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

**Características produtivas e valor nutritivo num ano de recuperação do capim-
Braquiária com aplicações de nitrogênio e enxofre**

Daniela Alves de Oliveira

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em
Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de
Plantas

**Piracicaba
2008**

Daniela Alves de Oliveira
Engenheiro Agrônomo

**Características produtivas e valor nutritivo num ano de recuperação do capim-Braquiária
com aplicações de nitrogênio e enxofre**

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

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em
Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de
Plantas

**Piracicaba
2008**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Oliveira, Daniela Alves de

Características produtivas e valor nutritivo num ano de recuperação do capim-Braquiária com aplicações de nitrogênio e enxofre / Daniela Alves de Oliveira. - - Piracicaba, 2008.

119 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Adubação 2. Bromatologia 3. Capim braquiária 4. Enxofre 5. Forragem – Produção
6. Nitrogênio 7. Pastagens I. Título

CDD 633.2

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

**“A vida não é medida pelo número de respirações
que damos, mas sim pelos momentos que
nos fazem perder a respiração”**

“Autor desconhecido”

**Aos meus queridos pais Luiz e Ivete e aos meus irmãos
Luciana, Patrícia e Leandro pelo amor,
carinho, incentivo e compreensão
OFEREÇO E DEDICO**

AGRADECIMENTOS

A Deus e ao meu anjo da guarda, sempre presentes, por terem me iluminado em todas as etapas da minha vida.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP) e à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas pela oportunidade de retorno para a realização do curso.

Ao Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro pelo incentivo, pela excelente orientação, confiança, paciência e amizade.

A toda minha amada família (“Elefante Branco”) pelo apoio, conselhos, amizade e pelos bons e inesquecíveis momentos de descontração.

Ao Fred Rodrigues de Menezes pelo imenso carinho, compreensão, pela presença integral em todos os momentos e pela extraordinária ajuda nas etapas mais difíceis da minha jornada.

Aos Professores Antonio Roque Dechen, Quirino Augusto de Camargo Carmello e Silvio Zocchi, pela convivência, aprendizagem e valiosas sugestões.

A todos os professores dos Departamentos de Ciência do Solo e de Zootecnia, que contribuíram de forma direta ou indireta com o meu aprendizado.

Ao Bruno Pedreira, pela contribuição maravilhosa para a conclusão das análises laboratoriais do meu experimento.

À amiga Jakeline Vieira Romero, pela amizade, convivência, ajuda e pelo “empréstimo” dos animais em uma das fases do meu experimento.

A todos os amigos e companheiros de trabalho, Daniel Manfredini, Adna Viana Dutra, Adriana Guirado, Magnus Dall’Igna Deon, Marcio Mahmoud Megda, Edna Maria Bonfim da Silva, Fabiano Daniel de Bona, Gilberto Nava, Jackson Locks Lange, José Olímpio de Souza Júnior, e um agradecimento especial a Cristiane Prezotto Silveira, pela amizade, paciência e pelos valiosos conselhos.

A todos os estagiários que contribuíram de alguma forma para o bom desenvolvimento e conclusão do meu trabalho.

Às amigas Ana Cláudia Ribeiro Rossi e Carolina Schultz Lopes, pela amizade, conselhos, trocas de experiências e pelos bons momentos que compartilhamos juntas em nossa “casinha”.

Aos casais possuidores de uma importância ímpar em minha vida, Luciana e Fábio, Ângela e Antônio, pelos inesquecíveis momentos juntos e pelos inigualáveis dias de muitas risadas.

A minha afilhada Fabiana, pessoa que possui um extraordinário significado em minha vida, pelos gestos e sorrisos e pelo sincero carinho que enriquecem os meus dias.

Às amigas Ana Paula Ferrata e Mariana Franco Arruda, que mesmo distante, me deram muita força e incentivo para que eu pudesse ultrapassar as difíceis barreiras encontradas durante todo o transcorrer do mestrado.

Às funcionárias do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Ednéia Mondoni, Lurdes de González, Nivanda de Moura, Sueli Bovi e Maria Ivonete da Silva Pereira, pelo convívio e amizade, e um agradecimento especial a amiga Lúcia Forti, pela paciência e pelo companheirismo em um dos momentos mais difíceis da minha jornada.

À Carla Maris Bittar e ao Carlos César Alves, pela amizade e consideração, e pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Ao proprietário da Fazenda Rodomeu, pela área e pelos animais cedidos para a realização do experimento, e aos funcionários da Fazenda, pela atenção, ajuda e harmoniosa convivência.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto.

E a todas as outras pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Recuperação de pastagens degradadas	13
2.2 <i>Brachiaria decumbens</i> (capim-Braquiária)	14
2.3 Nitrogênio nas plantas forrageiras.....	15
2.4 Enxofre nas plantas forrageiras	19
2.5 Relação nitrogênio: enxofre.....	23
2.6 Área foliar.....	25
2.7 Relação lâmina foliar: colmo mais bainha	26
2.8 Valor nutritivo das plantas forrageiras	28
2.9 NIRS na determinação do valor nutritivo das forrageiras	32
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 Local, período e descrição da área experimental.....	36
3.2 Informações climáticas	36
3.3 Análise química da terra e correção da acidez	37
3.4 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos.....	37
3.5 Condução do experimento	39
3.6 Produção de massa seca da parte aérea	40
3.7 Área foliar e relação lâmina foliar:colmo mais bainha	40
3.8 Determinações bromatológicas.....	40
3.9 Análises estatísticas	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Produção de massa seca da parte aérea	44
4.1.1 Período chuvoso	44
4.1.2 Período seco.....	48
4.2 Área foliar.....	52
4.2.1 Período chuvoso	52
4.2.2 Período seco.....	56

	8
4.3 Relação lâmina foliar: colmo mais bainha	58
4.3.1 Período chuvoso	58
4.3.2 Período seco.....	61
4.4 Valor nutritivo	61
4.4.1 Proteína bruta.....	61
4.4.1.1 Período chuvoso	61
4.4.1.2 Período seco.....	66
4.4.2 Fibra em detergente neutro	69
4.4.2.1 Período chuvoso	69
4.4.2.2 Período seco.....	72
4.4.3 Fibra em detergente ácido.....	75
4.4.3.1 Período chuvoso	75
4.4.3.2 Período seco.....	77
4.4.4 Digestibilidade “ <i>in vitro</i> ” da massa seca	79
4.4.4.1 Período chuvoso	79
4.4.4.2 Período seco.....	82
4.4.5 Nitrogênio solúvel	84
4.4.5.1 Período chuvoso	84
4.4.5.2 Período seco.....	88
4.4.6 Nitrogênio não protéico	89
4.4.6.1 Período chuvoso	89
4.4.6.2 Período seco.....	95
4.4.7 NIRS	96
5 CONCLUSÕES	100
REFERÊNCIAS	101

RESUMO

Características produtivas e valor nutritivo num ano de recuperação do capim-Braquiária com aplicações de nitrogênio e enxofre

A melhoria da fertilidade do solo é relevante para a recuperação de pastagem degradada, e o fornecimento de nitrogênio junto com o enxofre passa a ser uma alternativa, tendo em vista a forte relação entre esses nutrientes. Objetivou-se estudar a influência das combinações de doses de nitrogênio e de enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*), avaliando-se variáveis relacionadas à produção e ao valor nutritivo do capim, nos períodos chuvoso e seco de um ano agrícola. O experimento foi realizado em uma fazenda no município de Piracicaba, SP, em pastagem de capim-Braquiária que estava degradada. Utilizaram-se cinco doses de nitrogênio (0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e cinco doses de enxofre (0, 15, 30, 45 e 60 kg ha⁻¹ ano⁻¹), combinadas em fatorial 5x5 fracionado, em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. A fonte de nitrogênio foi nitrato de amônio e a de enxofre foi o gesso agrícola, aplicadas em três vezes no período das águas (17/11/2005, 23/12/2005 e 28/01/2006). As avaliações no campo foram realizadas a cada 35 dias no período das águas (de 21/12/2005 a 10/05/2006), totalizando cinco avaliações, e a cada 56 dias no período da seca (de 05/07/2006 a 25/10/2006), totalizando três avaliações. Os cortes das plantas foram realizados em área delimitada de 0,25 m², a 5 cm da superfície do solo para a estimativa da área foliar e da relação lâmina foliar:colmo mais bainha, e a 10 cm da superfície do solo para a quantificação da produção de massa seca da parte aérea e avaliação do valor nutritivo. Os resultados demonstraram que a combinação de doses de nitrogênio e de enxofre alterou a produção de massa seca da parte aérea, a relação lâmina foliar:colmo mais bainha e a proporção de nitrogênio solúvel (Nsol) e de nitrogênio não protéico (NnP) em avaliações próximas a última aplicação dos adubos contendo nitrogênio e enxofre, e também alterou a concentração de proteína bruta (PB), o teor de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA) na primeira avaliação do período seco. O nitrogênio foi o nutriente que mais influenciou a alteração das variáveis analisadas no capim-Braquiária no primeiro ano de recuperação, proporcionando a variação da produção de massa seca da parte aérea, da área foliar, da relação lâmina foliar:colmo mais bainha, da concentração de PB, do teor de FDN e de FDA, da digestibilidade “*in vitro*” da massa seca (DIVMS) e da proporção de Nsol e de NnP, tanto no período chuvoso como no seco. O enxofre demonstrou influência na variação da DIVMS e na proporção de Nsol e de NnP somente no período chuvoso. O método de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS) apresentou resultados satisfatórios para a estimativa da concentração de PB, dos teores de FDN e de FDA e da DIVMS para o capim-Braquiária.

Palavras-chave: Adubação; *Brachiaria decumbens*; Composição bromatológica; Pastagem degradada; Produção forrageira

ABSTRACT

Productive characteristics and nutritive value in an year of Signalgrass recovery with applications of nitrogen and sulphur

Soil fertility improve is very important for degraded pasture recovery, and the supply of both nitrogen and sulphur in one option for that, when anyone take into consideration the relationship between these nutrients. The objective was to study the effects of combinations between nitrogen rates and sulphur rates for the recovery of a Signalgrass (*Brachiaria decumbens*) pasture, evaluating variables related to forage yield and nutritive value during the wet and dry seasons in an agricultural year. The experiment was carried out in a farm at the Piracicaba country, State of São Paulo, in a degraded pasture of Signalgrass. Five nitrogen rates (0, 150, 300, 450 and 600 kg ha⁻¹ year⁻¹) and five sulphur rates (0, 15, 30, 45 and 60 kg ha⁻¹ year⁻¹) were combined in a 5x5 fractionated factorial, in a randomized block design, with three replications. Nitrogen was supplied as ammonium nitrate and sulphur as gypsum, and the fertilizations were split into three applications during the wet season (Nov.17.2005; Dec.23.2005 and Jan.28.2006). Field evaluations were done at 35-days intervals during the wet season (from Dec.21.2005 to May.10.2006), in a number of five evaluations, and at 56-days intervals during the dry season (July.05.2006 to Oct.25.2006), with three evaluations. Plants were harvested in a 0,25 m² area, in a 5 cm height from the soil surface for leaf area and leaf lamina:culm plus sheath ratio, and in a 10 cm heigth for forage yield and nutritive value determinations. The results showed that the nitrogen and sulphur rates changed forage yield, leaf lamina:culm plus sheath and soluble nitrogen (Nsol) and non-proteic nitrogen (NnP) in evaluations near the time of the last fertilizations with nitrogen and sulphur, and also changed crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) concentrations in the first evaluation of the dry season. Nitrogen was the most influencing nutrient for the analysed variables of Signalgrass, in the first year of pasture recovery, resulting in changes in forage yield, leaf area, leaf lamina:culm plus sheath ratio, CP, NDF and ADF concentrations, “*in vitro*” digestibility of dry mass (IVDDM) and both Nsol and NnP proportions, in the wet and dry seasons. Sulphur affected IVDDM and both Nsol and NnP proportions during the wet season. The near infrared spectroscopy (NIRS) showed good results for the estimation of CP, NDF and ADF concentrations and IVDDM in Signalgrass.

Keywords: *Brachiaria decumbens*; Bromatological composition; Degraded pasture; Fertilization; Forage yield

1 INTRODUÇÃO

As plantas forrageiras têm grande importância para a produção animal em todo o Brasil. O gênero *Brachiaria* possui papel relevante nas pastagens brasileiras, principalmente com relação à produção de bovinos de corte, e sua participação no sistema pecuário teve grande incremento nos 20 anos mais recentes. A espécie *Brachiaria decumbens* (capim-Braquiária) participa em alta porcentagem nas pastagens brasileiras, pois possui boa adaptação a variados tipos de solo e condições climáticas, chegando a ter produções de massa seca satisfatórias em condições de seca ou em solos com baixa fertilidade, condições estas encontradas em diversas regiões em todo o território nacional.

A tradição extrativista dos pecuaristas brasileiros tem resultado em maior degradação dessas pastagens, mesmo no caso de plantas mais tolerantes, como no caso do capim-Braquiária. Essa degradação, por sua vez, tem proporcionado alteração significativa na composição morfogênica das plantas ao longo do tempo, o que ocasiona diminuição da produtividade e queda no valor nutritivo dessas pastagens. Os principais fatores relacionados com a degradação das pastagens são o manejo inadequado e o declínio da fertilidade natural dos solos, ocasionado pela não reposição de nutrientes necessários no sistema. Desse modo, torna-se necessário buscar alternativas de recuperação de pastagens degradadas, enfatizando a importância da adubação nesse contexto.

Para a formação, manutenção e recuperação direta da pastagem, a adubação tem sido indispensável, tendo o nitrogênio papel relevante nos casos de pastagens exclusivas de gramíneas forrageiras. A adequação da necessidade de enxofre nem sempre é avaliada, levando em consideração situações tanto de pesquisa como de produções comerciais, tornando dessa forma, fator limitante na produção das pastagens.

O nitrogênio, assim como o enxofre, é de importância tanto para a produtividade quanto para o valor nutritivo das plantas forrageiras, pela participação ativa no metabolismo vegetal, fazendo parte da síntese de compostos orgânicos (como as proteínas).

Pela relevante participação da *Brachiaria decumbens* nas pastagens brasileiras, e devido à alta porcentagem de áreas degradadas dessa espécie de planta forrageira, torna-se imprescindível o estudo da recuperação dessas pastagens envolvendo a utilização de adubações de nitrogênio e de enxofre, contribuindo de forma positiva na produtividade e no valor nutritivo das mesmas.

Nesse contexto, tem-se a hipótese de que a utilização de doses de nitrogênio e de enxofre contribui para a melhoria nos aspectos produtivos e nas características nutricionais da planta forrageira em recuperação. Assim, objetivou-se estudar a influência das combinações de doses de nitrogênio e de enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária, avaliando-se aspectos relacionados à produção e ao valor nutritivo desse capim, nos períodos chuvoso e seco de um ano agrícola. Objetivou-se também, desenvolver curvas de calibração do NIRS para estimativa da composição química-bromatológica do capim-Braquiária.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Recuperação de pastagens degradadas

A área de pastagens cultivadas no Brasil corresponde a aproximadamente 100 milhões de hectares (ZIMMER et al., 2002) e, segundo Macedo (2004) aumentaram consideravelmente nas três décadas mais recentes.

Geralmente os solos mais férteis vêm sendo ocupados com a agricultura de exportação e, em menores áreas, com culturas de subsistência. As pastagens acabam ocupando áreas mais acidentadas (com alto declive) e/ou com uma ou mais das limitações de solo em fertilidade muito baixa, má drenagem, pedregosidade, entre outras (SOARES; MACEDO, 1991).

As pastagens brasileiras são manejadas de forma que se tornam pouco duradouras. Algumas práticas adotadas historicamente na pecuária nacional, como a reforma periódica das pastagens, a troca sucessiva por espécies de menor exigência em fertilidade do solo, a insistência em não adotar correção e fertilização e a degradação dessas pastagens são justificadas pela dificuldade do setor produtivo em entender e aceitar o conceito de que as pastagens tropicais, quando fertilizadas e manejadas adequadamente, são perenes (OLIVEIRA, 2007).

A degradação da pastagem pode ser caracterizada pela intensa diminuição da vegetação da área, provocada pela degradação do solo, que, por diversas razões de fertilidade, de natureza química (perda de nutrientes e acidificação), física (erosão e compactação) ou biológica (queda no teor de matéria orgânica), perde a capacidade de sustentar produção vegetal significativa (DIAS-FILHO, 2005). Assim, a planta forrageira de interesse vai sendo excluída da pastagem e acaba sendo substituída por outras plantas de baixo valor forrageiro (SOARES FILHO, 1993).

Desse modo, pastagem degradada poderia ser definida como área com acentuada diminuição da produtividade agrícola (diminuição acentuada da capacidade ideal de suporte) que seria esperada para aquela área, podendo ou não ter perdido a capacidade de manter a produtividade do ponto de vista biológico (DIAS-FILHO, 2005).

