na taxa de crescimento da cultura (TCC) de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	TCC = 38,02703 + 0,25187 N	0,0001	0,61
Janeiro 2005	TCC = 29,1764 + 0,26254 N	0,0001	0,72
Fevereiro 2005	TCC = 40,975 + 0,24413 N	0,0001	0,64
Junho 2005	TCC = 20,70574 + 0,0985 N	0,0003	0,30
Agosto 2005	TCC = 26,80714286 + 0,29410714 N – 0,00053214 N ²	0,0428	0,24

N = dose de nitrogênio em kg/ha

TCC = acúmulo de forragem em kg/ha/dia de matéria seca

Tabela 17. Efeitos de época na taxa de crescimento da cultura (TCC) de capim-Marandu.

N (kg/ha)	Acúmulo de forragem (kg/ha/dia)					Média
	Nov a Dez	Dez a Jan	Jan a Fev	Abril a Jun	Jun a Ago	
0	41	25	43	12	22	29
100	53	57	65	35	58	54
200	94	91	85	48	64	76
300	111	96	111	44	58	84
400	140	137	142	59	63	108
Médias	88 A	81 A	89 A	40 B	53 B	34,21

Letras semelhantes maiúsculas na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CV = Coeficiente de variação (%).

Houve efeito linear negativo do N (MSMF) ($P < 0,001$) (Tabela 18) e efeito de época (Tabela 19) no teor de matéria seca da massa de forragem.

Tabela 18. Efeito de N no teor de matéria seca da massa de forragem (MSMF) de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	MSMF = 33,575 – 0,03437 N	0,0001	0,60
Janeiro 2005	MSMF = 23,35 – 0,01925 N	0,0001	0,60
Fevereiro 2005	MSMF = 37,025 – 0,01588 N	0,0018	0,22
Junho 2005	MSMF = 40,85 – 0,01287 N	0,0162	0,14

N = dose de nitrogênio em kg/ha

MSMF = teor de matéria seca da massa de forragem

Tabela 19. Efeitos de época do ano no teor de matéria seca massa da forragem de capim-Marandu.

Teor de matéria seca da massa de forragem (%)						
Kg/ha N	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Abril	Junho	Médias
0	34,46	25,93	38,13	31,12	42,00	33,75
100	30,24	18,92	34,27	30,75	38,25	31,02
200	25,34	18,04	33,13	29,25	38,12	29,92
300	22,34	17,29	31,75	30,25	36,62	29,72
400	21,45	17,35	31,58	29,50	36,37	30,02
Médias	32,65 B	19,50 C	33,85 B	30,17 C	38,27 A	CV = 9,0

Letras semelhantes maiúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CV = Coeficiente de variação (%).

Como houve efeito de doses de N em aumentar a MSFV e reduzir o teor de matéria seca, aparentemente o aumento de folhas no relvado reduz o teor de matéria seca. Com o maior consumo de folhas pelos animais, o teor de matéria seca do resíduo foi sempre maior do que o teor de matéria seca da massa de forragem. No entanto, também houve efeito linear negativo do N no teor de matéria seca do resíduo (MSRE) (Tabela 20), indicando maior presença de folhas no resíduo para maiores doses de N. Houve efeito de época do ano no teor de matéria seca do resíduo (Tabela 21).

Tabela 20. Efeito de N no teor de matéria seca do resíduo (MSRE) de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	MSRE = 31,85 – 0,032 N	0,0001	0,58
Janeiro 2005	MSRE = 31,75 – 0,01763 N	0,0009	0,25
Fevereiro 2005	MSRE = 30,575 N – 0,01312 N	0,0001	0,46

N = dose de nitrogênio em kg/ha

MSRE = teor de matéria seca do resíduo

Tabela 21. Efeitos de épocas do ano no teor de matéria seca do resíduo de capim-Marandu.

Kg/ha N	Teor de matéria seca do resíduo (%)					Média
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Abril	Junho	
0	33,49	33,23	31,43	47,87	51,12	39,45
100	27,71	28,01	28,19	47,50	51,37	36,60
200	23,71	28,15	27,66	38,87	51,62	34,05
300	22,43	25,62	26,39	46,50	52,00	34,52
400	20,15	26,01	25,79	45,87	50,62	33,67
Médias	25,45 D	28,22 C	27,95 C	45,32 B	51,35 A	CV = 12,96

Letras semelhantes maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P>0,05). CV = Coeficiente de variação (%).

Houve efeito linear positivo do N na massa de forragem residual (Tabela 22). O aumento da massa de forragem residual com maior proporção de folhas favoreceu a maior taxa de crescimento da cultura. O aumento da área foliar residual aumenta a interceptação de luz e fotossíntese, favorecendo o suprimento de energia para o crescimento de novas folhas e perfilhos, maior vigor de rebrotação e melhor recuperação após o pastejo.

Houve efeito de época na massa de forragem residual (Tabela 23). O hábito de crescimento cespitoso do capim-Marandu propicia menor proteção dos pontos de crescimento durante o pastejo, sendo importante manter altura adequada no momento de saída dos animais, favorecendo o IAF remanescente que é importante para a rebrotação.