A degradação das pastagens não é um fenômeno restrito ou localizado, mas uma realidade em grande parte da área de pastagens do mundo (SOUZA NETO; PEDREIRA, 2004). Cerca de 20% das áreas de pastagens no mundo apresentam grau de degradação de 25 a 50% e 4,1% das áreas de pastagens do mundo apresentam degradação de mais de 50% de sua área (SBRISSIA; SILVA, 2001).

Dentre os desequilíbrios ambientais da atualidade, a degradação das áreas agricultáveis é um dos aspectos mais importantes, porque provoca a compactação, a falta de aeração dos solos, diminuindo a infiltração de água e aumentando a possibilidade de emissão de gases de efeito estufa, além de o solo descoberto favorecer o aumento da amplitude térmica, que acelera ainda mais o processo de degradação (PRIMAVESI, 2007).

Dentre as práticas de manejo para a recuperação de pastagens degradadas, a melhoria da fertilidade do solo é de extrema importância. Quando se recupera o pasto, utilizando fertilização do solo e manejo das plantas, o aumento da cobertura do solo pelas plantas forrageiras ocorre, em sua maior parte, pelo perfilhamento das plantas já existentes, e não por meio de plântulas novas oriundas de sementeiras, sendo desnecessária a prática de promover longos períodos de descanso para favorecer o florescimento e a produção de sementes (OLIVEIRA, 2007).

Com relação à fertilidade do solo, a deficiência de nitrogênio é uma das principais causas de degradação de pastagens cultivadas, não podendo ser desconsiderado que em uma dada condição de pastagem, qualquer nutriente pode ser limitante, mas tem sido mais freqüente a limitação por nitrogênio e enxofre (SOARES FILHO, 1993). O enxofre tem grande importância, pois as plantas forrageiras em geral mostram-se exigentes nesse nutriente, principalmente quando o suprimento de nitrogênio é elevado (WERNER, 1986). Dessa forma, o fornecimento de nitrogênio junto com o enxofre passa a ser uma alternativa para a recuperação de áreas de pastagens degradadas, tendo em vista a forte relação entre esses nutrientes (MATTOS; MONTEIRO, 2003).

2.2 *Brachiaria decumbens* (capim-Braquiária)

Espécies de gramíneas dos gêneros *Brachiaria*, *Andropogon* e *Panicum*, trazidas do continente africano, foram plantadas no Brasil em larga escala nas três décadas mais recentes. Algumas espécies de *Brachiaria*, como a *Brachiaria decumbens* e a *Brachiaria humidicola* juntamente com o *Andropogon gayanus* e outras espécies de forrageiras são classificadas segundo o seu grau de exigência de fertilidade de solo, como pouco exigentes (SOARES; MACEDO, 1991). Existem graus diferenciados de adaptação das plantas às condições adversas do solo ou exigências quanto à fertilidade do solo entre as espécies e dentro delas. Devido a esses fatores, uma imensa monocultura de *Brachiaria decumbens* foi estabelecida no Brasil a partir de 1970 (SOARES; MACEDO, 1991).

A *Brachiaria decumbens* é originária da região dos grandes lagos, na Uganda, África, sendo que no Brasil existem dois cultivares. O primeiro conhecido como cultivar IPEAN, introduzido pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte, em Belém, no Estado do Pará, em 1952, que se caracteriza por crescimento mais decumbente, com raízes nos nós e folhas muito pilosas. O segundo é proveniente da Austrália, porém de origem africana, e teve seu desenvolvimento inicial no Estado de São Paulo, sendo robusto, de crescimento semi-ereto, com folhas menos pilosas e conhecido como cultivar Basilisk ou Australiana (ALCÂNTARA, 1987).

O cultivar Basilisk apresenta boa cobertura do solo, além de ter alta resistência ao pisoteio. Vegeta bem em solos argilosos ou arenosos, desenvolve em solos de baixa a média fertilidade, tem alta resistência à seca, não apresenta resistência ao ataque de cigarrinhas e não tolera o encharcamento. Possui desenvolvimento satisfatório no verão, porém, por ser muito sensível ao frio, sua produção é muito prejudicada pela ocorrência de geadas. A produção potencial pode atingir até 11 toneladas de massa seca por hectare por ano, podendo ser propagada por mudas (estolões) ou sementes (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1988; ALCÂNTARA et al., 1993; SOARES FILHO, 1994).

Pesquisas demonstram que 20% do total de áreas de pastagens no Brasil são ocupados pelo gênero *Brachiaria*, porém em degradação. Segundo Soares Filho et al. (1992), a maior parte das pastagens de capim-Braquiária no Estado de São Paulo encontra-se em estado de degradação, e apesar dessa ser uma planta tolerante à baixa fertilidade do solo, essa degradação é consequência do esgotamento da fertilidade e do manejo inadequado do solo.

2.3 Nitrogênio nas plantas forrageiras

O nitrogênio não é um componente da rocha matriz, a qual é a grande fonte da maioria dos nutrientes minerais (MALAVOLTA, 1980). Segundo Raij (1991), apesar de ser um dos elementos mais difundidos na natureza, o nitrogênio praticamente não aparece nas rochas que dão origem aos solos, mas está em 78% em volume do ar atmosférico, que é a fonte primária desse nutriente.

A fonte natural de nitrogênio no solo é a matéria orgânica, que não é absorvida diretamente pelas plantas e tem decomposição por ação lenta e contínua dos microorganismos. Segundo Boddey et al. (1993), é necessário verificar se essa contribuição de nitrogênio é suficiente para contrabalancear as perdas, principalmente derivadas das excreções dos animais, de forma a manter estável os teores de nitrogênio e de matéria orgânica no solo.

Monteiro e Werner (1989) mencionaram que as perdas de nitrogênio por lixiviação e volatilização podem representar as principais formas de saída do nutriente do sistema de uma pastagem exclusiva de gramínea, e vir a constituir a principal causa de degradação das pastagens, caso não haja reposição desse nutriente por meio de uma fonte externa.

Segundo Azam et al. (1985), o nitrogênio aplicado ao solo pode ser absorvido pela planta, perdido do sistema solo-planta ou permanecer no solo. Em geral, 50% do nitrogênio fertilizante aplicado ao solo é absorvido pelas plantas, 25% é perdido do sistema solo-planta e 25% permanece no solo.

O nitrogênio é o macronutriente exigido pelas plantas em maior quantidade. Geralmente sua concentração na massa seca está entre de 10 e 40 g kg⁻¹ nos tecidos vegetais, sendo componente de muitos compostos essenciais aos processos de crescimento vegetal, como os aminoácidos e as proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A redistribuição desse nutriente na planta é facilmente conduzida, via floema e, conseqüentemente, as plantas deficientes em nitrogênio apresentam sintomas primeiramente nas folhas velhas (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Segundo Monteiro e Werner (1977) e Werner (1986), o aumento na produção de forragem depende da adequada disponibilidade de nutrientes, dentre os quais se destaca a de nitrogênio. A adubação nitrogenada estimula o crescimento mais rápido das plantas forrageiras, sendo possíveis colheitas mais freqüentes de forragem mais digestível (RIBEIRO, 1995).

O nitrogênio é o principal nutriente para a manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, sendo o principal constituinte das proteínas que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos constituintes da estrutura vegetal e, portanto, responsável por características ligadas ao porte da planta, tais como o tamanho das folhas, tamanho do colmo e aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos (WERNER, 1986). Também é o grande responsável pela alteração nas características nutricionais das gramíneas forrageiras e o seu efeito tem mostrado ser dependente do enxofre, pela relação entre esses nutrientes no metabolismo vegetal (MARSCHNER, 1995). A planta forrageira com deficiência de nitrogênio responde pouco ao enxofre, porém em alta disponibilidade de nitrogênio é maior a exigência por enxofre, uma vez que é importante no metabolismo do nitrogênio e na síntese de proteína (WERNER; MONTEIRO, 1988).

Segundo Novoa e Loomis (1981), a eficiência na utilização do nitrogênio está diretamente relacionada com o metabolismo e a partição do carbono, considerando-se a planta como um todo. Esses autores enfatizaram que o nitrogênio deve ser visto como um elemento chave devido à sua participação em compostos como proteínas e ácidos nucléicos, os quais atuam diretamente na garantia da perpetuação da espécie. Cerca de 80 a 90% do nitrogênio encontrado nas plantas corresponde somente ao nitrogênio presente na forma de proteínas.

Harding e Grof (1978), estudando doses de nitrogênio em *Brachiaria decumbens*, constataram que a dose anual de nitrogênio de 365 kg ha⁻¹ atendeu a planta quanto à produção de forragem e aproveitamento do nitrogênio. Em pastagem estabelecida há mais de cinco anos, Sanzonowicz (1986) relatou que o nitrogênio foi o nutriente que mais limitou a produção de *Brachiaria ruzizienses* e *Brachiaria decumbens*. Resultados positivos quanto ao perfilhamento do capim-braquiária também foram encontrados por Santos (1997), Ferragine (1998) e Mattos (2001).

As respostas do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*) à aplicação ou não de nitrogênio foram estudadas por Monteiro et al. (1995), que relataram expressiva limitação para o crescimento das plantas e, conseqüentemente, na produção de massa seca da parte aérea.

As limitações nutricionais da *Brachiaria decumbens* foram estudadas em casa de vegetação por Ferrari Neto (1991), que constatou serem os elementos mais limitantes para a produção de massa seca, em ordem decrescente, nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre. Nesse sentido também, Faquin et al. (1995), pesquisando as limitações nutricionais para gramíneas forrageiras, observaram que na *Brachiaria brizantha* e no *Andropogon gayanus* os tratamentos que mais limitaram o crescimento das plantas foram os de não fornecimento nitrogênio, fósforo e potássio.

Ferragine e Monteiro (1999), estudando as combinações de doses de nitrogênio e potássio na nutrição mineral do capim-Braquiária, observaram ser a dose de nitrogênio de 434 mg L⁻¹ a responsável pela maior produção de massa seca da parte aérea, aos 43 dias após o transplante.

Santos Júnior e Monteiro (2003), avaliando a nutrição em nitrogênio do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio e idades de crescimento, constataram interação significativa para estes fatores, identificando as doses de nitrogênio de 257 e 304 mg L⁻¹ na solução como as necessárias para a máxima produção de massa seca.

Santos (1997), trabalhando com o capim-Braquiária, testou oito doses de nitrogênio (0; 14; 42; 126; 210; 294; 378 e 462 mg L⁻¹) e observou que as doses de nitrogênio proporcionaram aumentos na produção de massa seca da parte aérea, das raízes e no número de perfilhos da gramínea.

Bonfim-da-Silva (2005), estudando a utilização de doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300, 400 mg dm⁻³), na forma de nitrato de amônio, e de enxofre (0, 10, 20, 30 e 40 mg dm⁻³), na forma de sulfato de cálcio, na recuperação de pastagem de capim-Braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica, verificou respostas significativas às doses de nitrogênio nas ocasiões do segundo e do terceiro cortes, sendo as doses de nitrogênio de 366 e 288 mg dm⁻³ responsáveis pelas máximas produções de massa seca do capim-Braquiária, respectivamente.

As folhas são as partes de primeira oferta aos herbívoros e sua composição química torna-se primordial para a determinação do seu valor nutritivo (BLASER et al., 1986). Um dos parâmetros utilizados para avaliar o valor nutritivo das plantas é a concentração de proteína bruta no tecido vegetal (BLASER et al., 1986).

O nitrogênio aplicado às plantas eleva a concentração de proteína na massa seca. O aumento do fornecimento de nitrogênio na forma de adubo reduz os teores de carboidratos solúveis. Grandes acúmulos de produtos nitrogenados e proteínas causam diluição da fração de parede celular, incrementando a digestibilidade. Qualquer incremento em componentes nitrogenados requer diminuição compensatória em componentes não-nitrogenados, especialmente carboidratos solúveis, e mudança na digestibilidade depende do balanço de fatores compensatórios (VAN SOEST, 1994).

Fernandes e Rossiello (1985) observaram, em *Brachiaria decumbens*, que doses de nitrogênio de 0 a 40 kg ha⁻¹ resultaram em baixa concentração de nitrogênio na parte aérea, correspondentes a 7,8 e 9,0 g kg⁻¹, respectivamente. Botrel et al. (1990) verificaram que a concentração de proteína bruta na massa seca em todos os acessos estudados de *Brachiaria* aumentou em função do nitrogênio aplicado, tanto no período da seca quanto no período das águas.

Ao avaliar a composição químico-bromatológica do capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana), Cecato et al. (1994) detectaram que as plantas adubadas apresentaram concentração de proteína bruta maiores que as não adubadas. Nos períodos de maior crescimento, as plantas

adubadas com nitrogênio apresentaram incremento na fibra em detergente ácido e na proteína bruta, e redução na digestibilidade “*in vitro*” da massa seca em relação aquelas não-adubadas.

Barros et al. (2002), avaliando o rendimento e composição química do capim-Tanzânia (*Panicum maximum*) estabelecido com milheto (*Pennisetum americanum*) sob três doses de nitrogênio, visualizaram incrementos lineares nas concentrações de proteína bruta e fibra em detergente ácido, sem influenciar significativamente as concentrações de fibra em detergente neutro.

A utilização da adubação nitrogenada pode promover aumentos na produção de forragem por aumentar a taxa fotossintética. Andrade et al. (2000) registraram aumentos lineares nos teores e rendimento de proteína bruta do capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier), em relação às doses de nitrogênio.

De acordo com Colozza (1998), diversos estudos têm demonstrado aumentos significativos na produção de massa seca e valor nutritivo de *Panicum maximum* com o suprimento de nitrogênio e, apesar de na maioria desses experimentos ter havido respostas lineares ao nitrogênio, a magnitude dessas respostas têm sido variadas. Assim, concluiu que há necessidade de estudar doses de nitrogênio, como também a frequência do seu suprimento.

Cox et al. (1993) testaram doses de nitrogênio nas concentrações de proteína bruta, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro e digestibilidade “*in vitro*” da massa seca do milho (*Zea mays*) e constataram que houve resposta linear em função da dose aplicada, com queda das concentrações de fibra e aumento da digestibilidade e das concentrações de proteína bruta. Segundo Buxton e Fales (1994), o aumento da digestibilidade em virtude da fertilização pode estar associada às baixas concentrações de nitrogênio normalmente encontradas em gramíneas C4, que limitam o desenvolvimento microbiano no rúmen. A adubação nitrogenada, também pode alterar a relação lâmina foliar:colmo mais bainha, contribuindo para a elevação da digestibilidade.

2.4 Enxofre nas plantas forrageiras

A matéria orgânica, na maioria dos solos cultivados, é a principal fonte de enxofre. Entretanto, o teor de enxofre total no solo é baixo em relação a outros componentes do ciclo do enxofre na biosfera (TRUDINGER, 1975). Dessa forma, o teor de enxofre total no solo indica as reservas do elemento que podem ser convertidas na forma de sulfato por ação química ou bacteriana e o teor de enxofre nos solos cultivados pode variar de valores próximos a 0 até ao

redor de $0,6 \text{ g dm}^{-3}$, enquanto que em solos orgânicos pode estar próximo de 5 g dm^{-3} e em muitos solos esse teor varia entre 0,1 e $0,5 \text{ g dm}^{-3}$ (BEATON et al., 1968).

Bettany et al. (1973), estudando os teores de enxofre no solo, bem como a relação carbono: nitrogênio: enxofre em pastagem, floresta e associações de solos em amostras de solo coletadas na profundidade de 0-15 cm, relataram que o teor total de enxofre nos solos variou de 88 a 760 mg dm^{-3} e descreveram que o teor de enxofre está altamente correlacionado com o carbono e o nitrogênio orgânico, sendo que a mineralização de sulfato (SO_4^{2-}) da matéria orgânica é bastante afetada pela relação C:N:S que é indicada como sendo da ordem de 100:10:1 (RAIJ, 1991).

A mineralização de compostos orgânicos contendo enxofre é fundamental para o fornecimento de enxofre inorgânico (SO_4^{2-}), principal forma em que esse nutriente é absorvido pelas plantas. No entanto, nem todo enxofre mineralizado é aproveitado pelas plantas, devido à ocorrência de perdas, principalmente por lixiviação (CANTARELLA et al., 1992). Em condições tropicais e subtropicais o sulfato pode estar presente em quantidades apreciáveis nas plantas. Entretanto, nessas condições os solos de textura arenosa apresentam teores muito baixos de matéria orgânica que é oxidada rapidamente, liberando sulfato (PASRICHA; FOX, 1993).

O enxofre nas plantas participa da formação de substâncias determinantes da qualidade do produto, desempenhando funções vitais, sobretudo no metabolismo das albuminas, nas reações enzimáticas e é constituinte dos aminoácidos essenciais cistina, cisteína e metionina. Também está ligado às vitaminas biotina e tiamina (MALAVOLTA, 1980). O enxofre também é componente da acetil-CoA, composto central no ciclo de Krebs, influenciando, portanto, todo o metabolismo de gorduras e carboidratos. Esse elemento atua na ativação de enzimas proteolíticas, e faz parte das ferredoxinas, complexos enzimáticos envolvidos na fotossíntese e na fixação do N_2 . Os grupos sulfidrilos (-SH) do tecido vegetal parecem contribuir para maior resistência da planta ao frio e à seca (BISSANI; TEDESCO, 1988).

O enxofre está intimamente ligado ao metabolismo do nitrogênio, convertendo-o de nitrogênio não protéico em proteína, quer o absorvido do solo, quer o fixado da atmosfera via o sistema simbiótico, sendo inclusive a relação N:S do vegetal utilizada para avaliar o seu estado nutricional (WERNER; MONTEIRO, 1988).

O incremento na utilização de adubos concentrados no sistema agropecuário em geral vem reduzindo significativamente a adição de enxofre em áreas de cultivo, com efeitos mais agravantes em solos de textura mais arenosa e com baixo teor de matéria orgânica, situados em

áreas de alta incidência pluvial e, em condições de baixa disponibilidade desse nutriente, verifica-se limitação na produção de massa seca de forrageiras (SANTOS; MONTEIRO, 1999).

Capins sendo adubados periodicamente com os demais nutrientes (em particular, nitrogênio e fósforo) e estando em solos com baixo teor de matéria orgânica, têm revelado necessidade acentuada de receber enxofre na adubação. O retardamento no florescimento, bem como redução no número de inflorescências e de sementes, tem sido detectado com a deficiência de enxofre em plantas forrageiras (MONTEIRO et al., 2004).

Em estudos desenvolvidos pelo CIAT (1978) constatou-se que, entre as gramíneas avaliadas quanto à influência do enxofre, a *Brachiaria decumbens* foi a mais exigente. Casagrande e Souza (1982), em trabalhos para avaliar a resposta de gramíneas forrageiras a quatro doses de enxofre (0; 15; 30 e 60 kg ha⁻¹) em três solos (Areia Quartzosa, Latossolo Vermelho Escuro eutrófico fase cerrado, Latossolo Vermelho Escuro distrófico fase cerrado), após três cortes, observaram que as plantas forrageiras responderam significativamente até 30 kg ha⁻¹, sendo a *Brachiaria decumbens* e o *Melinis minutiflora* as espécies que mais responderam ao enxofre, em aumento da produção de massa seca.

Ferrari Neto (1991) constatou que, em condições de não aplicação de enxofre, os capins Braquiária e Colonião apresentaram reduções de 30 a 41% na produção de massa seca da parte aérea. Santos (1997) também relatou limitação na produção de massa seca do capim-Braquiária em condições de baixa disponibilidade de enxofre.

Hoffmann (1992), estudando a nutrição e o crescimento do capim-Braquiária sob influência das aplicações de doses de nitrogênio e de enxofre em Latossolo da região noroeste do Estado do Paraná, obteve no segundo corte a máxima produção de massa seca nas doses isoladas de nitrogênio e de enxofre de 437 e 76 m kg⁻¹, respectivamente.

Cunha et al. (2001), testando os efeitos das doses de nitrogênio (50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹) e de enxofre (0; 10; 20; 30; 40 e 50 kg ha⁻¹) nas formas de uréia e sulfato de amônio na produção e qualidade da forragem de campo natural de Planossolo no Rio Grande do Sul, concluíram que a pastagem respondeu positivamente em termos de produtividade de massa seca, quando adubado com nitrogênio ou enxofre, no início da primavera. Ressaltaram também que a produtividade de massa seca atingiu o máximo na dose de enxofre de 33,4 kg ha⁻¹.

A deficiência de enxofre promove redução no tamanho e no número de células foliares, o que resulta em diminuição da área foliar (MARSCHNER, 1995). Mattos (2001), estudando a área

foliar mediante a aplicação de nitrogênio e enxofre, em pastagem degradada de capim-Braquiária, encontrou no primeiro crescimento efeito significativo para as doses de nitrogênio (50, 100 e 200 mg dm⁻³) dentro das doses de enxofre de 30 e 60 mg dm⁻³. Os pontos de máxima área foliar total dessa gramínea forrageira ocorreram com as doses de nitrogênio de 122, 125 e 220 mg dm⁻³ para as doses de enxofre de 0, 30 e 60 mg dm⁻³, respectivamente. No segundo crescimento verificou efeito significativo na área foliar para as doses de nitrogênio, porém não para as doses de enxofre. No terceiro crescimento observou efeito significativo do nitrogênio dentro das doses de enxofre, segundo modelo linear nas doses de enxofre de 0 e 60 mg dm⁻³ e quadrático na dose de enxofre de 30 mg dm⁻³.

A aplicação de nitrogênio e de enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária em degradação em solo com expressiva matéria orgânica foi estudada por Bonfim-da-Silva (2005), que relatou interação significativa doses de nitrogênio x doses de enxofre na ocasião do primeiro e segundo cortes para a área foliar. No primeiro corte, constatou que a máxima área foliar ocorreu na dose de nitrogênio de 368 mg dm⁻³ associada à dose de enxofre de 35 mg dm⁻³. No segundo corte as doses de nitrogênio e de enxofre responsáveis pela máxima área foliar do capim-Braquiária foram de 328 e 45 mg dm⁻³, respectivamente.

Respostas significativas na produção de massa seca da *Brachiaria decumbens* cultivada em vasos com Latossolo Vermelho Escuro, devido à aplicação de doses de enxofre, foram observadas por Faquin et al. (1995).

Monteiro e Ono (1995) observaram incrementos significativos na produção de massa seca da parte aérea e das raízes da *Brachiaria brizantha* em consequência do suprimento de doses de enxofre em solução nutritiva.

Num estudo para avaliar respostas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk à adição de doses de nitrogênio e de enxofre, Santos (1997) verificou que o aumento das doses de enxofre proporcionou aumentos na produção de massa seca da parte aérea e de raízes da planta forrageira. O número de perfilhos não sofreu influência das doses de enxofre no primeiro crescimento, mas foi incrementado no segundo crescimento para as doses de 64 e 80 mg L⁻¹ de enxofre na solução nutritiva. Apesar dessas doses não diferirem entre si, apresentaram um número de perfilhos superior às doses baixas de enxofre.

Em levantamento da composição mineral de forrageiras do Estado de São Paulo, Gallo et al. (1974) observaram que de 249 amostras (sendo 122 de gramíneas e 127 de leguminosas), 33%

das espécies analisadas apresentavam concentração de enxofre abaixo de 1 g kg^{-1} , considerado pelo NRC (2001) como nível crítico para manutenção dos bovinos, e 52% das gramíneas continham concentrações menores que 1 g kg^{-1} , o que demonstra a necessidade de correção da deficiência de enxofre nessas pastagens, a fim de que se elevem as concentrações de enxofre na forragem.

2.5 Relação nitrogênio: enxofre

Devido a participação conjunta do nitrogênio e do enxofre em diversos processos metabólicos, a relação nitrogênio:enxofre no tecido vegetal tem sido usada como índice para determinar a probabilidade de resposta de produção à aplicação de nitrogênio e à fertilização com enxofre (MARSCHNER, 1995).

Na pastagem, a quantidade de enxofre requerida para o crescimento e para as atividades metabólicas das gramíneas é consideravelmente menor que a demanda de nitrogênio e a carência de enxofre não tem sido relatada tão freqüentemente quanto a de nitrogênio, porém em alta disponibilidade de nitrogênio a exigência por enxofre é maior, devido à importância desse nutriente no metabolismo do nitrogênio e na síntese de proteína, portanto, o suprimento de enxofre pode estar sendo inadequado para as gramíneas que crescem em altas doses de nitrogênio (DIJKSHOORN; LAMPE, 1960).

Segundo Santos (1997), a importância do equilíbrio entre a quantidade de nitrogênio e de enxofre no solo e na planta é refletida no crescimento e no estado nutricional do vegetal. A adição de doses mais elevadas de um desses nutrientes no sistema de produção pode induzir à menor disponibilidade do outro nutriente para a planta. Em condições de deficiência desses elementos, pode ocorrer menor teor de aminoácidos, diminuição na síntese de proteínas e aumentos na relação N solúvel: N protéico (MARSCHNER, 1995).

Werner e Monteiro (1988) ressaltaram que pastagens exclusivas de gramíneas não adubadas com nitrogênio e fósforo mostram pouca ou nenhuma resposta ao enxofre. A concentração do enxofre na planta acima da requerida para a síntese de proteínas resulta em acúmulo do enxofre no tecido vegetal, especialmente na forma de sulfato. Conseqüentemente, o equilíbrio entre as quantidades de nitrogênio e de enxofre no solo e na planta é refletido no crescimento e no estado nutricional do vegetal (SANTOS, 1997). Quando a concentração de nitrogênio nas folhas é baixa, as plantas não metabolizam nutrientes eficientemente e dessa forma não fazem o uso eficiente do enxofre presente, e portanto, não crescem (CONLEY et al., 2002).

Werner e Monteiro (1988), por meio de vários trabalhos sobre a resposta das pastagens à aplicação de enxofre, demonstraram que a relação N:S nas plantas forrageiras pode variar de 12:1 a 19:1, dependendo da espécie e do suprimento de enxofre. Segundo Monteiro e Carriel (1987), quando a planta atinge a maturidade, a relação N:S tende a se estabilizar ao redor de 14:1 nas gramíneas, sendo que a relação N:S de 20:1, ou mais larga, revela deficiência de enxofre. Essa deficiência interfere no aproveitamento de nitrogênio, restringindo o crescimento da planta, devido ao fato de que uma das principais funções do enxofre está relacionada à conversão do nitrogênio não-protéico em protéico (MARSCHNER, 1995).

As respostas do capim-Marandu a combinações de doses de nitrogênio e enxofre em solução nutritiva foram estudadas por Batista (2002). Relatou que a aplicação de baixa dose de nitrogênio proporcionou crescimento reduzido e estreita relação N:S (2,8:1) nas lâminas de folhas recém-expandidas da forrageira, enquanto alta dose de nitrogênio em presença de baixa dose de enxofre resultou em deficiência de enxofre concomitantemente à larga relação N:S (37,2:1) naquelas lâminas foliares.

Monteiro e Carriel (1987), em trabalhos realizados com capim-Colonião em dois solos arenosos do Estado de São Paulo, observaram que a aplicação de enxofre de 40 kg ha⁻¹ num solo Podzólico Vermelho-Amarelo resultou na relação N:S de 13,7:1.

Tamassia et al. (1999) estudaram três doses de nitrogênio (42; 210 e 378 mg L⁻¹) e de enxofre (3,2; 48 e 80 mg L⁻¹) no estabelecimento do capim-Tanzânia e observaram que a combinação da dose de nitrogênio de 378 mg L⁻¹ com a dose de enxofre de 48 mg L⁻¹ (relação N:S de 7,9:1) resultou em maior produção de massa seca no primeiro corte.

Bonfim-da-Silva (2005), utilizando a combinação de doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm⁻³) e de enxofre (0, 10, 20, 30 e 40 mg dm⁻³) na recuperação de pastagem de capim-Braquiária, verificou baixa relação N:S na ausência de aplicação de nitrogênio, indicando maior deficiência de nitrogênio do que de enxofre.

Ruminantes alimentados com dietas com baixa concentração de proteína, ou com baixas concentrações de enxofre e larga relação N:S podem sofrer deficiência de enxofre (SJEBERT; VIJCHULATA, 1983). Segundo esses autores, forragens com baixa concentração de proteína são usualmente pobres em valor nutritivo, isto é, são freqüentemente tão fibrosas e de digestibilidade tão baixa que os animais são capazes de consumi-las apenas em quantidades limitadas.

2.6 Área foliar

Segundo Taiz e Zeiger (2004), o crescimento de um vegetal inicia-se com a germinação da semente, emergência da plântula e formação das primeiras folhas sobre o perfilho principal. A continuação do processo de formação e aparecimento de perfilhos primários e secundários caracteriza a fase linear de crescimento, de rápidos aumentos de massa, altura e área foliar. A última fase do crescimento da planta é alcançada quando a formação de novos tecidos é compensada pela senescência e morte de partes mais velhas.

As plantas forrageiras são extremamente bem adaptadas às condições de desfolha, pois possuem mecanismo de formação contínua de tecidos após a remoção das folhas, sendo esse mecanismo verificado até antes do estágio de florescimento ser alcançado. Durante a fase vegetativa as regiões de crescimento (zonas meristemáticas) estão localizadas na base das plantas, além do alcance da boca dos animais e do corte por máquinas. Caso alguns meristemas sejam removidos pela desfolha, eles são prontamente substituídos por novos perfilhos. Poucas plantas possuem um mecanismo eficiente de recuperação do crescimento e por isso não é de se admirar que as gramíneas tenham assumido a posição de importantes plantas forrageiras (LANGER, 1979).

A área foliar é um importante parâmetro para a análise de crescimento e desenvolvimento das plantas. Quanto maior a área foliar, maior será a superfície de exposição das folhas e, dentro de limites, maior a capacidade fotossintética da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Segundo Nabinger (1997), entre os fatores limitantes ao índice de área foliar (IAF), a deficiência de água e de nitrogênio são os mais comuns, e ambos diminuem progressivamente a taxa fotossintética das folhas, a eficiência de conversão, a interceptação de luz, a produção da energia luminosa, e consequentemente a área foliar do vegetal.

O nitrogênio promove alterações na morfologia das plantas, e em condições de alto suprimento de nitrogênio ocorre aumento na área foliar e como consequência amplia a curvatura das folhas em efeito que interfere na interceptação de luz (MARSCHNER, 1995).

De acordo com Gastal e Nelson (1994), o efeito do nitrogênio decorre do maior acúmulo desse nutriente na zona de alongamento da folha, mais precisamente na região de divisão celular. Esses autores verificaram alta correlação entre a quantidade de nitrogênio contida nessa região e a taxa de expansão foliar. Segundo Mazzanti e Lemaire (1994), a deficiência de nitrogênio reduz

ligeiramente a duração de vida das folhas, sendo que a taxa de senescência aumenta devido ao efeito do nitrogênio na taxa de aparecimento e no tamanho da folha.

Santos Junior e Monteiro (2003), analisando a dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio, observaram que a área foliar foi significativamente aumentada pelo incremento nas doses de nitrogênio.

Os componentes de produção e morfogênese do capim-Aruana em resposta ao nitrogênio foram estudados por Lavres Junior et al. (2004). Relataram que as doses de nitrogênio promoveram incrementos na área foliar do capim, por ocasião de dois cortes.

Pearse e Wilman (1984) constataram que a taxa de expansão foliar de azevém (*Lolium perenne*) aumentou de 4,2 para 8,3 e 12,1 mm em cada perfilho e por dia, quando utilizaram doses de nitrogênio de 0; 66 e 132 kg ha⁻¹, respectivamente. Gastal et al. (1992) também ressaltaram que a disponibilidade de nitrogênio tem pronunciado efeito na taxa de alongamento das folhas por perfilho, podendo resultar em valores de três a quatro vezes menores em intensa deficiência, relativamente à condição de nutrição adequada do nutriente. Estudos de Pinto et al. (1994a), Lavres Junior (2001), Mattos (2001) e Premazzi (2001) também mostraram os efeitos significativos do nitrogênio na área foliar de gramíneas forrageiras.

Mattos e Monteiro (2003), com o intuito de recuperar o capim-Braquiária em degradação, verificaram interação significativa doses de nitrogênio x doses de enxofre para área foliar, quando demonstraram a necessidade de incremento na dose de enxofre sempre que o nitrogênio era fornecido em doses mais elevadas.

2.7 Relação lâmina foliar: colmo mais bainha

Para que haja bom desempenho animal é importante que ele alimente-se de forragem de boa qualidade, sendo que as folhas são os componentes da forragem que possuem melhor valor nutritivo, conseqüentemente, melhor qualidade. A pastagem deve ser manejada de tal forma que tenha boa rebrota, produza bom volume de forragem e que esta se constitua principalmente de folhas. Cuidado especial deve ser dado para evitar que a rebrota envelheça e a planta entoucere e produza talos (ZIMMER et al., 1995).

A relação lâmina foliar:colmo mais bainha (F:C) é uma variável de grande importância para a nutrição mineral e para o manejo das plantas forrageiras. A anatomia das partes vegetais, lâminas foliares e colmos mais bainhas, influenciam não só a produção de forragem, mas também

seu valor nutritivo. Em lâminas foliares, as células do mesófilo e as do floema são rapidamente digeridas (AKIN, 1973), as células da epiderme e da bainha parenquimática dos feixes são reconhecidas como de digestão lenta e parcial, já tecidos como esclerênquima e o xilema, que apresentam parede celular espessa e lignificada, são muito pouco digeridos. Dos tecidos do colmo, apenas o parênquima, em estágio inicial de desenvolvimento, e o floema são rapidamente digeridos, sendo o xilema, a epiderme e o esclerênquima praticamente indigestíveis (AKIN, 1989).