Tabela 22. Efeito de N no resíduo de forragem após o pastejo (RE) de capim-Marandu em épocas do ano, equações de regressão e probabilidades.

	Equações de regressão	Prob > F	R ²
Dezembro 2004	RE = 1012,15 + 3,38638 N	0,0001	0,42
Janeiro 2005	RE = 1516,55 + 3,1455 N	0,0001	0,45
Fevereiro 2005	RE = 2779,65 + 1,83863 N	0,0037	0,20
Abril 2005	RE = 1864,95 + 1,67662 N	0,0091	0,16
Junho 2005	RE = 1788,575 + 1,23875 N	0,0407	0,10

N = dose de nitrogênio em kg/ha

RE = resíduo

Tabela 23. Efeitos de época do ano na massa de forragem residual de capim-Marandu.

Kg/ha N	Massa de forragem residual (kg/ha)					Médias
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Abril	Junho	
0	857	1443	1266	1862	1759	1717
100	1484	1782	2288	2019	1968	2068
200	1675	2311	3003	2224	1962	2254
300	2035	2107	3499	2369	2256	2594
400	2154	2623	3380	2525	2235	2583
Médias	1689 C	2145 B	3147 A	2200 B	2036 B	CV = 23,84

Letras semelhantes maiúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P>0,05). CV = Coeficiente de variação (%).

5.3.8. Altura de entrada e saída

Para manter a oferta de forragem em 8% foram necessários ajustes na densidade de lotação. Como as parcelas foram pastejadas simultaneamente, uma vez que pertenciam ao mesmo piquete, sendo o período de descanso semelhante para todos os tratamentos, a altura do relvado no momento de entrada e saída dos animais para o pastejo variou entre os tratamentos, devido a alterações na velocidade de crescimento e vigor de rebrota provocado pelo N. As alturas médias do relvado no momento da entrada e saída dos animais para pastejo, durante o verão e inverno do primeiro ano e verão do segundo ano, encontram-se na Tabela 24.

Tabela 24. Altura média do relvado no momento da entrada e saída dos animais em épocas do ano.

N (kg/ha)	Altura do relvado (cm)				
	0	100	200	300	400
Verão do primeiro ano					
entrada	32	44	51	58	66
saída	28	33	38	39	41
Inverno do primeiro ano					
entrada	23	33	39	44	45
saída	23	26	30	33	35
Verão do segundo ano					
entrada	36	56	62	73	81
saída	29	34	38	40	41

5.4. Conclusões

O benefício da adubação nitrogenada em intensificar a produção de pasto e contribuir para maior fornecimento de nutrientes aos animais esteve condicionado à dose utilizada. A máxima produção de forragem desfavoreceu características estruturais como a densidade de perfilhos e relação folha/colmo. A dose de N que proporcionou maior relação folha/colmo foi a de 209 kg/ha e maior densidade de perfilhos foi de 375 kg/ha. A aplicação de N foi eficiente em intensificar a produção do pasto, provocou rápidas alterações na estrutura do dossel, que precisam ser consideradas na decisão da dose a aplicar. A aplicação superficial de calcário no final do período das águas não apresentou efeito sobre as variáveis estudadas.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, K. & MONTEIRO A.M. Respostas morfológicas e produtivas do capim-Marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4. p.1281-1288, 2006.
- BIRCHAN, J.S. & HODGSON, J. The effects of change in herbage mass on rates of herbage growth and senescence in mixed swards. **Grass and Forage Science**, v.39, n.2, p.111-115, 1983.
- CÂNDIDO, M.J.D. **Morfofisiologia e crescimento do dossel e desempenho animal em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso**. Viçosa, MG. UFV. 134p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa. 2003.
- CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; *et al.* Pastagens. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação. Viçosa, p.332-341, 1999.
- CORSI, M. & SILVA, R.T. de L. Fatores que afetam a composição mineral de plantas forrageiras. In: Pastagens: Fundamentos da exploração racional. 2ª ed. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, p.65-83, 1994.
- COUTINHO, E.L.M.; CONSOLINI, F.; SCATOLIN, M. Adubação nitrogenada e potássica em pastagem irrigada de Tifton 68. Efeitos no solo, na planta e na produção de matéria seca. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SOLO, 14., 1999, Pucon (Chile). **Anais...** Pucon: Solo-Suelo (1999). CDROM.
- DAVIES, A.; FORTHERGILL, M.; MORGAN, C.T. Assessment of contrasting perennial ryegrass, with and without white clover, under continuous sheep stocking in the uplands. 5. Herbage production, quality and intake in years 4 – 6. **Grass and Forage Science**, v.48, p.213-222, 1993.
- DEREGIBUS, V.A.; SANCHES, R.A.; CASAL, J.J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v.72, p.900-902, 1983.

DURU, M. & DUCROCQ, H. Growth and senescence of successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v.85, p.635-643, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412p.