Alta relação folha:colmo representa forragem de elevado teor de proteína, digestibilidade e consumo, capaz de atender às exigências nutricionais dos ruminantes, garantindo maior ganho de peso ou produção de leite pelos animais (WILSON, 1982). Do mesmo modo, a alta relação folha:colmo confere à gramínea melhor adaptação ao pastejo ou tolerância ao corte, por representar um momento fenológico em que os meristemas apicais se apresentam mais próximos ao solo e, portanto, menos vulneráveis à destruição pelo corte animal ou máquina (PINTO et al., 1994b).

Diminuição da relação folha:colmo, em função da estacionalidade de produção da planta forrageira, pode ocorrer devido à redução da precipitação pluvial, da temperatura e da luminosidade nessa época, mas também pode ocorrer devido a características fisiológicas da planta, como o florescimento (Santos et al., 1999).

Otoya (1986) encontrou valores de relação folha:colmo de 1,0, na época chuvosa e de 0,6, na época seca para a *Brachiaria decumbens*, enquanto a forragem selecionada pelos animais tinha relação de 17,5 e 11,9 respectivamente, nas águas e na seca. Pode-se verificar que os animais selecionam maior quantidade de folhas na sua dieta. A relação lâmina foliar:colmo mais bainha também variou de 1,2 no início do pastejo para 0,8 no final durante as águas e de 0,7 para 0,5 na seca. Também os teores de proteína bruta e digestibilidade foram mais elevados com maiores relações lâminas foliares: colmos mais bainhas.

Cândido et al. (2005), trabalhando com *Panicum maximum* cv. Mombaça sob pastejo de lotação intermitente, verificaram maior altura e maior produção de massa seca de forragem por ciclo de pastejo, devido ao prolongamento do período de descanso, porém, com proporção crescente de colmos, acarretando acentuada diminuição da relação folha:colmo.

O nitrogênio possui grande influência na relação lâmina foliar:colmo mais bainha em gramíneas forrageiras, pois promove diversas alterações fisiológicas, como no número, tamanho,

massa e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, e alongamento do colmo, fatores estes, intrínsecos na produção de massa seca e no valor nutritivo da planta forrageira (Corsi, 1984).

O incremento na adubação, principalmente com nitrogênio, aumenta mais a produção de colmos mais bainhas que a de lâminas foliares das gramíneas forrageiras, o que resulta em decréscimo na relação lâmina foliar:colmo mais bainha. O limite crítico dessa relação é considerado igual a 1,0 e esse nível crítico considera a quantidade e a qualidade da forragem produzida (PINTO et al., 1994b; ANDRADE, 1997).

Decréscimos na relação lâmina foliar:colmo mais bainha foram observados por Bonfim-da-Silva e Monteiro (2006) no primeiro e segundo cortes do capim-Braquiária recebendo doses de nitrogênio e enxofre, e estão de acordo com os resultados apresentados por Pinto et al. (1994b) e Lavres Jr. et al. (2004), para gramíneas forrageiras.

Entretanto, segundo Martha Jr. et al. (2004), a relação folha:colmo do capim-Tanzânia aumentou linearmente, depois da adubação nitrogenada, durante a primavera, quando o pastejo foi intenso (baixo resíduo pós-pastejo).

2.8 Valor nutritivo das plantas forrageiras

O valor nutritivo é dado pela composição químico-bromatológica das plantas forrageiras, representada principalmente, pelos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e valores de digestibilidade “*in vitro*” da massa seca (DIVMS) (VAN SOEST, 1994). A associação entre valor nutritivo e consumo voluntário da forragem pelo animal em pastejo é definida como sendo a qualidade da mesma, e afeta o desempenho animal e a produtividade animal em pastagens (MINSON; WILSON, 1994).

A estimativa do valor nutritivo das plantas forrageiras é de grande importância prática, seja para fornecer subsídios para melhorar a qualidade das pastagens ofertadas aos animais ou para permitir adequada suplementação de dietas à base de volumosos.

As plantas forrageiras tropicais, como é o caso do capim-Braquiária, absorvem CO₂ do ar atmosférico via ciclo C₄. Essas plantas são caracterizadas por apresentarem altas taxas de crescimento, e com o avanço da idade fisiológica perdem valor nutritivo mais rapidamente, quando comparadas às plantas que predominam em países de clima temperado, que possuem o sistema de absorção do CO₂ pelo ciclo C₃ (VAN SOEST, 1994).

Plantas forrageiras de ciclo C4, quando crescem em condições de temperaturas mais amenas e de déficit hídrico moderado, apresentam valor nutritivo superior as de ciclo C3, uma vez que altas temperaturas acarretam aumentos na espessura da parede celular em detrimento aos componentes solúveis (VAN SOEST, 1994). Além disso, deficiências hídricas moderadas reduzem o crescimento da planta, e conseqüentemente, retardam o aparecimento de colmos mais bainhas (REIS; RODRIGUES, 1993).

A estrutura anatômica básica das gramíneas tropicais apresenta limitação adicional à digestibilidade, devido aos elevados teores de parede celular associados à anatomia tipo Kranz (WILSON et al., 1983). Embora a parede celular seja nutricionalmente importante, por apresentar frações potencialmente digestíveis, quando em elevadas concentrações na forragem, resulta em comprometimento da digestibilidade e consumo pelos ruminantes. De acordo com Wilson (1994), a digestibilidade da parede celular ou da fração fibrosa em plantas forrageiras pode variar de 30 a 60% e, dependendo do tipo de célula, de 0 a 100%. Em geral, os constituintes fibrosos são correlacionados negativamente com a digestibilidade (WILSON et al., 1983; WEISS, 1994; QUEIROZ et al., 2000).

A fibra é um dos nutrientes fundamentais para o funcionamento do rúmen. É caracterizada nutricionalmente, como carboidrato que não é digerido por enzimas dos mamíferos (CARVALHO et al., 2003). Os carboidratos que são digeridos por enzimas presentes nos organismos são a sacarose, amido e lactose, enquanto os demais são digeridos pelas enzimas da microbiota ruminal (CARVALHO et al., 2003).

Van Soest (1965) propôs a metodologia de determinação do valor nutritivo das plantas forrageiras baseado na separação das frações fibrosas, com o emprego de reagentes específicos, denominados detergentes. Por meio do detergente neutro é possível separar o conteúdo celular (parte da forragem solúvel no detergente neutro), formado, principalmente, de proteínas, gorduras, carboidratos solúveis, pectina e outros constituintes solúveis em água da parede celular (parte da forragem insolúvel em detergente neutro), também chamada de fibra em detergente neutro (FDN), que é constituída basicamente de celulose, hemicelulose, lignina, proteína danificada pelo calor e proteína da parede celular e minerais (cinzas). Dando continuidade, o mesmo autor sugeriu um detergente ácido específico, a fim de solubilizar o conteúdo celular, a hemicelulose e os minerais solúveis, além da maior parte da proteína insolúvel, obtendo-se o resíduo denominado fibra em detergente ácido (FDA), constituída, em sua quase totalidade de celulose e lignina, de proteína

danificada pelo calor e parte da proteína da parede celular e de minerais insolúveis (cinzas). A outra fração, a lignina é solubilizada por intermédio de reagentes (H_2SO_4 72%) ou pelo método do KMnO_4 (VAN SOEST, 1967).

A correlação dos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido com a digestibilidade pode estar condicionada ao grau de associação entre os teores de lignina e de fibra. Se essa associação é baixa, o conteúdo de fibra da forrageira não é bom indicador da digestibilidade (VAN SOEST, 1994; QUEIROZ et al., 2000).

O teor de fibra em detergente ácido é, freqüentemente, utilizado para estimativa da digestibilidade (WEISS, 1994). Os coeficientes de correlação entre as concentrações de fibra em detergente ácido e a digestibilidade da massa seca variam entre -0,5 e -0,95 (MINSON, 1982).

A lignina é o principal componente químico a limitar a digestibilidade de forrageiras (JUNG; ALLEN, 1995). Altas e negativas correlações têm sido obtidas entre os teores de lignina, determinados por diversas metodologias e a digestibilidade “*in vitro*” da massa seca (JUNG et al., 1997; QUEIROZ et al., 2000). Entretanto, a variação na digestibilidade não pode ser explicada somente pela concentração de lignina. Jung e Allen (1995) relataram que a composição da lignina pode diferir entre espécies, cultivares, frações da planta e tecidos, o que modifica o impacto da lignificação na digestibilidade. A maior concentração de tecido lignificado é encontrada no caule e nervura central, enquanto o limbo concentra a maior parte do tecido epidérmico e vascular não lignificado. Plantas novas possuem maior proporção de tecido parenquimático, e com a maturidade, a proporção de tecidos lignificados aumenta (BRITO et al., 1997).

As frações fibrosas e protéicas são as mais comumente analisadas, pois ocorre aumento na concentração dos constituintes da parede celular nos tecidos vegetais com o avanço da maturidade da planta. As bainhas das folhas velhas atingem maior porcentagem de fibra bruta e lignina, senescem perdendo água, tendo declínio no teor de proteína bruta. As hastes alongam-se e se tornam pouco suculentas (EUCLIDES, 1995). Concentração de proteína bruta inferior a 7,0% na massa seca de algumas gramíneas tropicais, promovem redução na digestão das mesmas, devido às inadequadas concentrações de nitrogênio para os microorganismos do rúmen (MILFORD; MINSON; 1966).

O nitrogênio, assim como o enxofre, está intimamente relacionado à síntese de proteína nas plantas forrageiras, proporcionando aumentos consistentes na concentração de proteína bruta

na massa seca das plantas, e conseqüentemente, no nível de substrato para os microorganismos do rúmen.

Andrade et al. (1996) verificaram que a adubação nitrogenada resultou em aumento de 85% na concentração de proteína bruta no capim-Marandu. Esses autores, trabalhando com *Brachiaria ruziziensis*, também verificaram aumento de 59,8% na concentração de proteína bruta na massa seca da forragem, com a elevação nas doses de nitrogênio.

Barros et al. (2002), avaliando o rendimento e composição química do capim-Tanzânia estabelecido com milho sob três doses de nitrogênio, observaram incrementos lineares nos teores de PB e FDA, sem influenciar significativamente os teores de FDN.

O valor nutritivo da planta forrageira, porém, deve ser analisada não só em relação as alterações na parede celular e na concentração de proteína bruta, mas também em relação às frações protéicas, tanto em teores como em sua composição (BALSALOBRE, 2002).

O grau de degradabilidade ruminal da proteína bruta pode ser variável para as espécies forrageiras, o que reflete na disponibilidade de compostos nitrogenados no rúmen para a síntese microbiana, e de aminoácido no intestino, proveniente da fração protéica não degradada no rúmen.

Sniffen et al. (1992) sugeriram que os compostos nitrogenados sejam fracionados de acordo com a composição química, degradação ruminal e digestibilidade pós ruminal. Uma das frações é o nitrogênio não protéico (NnP), amônia, peptídeos e aminoácidos, que possui alta digestibilidade no rumem. Outra fração é o nitrogênio solúvel (Nsol), que contém os compostos nitrogenados não protéicos, além de aminoácidos, peptídeos e proteínas. Segundo Licitra et al. (1995) o nitrogênio solúvel é definido como proteína verdadeira, que é solúvel em pH tampão do rúmen. A estimativa da proteína solúvel verdadeira dá-se pela diferença da mensuração do Nsol pelo NnP. Essencialmente, toda a proteína solúvel em silagens e em forragens está na forma de NnP (PICHARD, 1977; PICHARD; VAN SOEST, 1977).

Com resultados do fracionamento dos compostos nitrogenados pode haver predição de desempenho dos animais e estimativa da quantidade de proteína metabolizável (GESUALDI JUNIOR et al., 2005).

A produtividade das pastagens e o desempenho animal obtido a partir delas são objeto de numerosos estudos. O acúmulo de forragem varia com a espécie forrageira e ambiente e a manipulação desses fatores pode determinar a produção da planta. A proporção dos compostos

morfológicos (folha, colmo e material morto) influencia tanto a resposta da planta como a do animal. A maior proporção de folhas pode ser indicativo de forragem com melhor valor nutritivo e pode proporcionar maior consumo por animais utilizando aquela pastagem (NETO, 2004).

O valor nutritivo é o principal indicativo para caracterização de forragens, tanto por sua influência no consumo que aumenta com o valor nutritivo, como a resposta do animal à maior ingestão de nutrientes (NETO, 2004).

2.9 NIRS na determinação do valor nutritivo das forrageiras

O espectrômetro NIR (“Near Infrared Reflectance”) é um equipamento de alta precisão que efetua análises de alimentos e outras amostras orgânicas (e algumas inorgânicas) com o emprego do princípio de radiação eletromagnética. O espectrômetro NIR se baseia na aplicação da matemática à química analítica (quimiometria). A técnica é uma integração da espectroscopia, estatística e computação de resultados (BORGES et al., 2001).

O uso da espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS) é relativamente recente, sendo os primeiros relatos de 1939, na Pensilvânia, Estados Unidos da América. Comercialmente foi utilizado em 1985, e em 1988 o método foi aceito oficialmente (BORGES et al., 2001).

O valor nutritivo dos alimentos é expresso tradicionalmente em energia e proteína, derivado de determinações químicas e de estudo com metabolismo com animais. As experiências “in vivo” são tediosas, demoradas, caras e executadas principalmente em instituições científicas. Para a caracterização dos alimentos tornarem-se práticas em larga escala, a pesquisa tem desenvolvido relações que predizem o comportamento “in vivo” a partir da composição química, as quais deram origem às técnicas “*in vitro*”, que utilizam microorganismos do rúmen ou enzimas comerciais (GIVENS; DEAVILLE, 1999). Embora essas estimativas sejam um tanto razoáveis devido a sua simplicidade e precisão de predição, o processo é relativamente lento (GIVENS; DEAVILLE, 1999).

O NIRS pode prover a maioria das informações referentes ao valor nutritivo em segundos. Além disso, há indicações que o NIRS poderá ser ferramenta singular, que caracterize a cinética de nutrientes, o conteúdo de energia e de proteína, e para calcular os constituintes disponíveis para a absorção. Além da rapidez, o NIRS oferece várias outras vantagens importantes sobre os métodos tradicionais. É um método físico, não destrutivo, que requer mínima ou nenhuma

preparação da amostra e é de alta precisão. Contrapõe-se à análise química tradicional, pois nenhum reagente é necessário, não há desperdícios, nem há produção e a utilização de compostos tóxicos e nocivos (BORGES et al., 2001).

As principais desvantagens são a necessidade por alta precisão, o caro instrumental espectroscópio, a dependência de procedimentos de calibração, demorados e laboriosos, e a complexidade na escolha dos tratamentos utilizados. A transferência de calibrações entre instrumentos também é complexa (BORGES et al., 2001).

Os alimentos são compostos principalmente de matéria orgânica e de menor proporção de fração inorgânica. As ligações moleculares mais comuns nos alimentos são entre hidrogênio, carbono, oxigênio, enxofre, fósforo e nitrogênio. A frequência da vibração entre essas moléculas implica em determinada absorção de luz na região infravermelha, isto é, na região que se estende além do vermelho no arco íris (não visível para humanos), uma vez que seu comprimento de onda é mais alto que 700 nm (BORGES et al., 2001).

Os compostos orgânicos presentes nos alimentos absorvem energia eletromagnética na região do infravermelho (IV) e nessas absorções vibracionais, as ligações covalentes se comportam como se fossem elásticas. O espectro no IV das moléculas orgânicas tem sido comparado à sua impressão digital (VOGE, 1992). O NIR se baseia no fato de que as ligações covalentes das substâncias orgânicas absorvem essa energia, usando-se essa absorção para estimar o número e tipo de ligações moleculares nas amostras. Assim, o princípio mecânico seria o de iluminar uma amostra com luz de comprimento de onda específico e conhecido da região do infravermelho próximo. A absorção de luz é medida por diferenças entre a quantidade de luz emitida pelo NIR e a quantidade de luz refletida pela amostra, relação pela qual se pode prever a sua composição química, desde que as leituras obtidas possam ser instantâneas, efetivamente comparadas e ajustadas na matriz de um banco de resultados armazenados que calibra o “software” de logística do equipamento (KEMPEM; JACKSON, 1996).

Quando uma amostra é irradiada, a luz é absorvida seletivamente de acordo com frequência específica de vibração das moléculas presentes e dá origem a um espectro (BORGES et al., 2001).

A luz pode apresentar alguns comportamentos que não são adequados para as medidas do NIRS, como a reflexão especular. Isso porque, se toda a luz é refletida, nada é absorvido então não há justificativa para a utilização do NIRS. Entretanto, os alimentos não são totalmente opacos

e apresentam alguma reflectância especular, além daquela reflectância difusa (BORGES et al., 2001). Desse modo, os aparelhos de NIRS têm de ser calibrados para que avaliem somente a reflectância difusa (OSBORNE, 1981).

Outras importantes perdas de energia da amostra podem ocorrer. Por isso existem alguns modelos matemáticos e pré-tratamentos dos resultados espectrais utilizados para corrigir essas distorções (BORGES et al., 2001).

A reflectância difusa, mais comumente usada no NIRS, é utilizada em amostras em que a variação do comprimento de ondas está entre 1100 e 2.500 nm, enquanto que a transmitância é medida de 800 a 1.100 nm. Essas medidas vão ser determinadas pelo tipo de ligações moleculares dos alimentos (BORGES et al., 2001). A proteína bruta está relacionada com a ligação N-H de comprimento de onda 1.500 – 1.510 nm e a fibra com 2.092 nm (DEAVILE; FLINN, 2000).

Os alimentos apresentam grande número de ligações moleculares que caracterizam diversos compostos orgânicos, mas que absorvem luz de um dado comprimento de onda. Dessa forma, um alimento apresenta um espectro com muitas bandas de vibração e harmônicas sobrepostas e a relação entre concentração e energia absorvida de uma amostra é formada por uma sobreposição de várias bandas espectrais dos diversos constituintes (SHENK; WESTERHAUS, 1995). Assim, o espectro se apresenta com uma mistura de vários picos sobrepostos e indistintos, essa sobreposição vai depender das substâncias presentes em cada alimento, e às vezes podem ser variáveis dentro de um mesmo alimento, quando se comparam amostras distintas (BORGES et al., 2001).

Com a falta de distinção das medidas dos picos do espectro fica difícil predizer a composição do alimento a partir de modelos matemáticos simples, que indicam quais os comprimentos de onda correspondentes a cada composto molecular. Como não existe um modelo matemático para descrever a difusão em uma amostra contendo uma distribuição heterogênea de substâncias químicas, o NIRS utiliza o artifício de comparar resultados de laboratório com os espectros obtidos por ele. Assim, o NIRS é um método secundário que requer calibração, utilizando amostras de composição conhecida e determinadas por uma técnica química padrão (técnicas primárias) (BORGES et al., 2001)

A seleção do tratamento matemático final para representar a melhor equação para cada variável estudada será baseada no valor mais baixo do erro-padrão de calibração (EPC) e no erro-padrão de validação (EPV), combinados com os valores de coeficientes de determinação (R^2),

obtidos nas etapas de validação e captação (SALIBA et al., 2001). Os resultados espectrais devem ser corrigidos, pois, sofrem inúmeras interferências. As interferências causadas por propriedades físicas da amostra, como o tamanho de partícula, podem ser corrigidas no espectro total por pré-tratamentos. Os pré-tratamentos não alteram a informação química, que tem local determinado no espectro, mas auxiliam no maior aprimoramento da calibração. Os procedimentos matemáticos mais utilizados incluem “standard normal variate detrending” (SNV-D), correção multiplicativa da difusão (MSC) e derivações do espectro. Se o espectro do NIRS não fosse afetado por tamanho de partícula, coeficiente de difusão e variações no caminho da onda, as calibrações poderiam ser executadas diretamente dos resultados de absorbância, mas como isso não ocorre, os pré-tratamentos espectrais são necessários (SALIBA et al., 2001). O passo seguinte é a obtenção do espectro, pelo pré-tratamento, e a derivação de um modelo matemático que relacione os resultados do espectro com os resultados de referência, processo quimiométrico (GINVENS; DEAVILLE, 1999; DEAVILLE; FLINN, 2000; REEVES, 2000,).

A espectroscopia do infravermelho proximal tem sido reconhecida como valiosa ferramenta em determinar com acurácia a composição química de um grande número de forragens (SHENK; WESTERHAUS, 1994) e na determinação de parâmetros de digestibilidade, usando forragens secas ou in natura (BARBER et al., 1990; PARK et al., 1997; PARK et al., 1998).

As mais precisas estimativas são obtidas com proteína bruta e umidade, pois apresentam um grupo funcional único (N-H), enquanto as frações da fibra (FDN e FDA) também apresentam alta acurácia (PIRES; PRATES, 1997).

Nesse sentido, o NIRS tem sido adotado como um método oficial pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) para a estimativa de PB e FDA em forragens (DEAVILLE; FLINN, 2000). No Brasil, são poucos os trabalhos com a metodologia NIRS, o que em parte, reflete o pequeno uso deste equipamento no país, embora apresente grande perspectiva (PIRES; PRATES, 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, período e descrição da área experimental

O experimento, desenvolvido no período de um ano, foi realizado na Agropecuária Rodomeu, localizada no distrito de Ibitiruna, município de Piracicaba, Estado de São Paulo, nas coordenadas 47°57'56" longitude oeste e 22°46'30" latitude sul, com altitude média de 600 m e o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo Cwa, tropical de altitude, com inverno seco e temperatura do mês mais quente maior que 22°C (VIANELLO; ALVES, 2000).

A área experimental composta pelo capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*) em processo de degradação, foi estabelecida há mais de oito anos em solo classificado como Neossolo Quartzarênico, com baixo teor de matéria orgânica. A área total do experimento foi de 1800 m², com parcelas experimentais representadas por áreas de 5 m x 8 m.

Figura 1 - Vista parcial da área experimental, na ocasião da primeira avaliação

3.2 Informações climáticas

Os dados climáticos foram obtidos na Estação Meteorológica do Departamento de Ciências Exatas, na ESALQ-USP. Esta é a estação meteorológica mais próxima do local, situando-se a 45 km da área experimental (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados climáticos da área experimental

Mês/ano	T Med ^(a)	UR Med ^(b)	T Max ^(c)	T Min ^(d)	Chuva
	(°C)	(%)	(°C)	(°C)	(mm)
Novembro/ 05	22,4	82,5	29,1	17,0	116,8
Dezembro/ 05	22,8	84,9	29,2	17,9	122,4
Janeiro/ 06	24,4	84,0	30,8	19,6	225,2
Fevereiro/ 06	23,8	91,3	29,8	19,7	164,8
Março/ 06	23,8	89,5	30,4	19,3	151,5
Abril/ 06	21,2	86,1	27,9	15,9	31,7
Mai/ 06	17,5	83,4	24,9	10,8	0,1
Junho/ 06	17,5	81,3	25,7	10,4	18,6
Julho/ 06	18,2	78,5	26,4	10,8	28,1
Agosto/ 06	20,0	70,6	28,6	12,0	9,4
Setembro/ 06	20,2	75,7	27,6	13,7	60,3
Outubro/ 06	22,5	82,6	29,1	17,1	74,9
Novembro/ 06	22,8	82,2	29,8	17,6	195,3

^(a) T Med: temperatura média^(b) UR Med: umidade relativa média^(c) T Max: temperatura máxima^(d) T Min: temperatura mínima

3.3 Análise química da terra e correção da acidez

A análise química da terra da área experimental em amostras coletadas na profundidade de 0-20 cm, antes da aplicação dos adubos e corretivos apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) de 4,08; 9,76 mg dm⁻³ de MO; P de 5,34 mg dm⁻³; K de 1,75 mmol_c dm⁻³; Ca de 4,00 mmol_c dm⁻³; Mg de 2,30 mmol_c dm⁻³; Al de 4,00 mmol_c dm⁻³; H+Al de 21,50 mmol_c dm⁻³; S-SO₄ de 8,40 mg dm⁻³; SB de 8,05 mmol_c dm⁻³; CTC de 29,50 mmol_c dm⁻³ e V de 26,80%.

Antecedendo a aplicação dos fertilizantes, foi corrigida a acidez da área com aplicação de calcário (em superfície, manualmente e a lanço), de 600 kg ha⁻¹, no dia 20 de outubro de 2005, empregando o valor da porcentagem de saturação por bases V₂ de 40%, após rebaixamento das plantas à altura de 10 cm da superfície do solo.

3.4 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

Foram estudadas em cinco doses de nitrogênio (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹) combinadas com cinco doses de enxofre (0; 15; 30; 45 e 60 kg ha⁻¹ ano⁻¹), em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5 x 5

fracionado em parcelas subdivididas, de acordo com Littell e Mott (1975), distribuído em blocos ao acaso, com três repetições. De acordo com esse esquema (Figura 2), 13 combinações entre as doses desses nutrientes, em $\text{kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$: 0-0; 0-30; 0-60; 150-15; 150-45; 300-0; 300-30; 300-60; 450-15; 450-45; 600-0; 600-30 e 600-60. As adubações foram parceladas em três vezes, durante o período das águas (17/11/05, 23/12/05 e 28/01/06). O nitrogênio foi fornecido como nitrato de amônio presente na formulação 32-00-02 (NPK) e o enxofre como gesso agrícola.

Figura 2 - Desenho experimental do composto central modificado de um esquema fatorial 5 x 5 fracionado, segundo Littell e Mott (1975)

As adubações com fósforo e potássio foram baseadas na análise química da terra, com o objetivo de atender as exigências da gramínea forrageira. Foram aplicados $28 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P_2O_5 , sendo fornecido como superfosfato triplo e $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O , fornecido como cloreto de potássio. Foram utilizadas formulações tipo “fritas” FTE, com aplicação de 30 kg ha^{-1} , para o fornecimento de micronutrientes, conforme recomendação de Monteiro et al. (2004).

Figura 3 – Croqui da área experimental

3.5 Condução do experimento

As avaliações no experimento foram realizadas em intervalos pré-determinados de 35 dias no período das águas e de 56 dias nas secas, durante um ano (Tabela 2), e a área experimental foi pastejada por novilhas cruzadas, durante o período de 24 horas por bloco, com o intuito de rebaixar o capim-Braquiária à altura de 10 cm. Os cortes das plantas foram realizados em área delimitada por um retângulo de madeira de 1,00 m x 0,25 m (0,25 m²).

Tabela 2 - Ordem, data de início e término e período das avaliações

Avaliações	Início	Término	Período
1	21/12/05	23/12/05	Chuvoso
2	25/01/06	28/01/06	Chuvoso
3	01/03/06	04/03/06	Chuvoso
4	05/04/06	08/04/06	Chuvoso
5	10/05/06	13/05/06	Chuvoso
6	05/07/06	08/07/06	Seco
7	30/08/06	02/09/06	Seco
8	25/10/06	28/10/06	Seco

Por ocasião dos cortes foram realizadas amostragens de plantas para estudos das características massa seca da parte aérea, área foliar, relação lâmina foliar:colmo mais bainha, determinações bromatológicas e variáveis relativas ao valor nutritivo da planta forrageira.

O quadro amostrador para coleta da parte aérea foi jogado dentro das parcelas de forma a coletar amostras homogêneas, e foram realizadas duas amostragens por parcela, uma a 10 cm da superfície do solo, simulando a altura ideal de pastejo para o capim-Braquiária (MACHADO; KICHEL, 2004), para avaliações da produção da massa seca da forragem e do valor nutritivo, e outra a 5 cm da superfície do solo, para avaliações das demais características produtivas, como área foliar e relação lâmina foliar:colmo mais bainha. Foram realizadas amostragens da parte aérea em duas alturas devido ao fato das parcelas não adubadas, em alguns casos no início do experimento, apresentarem altura inferior a 10 cm, o que impossibilitaria a amostragem da parte aérea em todas as parcelas.

3.6 Produção de massa seca da parte aérea

As amostras coletadas a 10 cm foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados, e foram secadas em estufa à temperatura de 65° C por 72 horas, para posterior pesagem e estimativa de produção de massa seca de cada unidade experimental.

Posteriormente, essas amostras foram moídas em macro moinho tipo Willey e colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados, para a realização das determinações bromatológicas.

3.7 Área foliar e relação lâmina foliar:colmo mais bainha

As amostras coletadas a 5 cm foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, sendo posteriormente levados ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Ciência do Solo na ESALQ-USP, onde uma sub-amostra (conjunto de perfilhos) de aproximadamente 100 g foi retirada para separar a parte aérea das plantas em seus componentes botânicos, destacando-se as folhas emergentes (FE), lâminas de folhas recém-expandidas (LR), lâminas de folhas maduras (LM) e colmos mais bainhas (CB).

As lâminas das folhas (FE, LR e LM) tiveram suas áreas medidas em aparelho integrador de área foliar (LICOR® LI-3000). Posteriormente, esses valores foram somados para que fosse obtida área foliar total de cada unidade experimental.

Após a medição da área foliar, cada fração da parte aérea foi acondicionada em saco de papel devidamente identificado. Esse material foi secado em estufa à temperatura de 65° C por 72 horas. A soma dos valores de massa seca das frações FE, LR e LM foi dividida pela massa seca da fração CB, obtendo-se a relação lâmina foliar:colmo mais bainha.

3.8 Determinações bromatológicas

Nas amostras da parte aérea total, simulando o pastejo, coletadas a 10 cm da superfície do solo foram determinadas massa seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade “*in vitro*” da massa seca (DIVMS), proteína bruta (PB) e as frações nitrogenadas, nitrogênio solúvel (Nsol) e nitrogênio não protéico (NnP).

A determinação de massa seca (MS) foi realizada no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia na ESALQ-USP, segundo Campos et al. (2004), à temperatura de

105° C, para que pudessem ser efetuadas as correções dos teores de PB, FDN, FDA, DIVMS e das frações nitrogenadas para 100% da MS.

As determinações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia na ESALQ-USP, e utilizaram o aparelho Ankon (Ankon 200 Fiber Analyser da Ankon Technology Corporation), segundo metodologia de Goering e Van Soest (1970) adaptada por Campos et al. (2004). Na determinação do FDN foi adicionado o sulfito de sódio, com o objetivo de solubilizar a proteína aderida à parede celular (MERTENS, 1998).

Para a determinação da digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS), também realizada no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia na ESALQ-USP, seguiu-se a metodologia de Tilley e Terry (1963) adaptada por Campos et al. (2004). Os animais utilizados para a retirada do conteúdo líquido de rúmen (inóculo) estavam submetidos a dietas exclusivas de feno de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*).

No Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo na ESALQ-USP, foi determinado o nitrogênio total nas amostras, pelo método semimicro Kjeldhal, conforme a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974), para posterior estimativa da concentração de proteína bruta (PB), usando fator 6,25 para conversão de nitrogênio em proteína bruta (Association of Official Analytical Chemists - AOAC, 1970).

Para as avaliações das frações nitrogenadas (Nsol e NnP), também determinadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo na ESALQ-USP, foram efetuadas adaptações das metodologias de Goering e Van Soest (1970), Krishnamoorthy et al. (1982) e Licitra et al. (1995), para que as determinações das concentrações de nitrogênio pudessem ser realizadas pelo método semimicro Kjeldhal, de acordo com o relato na metodologia de Sarruge e Haag (1974).

Para a determinação do NnP foram utilizados os seguintes procedimentos: pesou-se 0,1 g de massa seca da amostra moída em Erlenmeyer de 125 ml, adicionaram-se 10 ml de água desionizada e deixou em repouso por 30 minutos; após o período de repouso, adicionaram-se 2 ml de solução de ácido tricloroacético (TCA) a 10%, mantida sob refrigeração; homogeneizou-se e deixou em repouso por 30 minutos; o conteúdo do Erlenmeyer foi filtrado em papel-de-filtro Whatman 541 (com diâmetro de 9 mm) por gravidade, e o resíduo foi lavado com a solução TCA

por duas vezes; o papel-de-filtro, contendo o resíduo da filtragem, foi transferido para o tubo de digestão, para a determinação do nitrogênio não protéico.

Para a determinação do Nsol foi utilizada a seguinte sequência: pesou-se 0,1 g de massa seca da amostra moída em Erlenmeyer de 125 ml, adicionaram-se 10 ml de solução boro-fosfato (12,20 g L⁻¹ de fosfato monossódico, 8,91 g L⁻¹ de tetraborato de sódio e 100 ml L⁻¹ de álcool butílico terciário) e adicionaram-se 0,2 ml de solução de azida sódica a 10%; homogeneizou-se e deixou em repouso a temperatura ambiente por 3 horas. Após o período de repouso, o conteúdo do Erlenmeyer foi filtrado em papel-de-filtro Whatman 541 (com diâmetro de 9 mm) por gravidade, e o resíduo foi lavado com 50 ml de água desionizada; o papel-de-filtro, contendo o resíduo da filtragem, foi transferido para o tubo de digestão, para a determinação do nitrogênio solúvel.

Em paralelo, com a finalidade de desenvolver curvas de calibração, as amostras coletadas a 10 cm da superfície do solo também foram analisadas utilizando-se o método de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS) de acordo com Berzaghi (2002). Os espectros das amostras foram colhidos e armazenados como log (1/R), onde R é a reflectância na faixa de comprimento de onda de 1100 a 2498 nm, em espectrômetro FOSS NIRSystem 5000 (NIR Systems, Silver Springs, MD, USA), no Laboratório de Bromatologia, Departamento de Zootecnia da ESALQ-USP. Os resultados foram tratados utilizando-se o software WINISI versão 1.5 (Infrasoft International, Silver Spring, MD).