FERRARI NETO, J.; FAQUIN, V.; VALE, F.R. Limitações nutricionais do colônio (*Panicum maximum* Jacq.) e da braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em amostras de um latossolo do noroeste do Paraná: I. produção de matéria seca e eprfilhamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p. 538-551, 1994.

GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J. *et al.* Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1890-1900, 2002.

GOMIDE, J.A. & GOMIDE, C.A. Fundamentos estratégicos do manejo de pastagens. I Simpósio de produção de gado de corte. Universidade Federal de Viçosa, UFV, 1999.

GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de planta forrageira. Pastagem: Fundamento da exploração racional, Piracicaba: FEALQ, 1986, p.1-10.

HERNANDEZ-GARAY, A.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to different defoliation heights and proposed productive index. **Grass and Forage Science**, v.54, p. 347-353, 1999.

KING, J.; SHIN, E.M.; GRANT, S.A. Photosynthetic rate and carbon balance of grazed ryegrass pastures. **Grass and Forage Science**, v.39, n.1, p.81-92, 1984.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. Buenos Aires, Gráfica Panamericana, 478p., 1948.

KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of ryegrass dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.25, p.309-319, 1982.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2^a ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MATTHEW, C.; LEMAIRE, G.; SACKVILLE, H.N.R. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, v.76, p.579-589, 1995.
- MATTOS, J.L.S. **Avaliações morfológicas de espécies de *Brachiaria* sob diferentes disponibilidades de água no solo**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2001. 122p.
- MATTOS W. T.; MONTEIRO, F.A. Avaliação de pastagem de capim-braquiária em degradação e sua recuperação com suprimento de nitrogênio e enxofre. Piracicaba, 97p., 2001. (Tese de doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D. *et al.* Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cultivar Marandu em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, v.52, n.1, p.135-141, 1995.
- NABINGER, C. & MEDEIROS, R.B. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 14, Piracicaba, 1997. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.213-251.
- PEARSE, P.J. & WILMAN, D. Effects of applied nitrogen on grass leaf initiation, development and death in field swards. **Journal of Agricultural Science**, v.103, p.405-413, 1984.
- PREMAZZI, L.M. **Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de "Agricultura Luiz de Queiroz"/USP, 1991, 215p.
- SANTOS, A.R.; CORRÊA, B.D.; MONTEIRO, F.A. **Diagnose nutricional e respostas do capim-braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre**. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, 1997. 115p.
- SANTOS, JR., J.D.G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura

- “Luiz de Queiroz”, 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, 2001. 79p
- SANTOS, JR., J.D.G.; MONTEIRO, F.A; LAVRES, JR.J. Análise de crescimento do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1985-1991, 2004.
- SARMENTO, D.O.L. **Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim-Marandu submetidos a regime de lotação contínua**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003, 76p.
- SCHIAVUZZO, P. F., MONTEIRO, F.A., LAVRES, J.J.. Nitrogênio na produção e na nutrição da Braquiária Marandu. **Anais** da XXXVII Reunião Anual da SBZ, Viçosa, MG. 2000.
- SILVA, D.S.; GOMIDE, J.A.; FONTES, C.A.A. *et al.* Pressão de pastejo em pastagem de capim elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum. Cv. Mott): 1 – Efeito sobre a estrutura e disponibilidade de pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.249-257, 1994.
- SIMON, J.C. & LEMAIRE, G. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, v.42, p.373-380, 1987.
- SKINNER, R.H. & NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, p.4-10, 1995.
- SMITH, H. Light quality, photoperception, and plant strategy. **Annual Review of Plant Physiology**, v.33, p.33, p.481-518, 1982.
- SOARES FILHO, C.V. Tratamentos físico-mecânicos, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. **Anais...** Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, agosto, p.79-117, 1993.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User`s guide** Cary: 2003.
- STODDART, L.A.; SMITH, A.D.; BOX, T.W. **Range Management**. 3 ed., New Tork, McGraw-Hill Book, 531 p., 1975.

- TOSCANO, M. R. B. F.; CECATO, U.; GUERRA F. H.; *et al.* O Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada sobre o perfilhamento do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu). **Anais** da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1999.
- UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2002, 83p.
- WAN, C.; SOSEBEE, R.E. Tillering responses to red:far-red light ratio during different phenological stages in *Eragrostis curvula*. **Environmental and Experimental Botany**, v.40, p.247-254, 1998.
- WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Efeitos calagem em capim Colônia (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. **Boletim Indústria Animal**, v.36, n.2, p.247-254, 1979.
- WERNER, J.C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1986, 49p. (Boletim Técnico 18).
- WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. *et al.* Forrageiras. In: VAN RAIJ B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. *et al.* (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: IAC, 1996. p.261-273. (Boletim Técnico 100).
- WILSON, J.R.; MINSON, D.J. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. **Tropical Grasslands**, v.14, p.253-259, 1980.
- ZIMMER, A.H.; CORRÊA, E.S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto?. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. **Anais...** Realizado no Instituto de Zootecnia, agosto, Nova Odessa, SP, p.1-26, 1993.