Para o desenvolvimento de curvas de calibração foram utilizadas todas as amostras e sua respectiva composição química analisada em laboratório. O algoritmo “CENTER”, o qual demonstra a distância global do centro da população para identificação de “outliers”, foi usado como função discriminante na estruturação da população, com valor de GH (*Global H*, onde *H* representa a distância de Mahalanobis) de 3,0. Para a geração das equações foi utilizado o tratamento matemático do programa WINISI versão 1.5.

Na calibração, os resultados laboratoriais foram regredidos com as informações espectrais. Para tanto, foi utilizado modelo de regressão de componentes principais (PCR – “Principal Components Regression”); as correções de dispersão do erro por meio do SNV (“Standard Normal Variate”), SNV-D (“Standard Normal Variate and Detrend”), SMSC (“Standard Multiplicative Scatter Corrections”), MSC (“Multiplicative Scatter Corrections”); e os tratamentos matemáticos 1,4,4,1; 2,4,4,1; 1,10,10,1 e 2,20,20,1 (“derivative, gap over, smooth, second

smooth”). As equações desenvolvidas foram selecionadas pelos menores valores de erro padrão da calibração (SEC) e erro padrão da validação cruzada (SECV), e maiores valores de coeficiente de determinação da calibração (R^2) e coeficientes de determinação da validação cruzada (1-VR).

Após a seleção das melhores curvas de calibração as equações foram utilizadas para predição de cada componente bromatológico das amostras. Posteriormente, fez-se a análise de regressão, tendo como variável independente os resultados das análises químicas e, como variável dependente, os resultados do NIRS. A avaliação do grau de ajuste foi feita efetuada por intermédio dos coeficientes de determinação (R^2).

3.9 Análises estatísticas

Todos os resultados receberam o recomendado tratamento estatístico, com análise por meio do emprego do “Statistical Analysis System” (SAS, 2000). Inicialmente foi realizada a análise de variância para as combinações das doses de nitrogênio e doses de enxofre e, em função do nível de significância do teste F para essas combinações, foi efetuado o estudo de regressão polinomial (superfície de resposta) por meio do procedimento RSREG. Nos casos em que a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre não foi significativa, foi efetuado o estudo de regressão de primeiro e segundo graus por meio do comando GLM. Foi empregado o nível de significância de 5 % em todos os testes estatísticos. Nos casos em que a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre foi significativa o R^2 dessas regressões foi recalculado, e demonstra a variabilidade dos tratamentos explicada pelo modelo.

Para os resultados do NIRS, foi realizada a análise de variância, utilizando-se o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (2000), sendo que as médias foram comparadas pelo teste t, e posteriormente foi efetuada a análise de correlação das respostas que não diferiram significativamente entre as análises bromatológicas convencionais com os resultados estimados pelo NIRS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de massa seca da parte aérea

4.1.1 Período chuvoso

Na primeira avaliação do período chuvoso do primeiro ano recuperação do capim-Braquiária, 35 dias após a aplicação da primeira parcela da adubação, observou-se efeito significativo na produção da massa seca da parte aérea das doses de nitrogênio, com os resultados ajustando-se a modelo linear de regressão (Figura 4). À medida em que se elevaram as doses de nitrogênio aplicadas na pastagem ocorreu aumento da produção de massa seca da parte aérea das plantas, que variou de 0 a 950 kg ha⁻¹. A ausência de produção de massa seca acima dos 10 cm da superfície do solo do capim em recuperação ocorreu devido a falta de adubação nitrogenada.

Figura 4 – Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária, na ocasião da primeira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Esse incremento em produção de forragem, proporcional ao aumento das doses de nitrogênio aplicadas em *Brachiaria decumbens*, seguiu o mesmo padrão de resposta linear positiva dos resultados descritos por Fonseca et al. (1998), Paciullo et al. (1998) e Soria (2002). Esse efeito do nitrogênio pode ser atribuído à influência desse nutriente nos processos fisiológicos da planta (HERRERA; HERNANDEZ, 1985).

Essa resposta também se assemelha à encontrada por Ferragine (1998), que verificou incrementos lineares quanto à produção de massa seca da parte aérea em função de doses de nitrogênio, no segundo crescimento do capim-Braquiária. Outros autores observaram também respostas lineares na massa seca de forragem do capim-Braquiária até a faixa de doses de nitrogênio aplicado de 400 a 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (ALVIM et al., 1998; QUEIROZ NETO et al., 2001).

Na segunda, terceira e quinta avaliações do período chuvoso, também se observou efeito significativo das doses de nitrogênio na produção da massa seca da parte aérea com os resultados ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figuras 5, 6 e 8). Constatou-se que os valores máximos de produção da planta forrageira foram observados nas doses de nitrogênio de 333, 368 e 359 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, para a segunda, terceira e quinta avaliações do período chuvoso.

Figura 5 - Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Bonfim-da-Silva (2005), trabalhando em casa de vegetação na recuperação do capim-Braquiária com aplicação de nitrogênio e enxofre, no segundo e terceiro cortes, constatou efeitos isolados do nitrogênio na produção de massa seca.

Dias Filho (2007), em trabalho com capins Braquiária e Áries, constatou resposta significativa à aplicação de nitrogênio quanto à produção de massa seca, ajustando-se os resultados a modelo quadrático de regressão, demonstrando que, no primeiro e no segundo corte, as doses de nitrogênio de 437 e 396 kg ha⁻¹ foram responsáveis pelas máximas produções de massa seca.

Figura 6 - Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Apenas na quarta avaliação do período chuvoso, posteriormente à aplicação de todas as parcelas da adubação, a produção de massa seca da parte aérea apresentou comportamento diferenciado, com a análise de variância mostrando significância para a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre. A produção de massa seca da parte aérea dependeu do suprimento conjunto de nitrogênio e de enxofre, ajustando-se os resultados ao modelo polinomial de regressão (Figura 7). No estudo da superfície de resposta observou-se que as doses de nitrogênio e de enxofre para a máxima produção de massa seca foram de 450 e 45 kg ha⁻¹, respectivamente, com a relação de 10:1 entre elas. Verificou-se ainda que, em condições de baixo fornecimento de doses de nitrogênio, mesmo com incrementos de doses de enxofre, a produção de massa seca do capim-Braquiária permaneceu constante, e à medida em que se aumentou o fornecimento de nitrogênio, houve maior desenvolvimento da parte aérea das plantas quando foram incrementadas as doses de

enxofre. Esses resultados confirmam os encontrados por Rodrigues (2002), Mattos e Monteiro (2003) e Bonfim-da-Silva (2005), demonstrando que o incremento de doses de nitrogênio pode induzir ao maior suprimento de enxofre para maximizar as respostas em produção de massa seca do capim-Braquiária.

Figura 7 - Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária, na ocasião da quarta avaliação do período chuvoso, em função da combinação das doses de nitrogênio e de enxofre

Marques et al. (1995) observaram que a omissão de enxofre não interferiu no rendimento total de massa seca da parte aérea da *Brachiaria brizantha*, enquanto Monteiro et al. (1995) observaram reduções significativas na produção desse capim no tratamento em que omitiram enxofre, quando comparado com o tratamento completo.

Haddad (1983) trabalhou com capim-Colômbia em solo de cerrado e testou doses de nitrogênio em conjunto com doses de enxofre e observou que houve respostas acentuadas desse capim à aplicação de enxofre somente quando o nitrogênio também foi empregado na adubação.

Soares Filho (1991), estudando a variação sazonal de parâmetros bioquímico-fisiológicos em capim-Braquiária estabelecido em solo Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, encontrou que no tratamento com adubação com macro e micronutrientes, incluindo nitrogênio e enxofre, a produção de massa seca do capim foi superior aos demais tratamentos (testemunha; gradagem; gradagem mais adubação com macro e micronutrientes, menos nitrogênio).

Figura 8 - Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária, na ocasião da quinta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

4.1.2 Período seco

Na primeira e terceira avaliações do período seco do ano, observou-se efeito significativo para a produção de massa seca da parte aérea para as doses de nitrogênio, com os resultados ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figuras 9 e 10). Constatou-se que os valores máximos de produção da planta forrageira foram atingidos nas doses de nitrogênio de 386 e 489 kg ha⁻¹ano⁻¹, respectivamente, para a primeira e terceira avaliações do período seco. Pode-se verificar que as máximas produções obtidas nessas avaliações do período seco foram bem inferiores às do período chuvoso, ressaltando a importância dos fatores climáticos (água, luz e temperatura), que no período seco tornam-se limitantes à produção das plantas forrageiras. De fato, os processos de formação, desenvolvimento, crescimento e senescência de folhas e perfilhos são sensíveis às condições climáticas desfavoráveis (CARVALHO, 2000; UEBELE, 2002), uma vez que a divisão, e principalmente o crescimento das células são processos extremamente sensíveis ao turgor celular e à temperatura (LUDLOW; NG, 1977).

Essas respostas no período seco, ainda que de menor magnitude das respostas do período chuvoso, foram consequência das adubações realizadas em 17/11/2005, 23/12/2005 e 28/01/2006.

Figura 9 - Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária, na ocasião da primeira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Na segunda avaliação do período seco não foram obtidas respostas significativas na produção de massa seca da parte aérea da planta, em consequência das aplicações de doses de nitrogênio e de enxofre.

Figura 10 - Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Colozza (1998), avaliando o rendimento do capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana) cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em Nova Odessa, SP, constatou aumento na produção de massa seca da parte aérea do capim-Aruana, com incrementos na adubação nitrogenada.

Para as produções totais de massa seca da parte aérea de ambos os períodos e de todo o ano agrícola, observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio, com os resultados ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figuras 11, 12 e 13). Considerando os modelos apresentados os valores máximos de produção seriam atingidos nas doses de nitrogênio de 375, 435 e 386 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, para os períodos chuvoso e seco e para todo o ano. A eficiência de conversão do nitrogênio, entre a não aplicação da adubação e a aplicação de nitrogênio de 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹, foi da ordem de 66 kg de massa seca por quilograma de nitrogênio aplicado, no total anual. Assim nota-se que o grande impacto na produção de massa seca do capim-Braquiária em recuperação ocorreu com aplicação de nitrogênio de 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Figura 11 - Produção total de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária durante do período chuvoso do primeiro ano de recuperação do capim, em função das doses de nitrogênio

Figura 12 - Produção total de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária durante do período seco do primeiro ano de recuperação do capim, em função das doses de nitrogênio

Figura 13 - Produção total de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária no primeiro ano de recuperação do capim, em função das doses de nitrogênio

As médias de produção total de massa seca do capim-Braquiária nos períodos chuvoso e seco do ano, no presente experimento, foram de 16.140 e 3.946 kg ha⁻¹, respectivamente.

Considerando a produção média total anual de 20.087 kg ha⁻¹, o período seco representou 20% e o chuvoso 80% da produção de massa seca da forragem.

Fagundes et al. (2005), estudando a influência da adubação nitrogenada (doses de 0 a 300 kg ha⁻¹) no acúmulo de forragem do capim-Braquiária, observaram durante todo o ano de 2002, resposta significativa quanto à aplicação de nitrogênio, ajustando-se a modelo linear de regressão, e durante o período da seca verificaram que a média de produção do capim foi de 1.500 kg ha⁻¹.

Fonseca et al. (1984), trabalhando com fertilização nitrogenada no capim Coast-cross (*Cynodon dactylon*), obtiveram rendimento de massa seca máximo de 4,2 Mg ha⁻¹, no período seco do ano, com aplicação de 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Euclides et al. (2007), estudando a adubação nitrogenada no capim-Tanzânia no final do verão em área experimental da Embrapa Gado de Corte, observaram que no período seco, a média da produção de massa seca foi de 2.970 kg ha⁻¹ quando o capim foi adubado com doses de nitrogênio de 100 kg ha⁻¹.

Nesse primeiro ano de recuperação do capim-Braquiária, pode-se verificar expressivo aumento na produção de massa seca com incremento de doses de nitrogênio, com produções consideradas satisfatórias para essa planta forrageira, segundo Silva (1995).

Segundo Monteiro e Werner (1977) e Werner (1986), o aumento na produção de forragem depende da adequada disponibilidade de nutrientes, dentre os quais se destaca a de nitrogênio. O nitrogênio é o principal nutriente para a manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, sendo o principal constituinte das proteínas que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos constituintes da estrutura vegetal e, portanto, responsável por características ligadas ao porte da planta, tais como o tamanho das folhas, tamanho do colmo e aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos (WERNER, 1986).

4.2 Área foliar

4.2.1 Período chuvoso

Para a área foliar, a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre não foi significativa nas avaliações do período chuvoso. Nessas avaliações, a área foliar apresentou significância para as doses de nitrogênio, demonstrando mais uma vez a importância do fornecimento de nitrogênio para incrementar a área foliar da planta forrageira.

Na primeira e terceira avaliações do período chuvoso a área foliar foi significativamente influenciada pelas doses de nitrogênio, com os resultados ajustando-se a modelo quadrático de

regressão (Figuras 14 e 16). Desse modo, obtiveram-se os valores máximos de área foliar nas doses de nitrogênio de 593 e 310 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, sendo que o valor máximo encontrado na primeira avaliação foi 40% menor do que o encontrado na terceira avaliação.

Na segunda avaliação do período chuvoso, observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio na área foliar do capim, com os resultados ajustando-se a modelo linear de regressão (Figura 15). À medida em que se elevaram as doses de nitrogênio no solo ocorreu aumento da área foliar, variando de 1450 a 2700 cm² no quadro amostrador de 0,25 m².

A disponibilidade de nitrogênio tem pronunciado efeito na taxa de alongamento foliar, podendo resultar em valores três a quatro vezes menores num alto nível de deficiência, quando comparado a um nível não limitante do nutriente (GASTAL et al., 1992).

O efeito do nitrogênio na taxa de alongamento foliar decorre do maior acúmulo desse nutriente na zona de alongamento da folha, mais precisamente na região de divisão celular (GASTAL; NELSON, 1994). Segundo esses autores, há alta correlação entre a quantidade de nitrogênio contida nessa região e a taxa de expansão foliar. Santos Junior e Monteiro (2003) também verificaram que a área foliar do capim-Marandu foi alterada positivamente pela aplicação de nitrogênio.

Figura 14 - Área foliar do capim-Braquiária, contido no quadro amostrador de 0,25 m², na ocasião da primeira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Figura 15 - Área foliar do capim-Braquiária, contido no quadro amostrador de 0,25 m², na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Figura 16 - Área foliar do capim-Braquiária, contido no quadro amostrador de 0,25 m², na ocasião da terceira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Mattos (2001), avaliando a recuperação do capim-Braquiária com suprimento de nitrogênio e enxofre, observou significância das doses de nitrogênio na área foliar, no segundo crescimento, ajustando-se o resultado a modelo linear de regressão.

Na quarta e quinta avaliações do período chuvoso a área foliar também apresentou resposta significativa às doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo quadrático de regressão (Figuras 17 e 18). Pela equação de regressão foi possível obter os valores máximos de área foliar nas doses de nitrogênio de 410 e 388 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, na quarta e quinta avaliações, sendo que o valor máximo encontrado na quinta avaliação foi 23,5% menor do que o encontrado na quarta avaliação.

Manarin (2000) constatou significativa variação na área foliar influenciada pelas doses de nitrogênio na solução nutritiva, em dois períodos de crescimento do *Panicum maximum* cv. Mombaça. Rodrigues (2002), trabalhando na recuperação do capim-Braquiária, na segunda avaliação, alcançou o valor máximo de área foliar total em dose de nitrogênio de 960,2 mg kg⁻¹ de solo.

Figura 17 - Área foliar do capim-Braquiária, contido no quadro amostrador de 0,25 m², na ocasião da quarta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Figura 18 - Área foliar do capim-Braquiária, contido no quadro amostrador de 0,25 m², na ocasião da quinta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

4.2.2 Período seco

De forma similar ao constatado na produção de massa seca do capim-Braquiária, somente na primeira e terceira avaliações do período seco foram obtidas respostas significativas na área foliar da gramínea, para a aplicação de nitrogênio. Observou-se efeito significativo para a primeira e terceira avaliações, com os resultados ajustando-se a modelo linear de regressão (Figuras 19 e 20). Com o incremento das doses de nitrogênio, os valores de área foliar foram aumentando no quadro amostrador de 4400 a 6400 e de 3100 a 5500 cm², na primeira e terceira avaliações, respectivamente.

Os valores de área foliar verificados no período da seca foram bem inferiores aos do período chuvoso, com exceção das duas primeiras avaliações. Vários fatores podem ser limitantes ao aumento na área foliar do capim. Dentre esses fatores, o déficit hídrico associado à falta de nitrogênio são os mais comuns, e tanto um como o outro, diminuem progressivamente a taxa fotossintética das folhas, a eficiência de conversão, a interceptação luminosa, e conseqüentemente, a área foliar do vegetal (NABINGER, 1997). Segundo Hodgson (1990), a disponibilidade de água e de nutrientes atua na velocidade com que a planta alcança o índice de área foliar máximo.

Figura 19 - Área foliar do capim-Braquiária, contido no quadro amostrador de 0,25 m², na ocasião da primeira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Figura 20 - Área foliar do capim-Braquiária, contido no quadro amostrador de 0,25 m², na ocasião da terceira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Nas avaliações do período seco, assim como do período chuvoso, analisando a área foliar do capim-Braquiária, não se constatou dependência do enxofre à medida em que foram incrementadas as doses de nitrogênio. Uma possível reserva desse nutriente no capim teria proporcionado auto-suficiência para suprir a exigência nutricional quanto ao enxofre, para a formação e alongação das folhas e perfilhos.

Mattos (2001) verificou interação significativa doses de nitrogênio x doses de enxofre para a área foliar no primeiro e terceiro crescimentos das plantas do capim-Braquiária. Bonfim-da-Silva (2005) também observou interação significativa doses de nitrogênio x doses de enxofre na área foliar do capim-Braquiária, no primeiro e segundo cortes, e em ambos os casos os resultados ajustaram-se a modelo polinomial de regressão. Segundo essa autora, pode-se sugerir que no início da recuperação do capim-Braquiária existiu dependência do enxofre à medida que se incrementou as doses de nitrogênio.

4.3 Relação lâmina foliar: colmo mais bainha

4.3.1 Período chuvoso

Para a relação lâmina foliar:colmo mais bainha, somente na terceira e quarta avaliações a resposta foi significativa, porém com comportamentos diferenciados. Na terceira avaliação do período chuvoso a análise de variância revelou significância para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo linear de regressão (Figura 21). A relação lâmina foliar:colmo mais bainha de 1,50 a 1,74 foi incrementada com as doses de nitrogênio, e estimaram-se aumentos na relação de 0,0004 unidades para cada quilograma de nitrogênio aplicado. Cabe ressaltar que esses valores de relação lâmina foliar:colmo mais bainha encontram-se acima do valor considerado crítico (1,00), relacionado com a quantidade e a qualidade da forragem (ANDRADE, 1997), interferindo no consumo dos animais. A alta relação lâmina foliar:colmo mais bainha é característica desejável para as culturas forrageiras, uma vez que as lâminas apresentam melhor valor nutritivo em relação ao colmo, além de expressarem preferência de consumo pelos animais (CHACON et al., 1978).

Bonfim-da-Silva (2005), estudando a influência da combinação de doses de nitrogênio e de enxofre nas características produtivas do capim-Braquiária proveniente de área de pastagem em degradação, observou no terceiro corte das plantas que a relação lâmina foliar:colmo mais bainha mostrou resposta significativa à aplicação de nitrogênio, com os resultados ajustando-se a

modelo quadrático de regressão. Também verificou que a máxima relação foi de 0,54 e que na condição de não aplicação de adubo (nitrogênio e enxofre) essa relação mostrou valor de 0,28.

Alves (2000) estimou aumentos na relação lâmina:colmo de 0,0037 e 0,0016 unidades para cada quilograma de nitrogênio aplicado, respectivamente, no primeiro e segundo anos experimentais. Martin (1997), avaliando o capim-Tifton 85, sob doses de nitrogênio e potássio, observou que aumentos nas frações folha e colmo decorreram, respectivamente, da adubação nitrogenada e potássica. Todavia, a influência da adubação nitrogenada na relação lâmina foliar:colmo mais bainha de gramíneas forrageiras não é acentuada, conforme constatado nos trabalhos de Stobbs (1975), Pinto et al. (1994a), Ribeiro (1995) e Paciullo (1997), pois o nitrogênio favorece o desenvolvimento vegetativo das plantas, incrementando tanto o crescimento das lâminas foliares quanto dos colmos mais bainhas.

Figura 21 - Relação lâmina foliar:colmo mais bainha do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Na quarta avaliação a relação lâmina foliar:colmo mais bainha revelou significância para a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre, ajustando-se a modelo polinomial de regressão (Figura 22). De acordo com a superfície de resposta pode-se verificar diminuição da relação lâmina foliar:colmo mais bainha conforme foram sendo incrementadas as doses de nitrogênio,

com pequeno aumento quando as doses de enxofre eram relativamente baixas, e aumento dessa relação conforme foram sendo diminuídas as doses de nitrogênio conjuntamente com o aumento das doses de enxofre. De acordo com a superfície de resposta a mínima relação lâmina foliar:colmo mais bainha foi de 0,86, e ocorreu na dose de nitrogênio de 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ associada à dose de enxofre de 28 kg ha⁻¹ ano⁻¹, correspondendo à relação entre essas doses de 14:1.

Bonfim-da-Silva (2005) também obteve significância para a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre, em termos da relação lâmina foliar:colmo mais bainha, no segundo corte, demonstrando que a mínima relação encontrada foi de 1,00, ocorrendo quando a doses de nitrogênio foi 17 vezes mais elevada que a de enxofre (17:1).

Figura 22 - Relação lâmina foliar:colmo mais bainha do capim-Braquiária, na ocasião da quarta avaliação do período chuvoso, em função da combinação das doses de nitrogênio e de enxofre

Gomide (1994) relatou que a maior produção de colmos pode ser amenizada cortando-se as plantas em intervalos menores de tempo, o que proporciona maior relação lâminas foliares: colmos mais bainhas. De acordo com Martha Júnior et al. (2004), a relação folha:colmo do capim-Tanzânia na primavera aumentou linearmente depois da adubação nitrogenada, quando o pastejo foi intenso (baixo resíduo pós-pastejo), propiciando boa capacidade de rebrota.

4.3.2 Período seco

No período seco do primeiro ano de recuperação do capim-Braquiária somente na terceira avaliação a análise de variância revelou significância para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo linear de regressão (Figura 23). Conforme foram sendo incrementadas as doses fornecidas de nitrogênio, a relação lâmina foliar:colmo bainha foi diminuindo linearmente, variando de 1,74 a 2,00, porém sempre tendo valor maior do que o considerado crítico. O decréscimo nessa relação está de acordo com os resultados apresentados por Costa (1990), Pinto et al. (1994b) e Lavres Júnior et al. (2004) para gramíneas forrageiras.

Figura 23 - Relação folha:colmo do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

4.4 Valor nutritivo

4.4.1 Proteína bruta

4.4.1.1 Período chuvoso

Para a concentração de proteína bruta (PB) na massa seca do capim-Braquiária a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre não foi significativa nas avaliações do período chuvoso de recuperação da pastagem. Nessas avaliações, a variação da concentração de PB apresentou significância para as doses de nitrogênio.

Na primeira, segunda e quinta avaliações do período chuvoso a análise de variância revelou significância nessa variável para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo linear de regressão (Figuras 24, 25 e 28), corroborando assim o relatado na maioria dos trabalhos encontrados na literatura. Conforme foram sendo incrementadas as doses fornecidas de nitrogênio, as concentrações de PB conjuntamente foram aumentando, variando de 14,4 a 18,8% na primeira avaliação, de 5,5 a 14,7% na segunda avaliação e de 7,0 a 11,8% na quinta avaliação. A média das concentrações de PB na primeira avaliação foi superior às outras duas avaliações, pois nesse caso, em parcelas não adubadas com nitrogênio e enxofre, não havia material suficiente para a realização da determinação da PB.

Figura 24 - Concentração de proteína bruta na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da primeira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Teles (2006), estudando a influência da adubação com NPK na produção e composição química de *Brachiaria brizantha* cv. MG-4, verificou que as doses de nitrogênio proporcionaram incremento linear nas concentrações de PB nas folhas, concordando com o que foi observado por Andrade et al. (1996), demonstraram ter as doses de nitrogênio proporcionado maior concentração de proteína bruta em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Figura 25 - Concentração de proteína bruta na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Na terceira e quarta avaliações do período chuvoso observaram-se efeitos significativos na concentração de PB para as doses de nitrogênio, com os resultados ajustando-se a modelo quadrático de regressão (Figuras 26 e 27). Constatou-se que as máximas concentrações de proteína bruta (19,0 e 11,8%) foram observadas respectivamente nas doses de nitrogênio de 550 e 424 kg ha⁻¹ ano⁻¹, para a terceira e quarta avaliações do período chuvoso.

Dias et al. (1998), avaliando a aplicação de nitrogênio no final do período das águas na produtividade e qualidade dos capins tropicais, verificaram que a aplicação de doses de nitrogênio teve efeito quadrático quanto à concentração de PB no capim Coast-cross, encontrando maiores concentrações médias com aplicação de nitrogênio de 400 kg ha⁻¹. Esses valores foram inferiores aos obtidos por Coelho et al. (1966), que registraram maiores valores médios com dose de nitrogênio de 240 kg ha⁻¹. Poucos foram os trabalhos encontrados com respostas quadráticas de teor de PB em plantas forrageiras em função da aplicação de doses de nitrogênio, pois a maioria das respostas ajusta-se a modelo linear de regressão, tendo-se em consideração que na maioria dos trabalhos foram utilizadas doses anuais inferiores a 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

A colheita das amostras no experimento em fase avançada de maturação pode prejudicar a concentração protéica das forrageiras, confirmando os resultados de Santana e Santos (1983) e

Ruggieri et al., (1995). A redução nas concentrações de proteína bruta em função da idade das plantas representa um fato importante para definir os ciclos de pastejo de uma forrageira, visando com isso, maximizar o valor nutritivo do alimento fornecido aos animais. Ainda quanto ao período de crescimento da planta, Carambula (1977) afirmou que quanto maior o período de crescimento da forragem após a fertilização maior será o efeito do nitrogênio em aumentar a produtividade de massa seca e menor será a concentração de proteína bruta (efeito diluição). Dessa forma, procurou-se no presente trabalho, administrar de forma coerente, de acordo com as exigências e respostas da gramínea forrageira, os períodos de crescimento, para que isso não interferisse nos resultados.

Figura 26 - Concentração de proteína bruta na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Dias Filho (2007) observou influência da aplicação de nitrogênio (0 a 450 mg kg⁻¹), na concentração de PB na parte aérea do capim-Braquiária, no primeiro e no segundo corte, verificando que os resultados ajustaram-se a modelo linear, nos dois cortes. Rodrigues (2002), estudando a recuperação da *Brachiaria decumbens* com aplicação de calcário, nitrogênio e

enxofre, constatou que houve efeito significativo do nitrogênio na concentração de PB nas folhas, com os resultados ajustando-se a modelo quadrático de regressão.

Figura 27 - Concentração de proteína bruta na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da quarta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Souza et al. (2006), avaliando aspectos relacionados ao valor nutritivo de cultivares de *Panicum maximum*, observaram efeito significativo da adubação nitrogenada na concentração de proteína bruta na forragem, com resposta linear positiva à medida em que se incrementou as doses de nitrogênio. Euclides et al. (2007), avaliando as características do pasto de capim-Tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão, não observaram efeito significativo da adubação nitrogenada na concentração de proteína bruta na massa seca da forragem. Justificaram essa resposta em função da quantidade aplicada de nitrogênio (50 kg ha⁻¹) ter sido baixa, e qualquer efeito do nitrogênio no valor nutritivo da planta seria diluído, quando os resultados foram agrupados por períodos de águas e secas.

Figura 28 - Concentração de proteína bruta na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da quinta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

As concentrações de PB nas três primeiras avaliações apresentaram limites superiores aos das duas últimas avaliações do período chuvoso, o que pode ser explicado pela proximidade das adubações nas três primeiras avaliações.

4.4.1.2 Período seco

Para o período seco do primeiro ano de recuperação do capim-Braquiária, somente na primeira avaliação a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre foi significativa para a concentração de PB (Figura 29). Nas demais avaliações do período seco, a concentração de PB apresentou significância para as doses de nitrogênio.

Figura 29 - Concentração de proteína bruta na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da primeira avaliação do período seco, em função da combinação das doses de nitrogênio e de enxofre

Na primeira avaliação desse período, a concentração de PB revelou significância para a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre, ajustando-se ao modelo polinomial de regressão. De acordo com a superfície de resposta pode-se verificar aumento na concentração de PB conforme foram sendo incrementadas as doses de nitrogênio, e observou-se que as concentrações mais altas de PB encontravam-se em altas doses de nitrogênio e baixas doses de enxofre.

Cunha et al. (2001), aplicando doses de nitrogênio e de enxofre para a produção e qualidade da forragem de campo natural de Planossolo no Rio Grande do Sul, verificaram no primeiro corte das plantas, significância na concentração de PB para o nitrogênio e para o enxofre, de forma isolada. No segundo corte, obtiveram interação significativa doses de nitrogênio x doses de enxofre, com ajuste dos resultados a modelo polinomial de regressão.

Na segunda avaliação do período seco, observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio na concentração de PB, com os resultados ajustando-se a modelo quadrático de regressão (Figura 30). Constatou-se que a máxima concentração de proteína bruta (13,9%) foi observada na dose de nitrogênio de 565 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Figura 30 - Concentração de proteína bruta na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Na terceira avaliação do período seco a análise de variância revelou significância para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo linear de regressão (Figura 31). Conforme foram sendo incrementadas as doses de nitrogênio, as concentrações de PB foram aumentando, com variação de 11,7 a 17,2%.

Respostas significativas da concentração de PB quanto à aplicação de nitrogênio, com ajuste a modelo linear de regressão, também foram observadas por Gomide e Zago (1986), Andrade et al. (1996), Macedo et al. (2003) e Quadros e Rodrigues (2006).

É importante salientar ainda que as concentrações médias de proteína bruta nas oito avaliações, tanto do período chuvoso, quanto do seco, foram superiores a 7%, nível crítico para o atendimento das necessidades nutricionais dos ruminantes, conforme Minson e Wilson (1994). Em alguns casos da não aplicação da adubação (nitrogênio e enxofre), as concentrações mostraram-se inferiores a esse valor considerado crítico, como na segunda e quinta avaliações do período chuvoso.

Figura 31 - Concentração de proteína bruta na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

4.4.2 Fibra em detergente neutro

4.4.2.1 Período chuvoso

Para o teor de fibra em detergente neutro (FDN) na massa seca do capim-Braquiária, que inclui hemicelulose, celulose e lignina, a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre não foi significativa no período chuvoso. Com exceção da primeira avaliação quando não houve resposta significativa para a aplicação de doses de nitrogênio e de enxofre, nas demais quatro avaliações do período chuvoso, a variação no teor de FDN apresentou significância para as doses de nitrogênio.

A FDN está relacionada com a ingestão potencial de matéria seca da forragem pelos animais. O consumo de forragem pode ser predito (em kg dia⁻¹), dividindo-se a capacidade de ingestão do animal (kg) pelo enchimento do rúmen (dia) e, como a fração fibrosa do alimento é um dos fatores responsáveis pelo enchimento do rúmen, as variáveis de degradação e a taxa de passagem ruminal baseiam-se na FDN da forrageira (MADSEN et al., 1997). De acordo com Lima et al. (2002), a FDN apresenta relação inversamente proporcional à densidade energética da dieta e valores de FDN acima de 60%, correlacionam-se negativamente com consumo de forragem (MERTENS, 1996).

Na segunda e terceira avaliações do período chuvoso o teor de FDN variou com as doses de nitrogênio segundo modelo quadrático de regressão e foram verificados teores mínimos de FDN de 71 e 67%, nas doses de nitrogênio de 428 e 468 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para a segunda e terceira avaliações (Figura 32 e 33). Esses teores mínimos estão acima do teor considerado crítico para o consumo de forragem.

Figura 32 - Teor de fibra em detergente neutro na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Basso et al. (2007), avaliando o rendimento e a qualidade de massa seca de dois cultivares de *Cynodon* submetidos a doses de nitrogênio, verificaram resultados com ajuste quadrático nos teores de FDN, sendo que o teor mínimo, também mostrou-se superior ao teor crítico (72,4%). Alvim et al. (1996), testando doses de nitrogênio para gramínea do mesmo gênero, verificaram também decréscimo nos teores de FDN com incrementos nas doses de nitrogênio.

Figura 33 - Teor de fibra em detergente neutro na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Na quarta avaliação do período chuvoso não ocorreu resposta significativa no teor de FDN para as doses de nitrogênio e de enxofre e o valor médio encontrado (72,7%) foi superior ao do teor crítico. Freire et al. (2006), estudando o efeito da adubação nitrogenada na composição química da *Brachiaria decumbens*, sob pastejo rotacionado, obtiveram resultado semelhante, verificando que não houve resposta significativa nos teores de FDN em função das doses de nitrogênio, e que o teor médio (73,4%) foi mais elevado que o considerado crítico.

Na quinta avaliação do período chuvoso a análise de variância revelou significância para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo linear de regressão (Figura 34). Conforme foram sendo incrementadas as doses de nitrogênio, os teores de FDN foram diminuindo, com variação de 71,6 a 68,8% MS, mas estando sempre acima do teor crítico.

Figura 34 - Teor de fibra em detergente neutro na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da quinta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Costa et al. (2007), avaliando doses de nitrogênio na composição bromatológica do capim-Marandu em estágio moderado de degradação, observaram redução nos teores de FDN com aumento das doses de nitrogênio, com os resultados ajustando a modelo linear de regressão. As médias ajustadas pela equação de regressão ficaram entre 70,44 a 64,15% para a testemunha e a dose máxima estudada, respectivamente, nos três anos avaliados. O menor teor de FDN foi obtido na dose de nitrogênio de 300 kg ha⁻¹, com redução de 8,93% em relação à testemunha.

4.4.2.2 Período seco

No período seco do primeiro ano de recuperação do capim-Braquiária a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre foi significativa para o teor de fibra em detergente neutro (FDN) somente para a primeira avaliação. Nas demais avaliações desse período o teor de FDN apresentou variação significativa com as doses de nitrogênio.

Na primeira avaliação os resultados do teor de FDN ajustaram-se a modelo polinomial de regressão (Figura 35). De acordo com a superfície de resposta pode-se verificar diminuição no teor de FDN conforme foram sendo incrementadas as doses de nitrogênio, e os teores mais elevados de FDN (da ordem de 15%) foram obtidos na combinação de baixas doses de nitrogênio

com baixas doses de enxofre. O teor médio encontrado (72%), assim como da maioria das avaliações do período chuvoso, mostrou-se mais elevado que o teor considerado crítico.

Figura 35 - Teor de fibra em detergente neutro na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da primeira avaliação do período seco, em função da combinação das doses de nitrogênio e de enxofre

Na segunda avaliação do período seco observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio no teor de FDN, com os resultados ajustando-se a uma função inversa (Figura 36). A função inversa demonstrou comportamento decrescente do teor de FDN quando a dose de nitrogênio variou de 0 a 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹, havendo uma abrupta diminuição nos teores de FDN com mínimo incremento nas doses de nitrogênio, até que esses teores mantiveram-se constantes (oscilando de 64 a 72%), mediante aumento no fornecimento de nitrogênio. Essa resposta demonstra que a ausência, ou mínima aplicação de doses de nitrogênio (0 a 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹) influencia os teores de FDN, porém, a partir desse ponto, o aumento das doses de nitrogênio não mais influencia a variação dos teores de FDN nas plantas forrageiras. O teor médio encontrado foi de 65,25%, estando assim superior ao considerado crítico.

Figura 36 - Teor de fibra em detergente neutro na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Na terceira avaliação do período seco a análise de variância revelou significância das doses de nitrogênio no teor de FDN, com ajuste dos resultados a modelo linear de regressão (Figura 37). Conforme foram sendo incrementadas as doses fornecidas de nitrogênio (0 a 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹), os teores de FDN foram diminuindo de 63,2 a 59,5%.

Segundo Souza et al. (2006), o teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi influenciado pelos cultivares de *Panicum maximum* e pela adubação nitrogenada. O teor de FDN decresceu conforme o aumento na adubação nitrogenada, sendo que para cada quilograma de nitrogênio aplicado houve diminuição de dois pontos percentuais no teor de FDN. De acordo com Van Soest (1994), o aumento no suprimento de nitrogênio para as plantas proporciona incremento na concentração de proteínas no conteúdo celular e tem efeito de diluição dos componentes da parede celular, diminuindo a concentração da FDN.

Figura 37 - Teor de fibra em detergente neutro na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

4.4.3 Fibra em detergente ácido

4.4.3.1 Período chuvoso

No primeiro ano de recuperação do capim-Braquiária, para o teor de fibra em detergente ácido (FDA) na massa seca do capim, que inclui celulose e lignina, a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre não foi significativa para as avaliações do período chuvoso. O teor de FDA mostrou variação significativa com as doses de nitrogênio na segunda e quarta avaliações do período chuvoso.

Na segunda e quarta avaliações os resultados ajustaram-se a modelo linear de regressão, tendo sido as respostas bem diferenciadas. Na regressão linear da segunda avaliação, conforme foram sendo incrementadas as doses fornecidas de nitrogênio, os teores de FDA foram diminuindo, variando de 45,0 a 39,5% (Figura 38). Esse decréscimo é considerado importante, pois, o teor de FDA avalia a digestibilidade de um alimento. À medida que há aumento dos teores de FDA da forrageira, diminui a digestibilidade da massa seca, comprometendo o aproveitamento da forragem ingerida.

Na regressão linear para a quarta avaliação, conforme foram sendo incrementadas as doses de nitrogênio, os teores de FDA foram aumentando, variando de 40,6 a 44,8 % (Figura 39), e a

possível causa pode ter sido em virtude do aumento de tecidos lignificados nas plantas durante esse período. O aumento dos teores de FDA em função da adubação nitrogenada não é comumente verificado em trabalhos científicos. Burton (1998) explicou que as adubações, principalmente a nitrogenada, além de elevar a produção de massa seca, aumentam a concentração de proteína bruta da forragem e, em alguns casos, diminuem o teor de fibra, contribuindo dessa forma para a melhoria do seu valor nutritivo.

Figura 38 - Teor de fibra em detergente ácido na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Costa et al. (2007) verificou a mesma resposta da variação dos teores FDN em função das doses de nitrogênio, mostrando decréscimo linear com o aumento das doses de nitrogênio. As médias ajustadas pela equação de regressão ficaram entre 41,14 a 30,33%, nos três anos avaliados, com redução no teor de FDA na dose máxima (300 kg ha⁻¹) de 26,28% em relação à testemunha. Magalhães et al. (2005), trabalhando com doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹) na *Brachiaria decumbens*, verificaram que a adubação nitrogenada reduziu o teor de FDA de 29,6% (testemunha) para 27,4% (300 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Basso et al. (2007) verificou resposta similar entre as variações nos teores de FDN e de FDA, demonstrando que o aumento nas doses de nitrogênio provocou decréscimos nos teores FDA, melhorando o valor nutritivo da forragem. Rodrigues et al. (2005), da mesma forma,

avaliando o efeito da adubação nitrogenada na produção de massa seca e composição bromatológica de cultivares de *Brachiaria brizantha*, verificaram diminuição nos teores de FDA com acréscimos nas doses de nitrogênio.

Figura 39 - Teor de fibra em detergente ácido na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da quarta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Gomide (1996), avaliando características fisiológicas e químicas em cinco cultivares de *Cynodon*, encontrou resposta significativa da aplicação de nitrogênio na variação dos teores de FDA e verificou os maiores teores na dose de 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

4.4.3.2 Período seco

No período seco do primeiro ano de recuperação do capim-Braquiária, para teor de fibra em detergente ácido (FDA) na massa seca do capim a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre foi significativa somente para a primeira avaliação. Na segunda avaliação do período seco o teor de FDA apresentou significância para as doses de nitrogênio, enquanto na terceira avaliação não mostrou variação significativa, quer para as doses de nitrogênio quer para as de enxofre.

Na primeira avaliação os resultados ajustaram-se a modelo polinomial de regressão (Figura 40). De acordo com a superfície de resposta pode-se verificar aumento no teor de FDA conforme foram sendo incrementadas as doses de nitrogênio, até atingir o teor máximo de FDA

(45%), na combinação de doses de nitrogênio e de enxofre de 243 e 27 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Em doses mais elevadas de ambos os nutrientes constatou-se decréscimo dos teores de FDA.

Figura 40 - Teor de fibra em detergente ácido na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da primeira avaliação do período seco, em função da combinação das doses de nitrogênio e de enxofre

Na segunda avaliação, a análise de variância revelou significância somente para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo linear de regressão. À medida em que foram sendo incrementadas as doses de nitrogênio, os teores de FDA foram diminuindo (Figura 41).

Cecato et al. (2004), avaliando a influência das adubações nitrogenada e fosfatada na composição químico-bromatológica do capim-Marandu, verificaram que os teores de FDA apresentaram variação linear, com as doses de nitrogênio (no intervalo de 0 a 600 kg ha⁻¹), no período das águas e da seca. Segundo esses autores, isto provavelmente ocorreu em função da maior proporção de lâmina foliar em relação à de colmo e, conseqüentemente, de presença menor de constituintes da parede celular, o que corrobora a observação de Cecato et al. (1994).

Figura 41 - Teor de fibra em detergente ácido na massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

4.4.4 Digestibilidade “*in vitro*” da massa seca

4.4.4.1 Período chuvoso

Nas avaliações do período chuvoso do primeiro ano de recuperação do capim-Braquiária, a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre não foi significativa quanto à digestibilidade “*in vitro*” da massa seca do capim (DIVMS).

Na primeira avaliação a DIVMS não mostrou variação significativa quer para as doses de nitrogênio quer para as de enxofre, enquanto que na segunda, terceira e quinta avaliações a DIVMS apresentou variação significância com as doses de nitrogênio, e na quarta avaliação, a DIVMS também demonstrou resposta significativa para as doses de enxofre.

Euclides et al. (2007), avaliando as características do pasto de capim-Tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão, verificaram incrementos na DIVMO apenas em março, logo após a adubação nitrogenada. Quadros e Rodrigues (2006) também encontraram acréscimos na DIVMS, quando as doses de nitrogênio variaram de 100 a 230 kg ha⁻¹.

Na segunda, terceira e quinta avaliações do período chuvoso os resultados ajustaram-se a modelo linear de regressão (Figuras 42, 43 e 45). À medida em que foram sendo incrementadas as

doses de nitrogênio, a DIVMS conjuntamente foi aumentando, variando de 53,4 a 66,7%, de 62,9 a 72,0% e de 53,6 a 60,2%, na segunda, terceira e quinta avaliações, respectivamente.

Figura 42 - Digestibilidade “*in vitro*” da massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Figura 43 - Digestibilidade “*in vitro*” da massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Cecato et al. (2004) verificaram que a DIVMS das plantas de capim-Marandu não foi influenciada pelas doses de nitrogênio e apresentou valor médio de 59,7%, situando-se entre 50 e 60%, valores estimados para as braquiárias (GOMIDE; QUEIROZ, 1994).

Na quarta avaliação do período chuvoso os resultados ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão e o valor mínimo encontrado de DIVMS foi de 61% sendo atingido na dose de enxofre de 28 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 44). O aumento da digestibilidade pode ter sido favorecido pelo aumento dos teores de FDA. Possivelmente pode ter ocorrido aumento nos teores de hemicelulose na massa seca, ao invés de componentes lignificados. Dessa forma seria de se esperar aumento da digestibilidade da forragem, em decorrência da adubação sulfatada, pois a hemicelulose é altamente digestível.

Figura 44 - Digestibilidade “*in vitro*” da massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da quarta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Figura 45 - Digestibilidade “*in vitro*” da massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da quinta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Alves (2000), estudando o rendimento forrageiro e o valor nutritivo do capim-Tifton 85 (*Cynodon*), colhido ao atingir 30, 40 e 50 cm de altura, verificou resposta significativa para DIVMS na fração colmo em função dos incrementos das doses de nitrogênio, com os resultados ajustando-se ao modelo linear de regressão e demonstrando incrementos na DIVMS de 0,069% por quilograma de nitrogênio aplicado. Segundo esse autor, respostas lineares significativas de DIVMS na fração lâmina e na planta inteira em função das doses de nitrogênio foram observadas, e na planta inteira verificou incrementos lineares de 0,05; 0,084 e 0,117% na DIVMS, para cada quilograma de nitrogênio aplicado, para plantas colhidas aos 30, 40 e 50 cm de altura, respectivamente.

4.4.4.2 Período seco

Nas avaliações do período seco a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre não foi significativa quanto à digestibilidade “*in vitro*” da massa seca do capim. A DIVMS apresentou significância para as doses de nitrogênio na primeira e segunda avaliações, enquanto que na terceira avaliação a DIVMS não variou significativamente com as adubações empregadas.

Na primeira avaliação, os resultados ajustaram-se a modelo quadrático de regressão e o valor mínimo encontrado de DIVMS, atingido na dose de nitrogênio de 118 kg ha⁻¹ ano⁻¹, foi de 51% (Figura 46).

Figura 46 - Digestibilidade “*in vitro*” da massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da primeira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Van Soest (1975) observou que as doses de nitrogênio resultaram em aumentos nos teores de PB, com diminuição nos teores de fibra, porém sem efeito na DIVMS. Segundo esse autor, algumas pesquisas revelam aumento na DIVMS enquanto outras não, quando se fornece nitrogênio às plantas forrageiras.

Resultados encontrados na literatura têm sido inconsistentes quanto aos efeitos da adubação nitrogenada na digestibilidade em gramíneas forrageiras. Monson e Burton (1982), Herrera et al. (1985) e Martin (1997) observaram incrementos na DIVMS de cultivares de *Cynodon*, com aumento na dose de adubo nitrogenado. No entanto, Cáceres et al. (1989) e Coto et al. (1990) não observaram variação na DIVMS do capim Coast-cross, recebendo doses de nitrogênio anuais até 400 kg ha⁻¹.

Segundo Noller e Rhykerd (1974), o nitrogênio, ao estimular o crescimento rápido das plantas, possibilita cortes mais frequentes e, portanto, forragens mais tenras e mais digestíveis. Esses autores estimaram valores de DIVMS da planta inteira de 60,62 e 67,46%; 54,71 e 65,96%

e 48,81 e 64,46%, para plantas colhidas aos 30, 40 e 50 cm de altura, respectivamente, recebendo de nitrogênio 0 e 133 kg ha⁻¹.

Na segunda avaliação do período seco os resultados da DIVMS apresentaram ajuste a modelo linear de regressão (Figura 47). Conforme foram sendo incrementadas as doses fornecidas de nitrogênio, a DIVMS conjuntamente foi aumentando, com variação de 56,0 a 69,0%.

Figura 47 - Digestibilidade “*in vitro*” da massa seca do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

4.4.5 Nitrogênio solúvel

4.4.5.1 Período chuvoso

Na primeira avaliação do período chuvoso do primeiro ano de recuperação do capim-Braquiária a percentagem de nitrogênio solúvel no nitrogênio total (Nsol) não mostrou variação significativa quer para as doses de nitrogênio quer para as de enxofre.

Na segunda avaliação verificou-se resposta significativa na fração nitrogenada solúvel para as doses de nitrogênio e de enxofre, isoladamente. Os resultados ajustaram-se a modelo linear de regressão com as doses de nitrogênio (Figura 48), e a modelo quadrático de regressão com as doses de enxofre (Figura 49). As porcentagens de Nsol variaram de 21 a 44% no N total, em

função das doses de nitrogênio, enquanto com as doses de enxofre o valor máximo foi de 38,9% e foi atingido na dose de enxofre de 23 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Figura 48 - Fração de nitrogênio solúvel em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Figura 49 - Fração de nitrogênio solúvel em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de enxofre

Balsalobre (2002), avaliando o valor nutritivo do capim-Tanzânia, verificou que o teor de Nsol variou de 24,97 a 35,97%, sendo que o nitrogênio não protéico (NnP) representou em torno de 75 a 80% do Nsol.

Na terceira avaliação os resultados referentes à fração de Nsol revelaram significância para a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre, com ajuste a modelo polinomial de regressão. De acordo com a superfície de resposta pode-se verificar que as doses de nitrogênio em combinação com baixas doses de enxofre influenciaram positivamente a proporção de Nsol, mostrando as porcentagens mais elevadas no intervalo de doses de nitrogênio de 300 a 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ combinadas com doses de enxofre de 0 a 15 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 50).

Figura 50 - Fração de nitrogênio solúvel em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período chuvoso, em função da combinação de doses de nitrogênio e de enxofre

Os resultados para a proporção de Nsol da quarta e da quinta avaliação mostraram efeitos significativos das doses de nitrogênio, com ajustes a modelos lineares de regressão. Na quarta avaliação os valores de Nsol variaram de 24 a 46% do N total (Figura 51), enquanto na quinta avaliação verificou-se variação de 27 a 40% do N total (Figura 52), em função das doses de nitrogênio.

Figura 51 - Fração de nitrogênio solúvel em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da quarta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Figura 52 - Fração de nitrogênio solúvel em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da quinta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

4.4.5.2 Período seco

Nas avaliações do período seco, a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre não foi significativa quanto à percentagem de nitrogênio solúvel em relação ao nitrogênio total (Nsol) presente no capim-Braquiária. Na primeira e terceira avaliações constatou-se significância para as doses de nitrogênio. Em ambas as avaliações, observou-se ajuste dos resultados a modelo linear de regressão, com elevações nos valores de Nsol à medida em que se elevaram as doses de nitrogênio. Na primeira avaliação as proporções de Nsol variaram de 29 a 44% do N total (Figura 53), enquanto na terceira avaliação essa variação foi de 20 a 33% do N total (Figura 54).

Figura 53 - Fração de nitrogênio solúvel em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da primeira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Figura 54 - Fração de nitrogênio solúvel em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

4.4.6 Nitrogênio não protéico

4.4.6.1 Período chuvoso

Na primeira avaliação do período chuvoso do primeiro ano de recuperação do capim-Braquiária a percentagem de nitrogênio não protéico no nitrogênio total (NnP) não mostrou variação significativa quer para as doses de nitrogênio quer para as de enxofre.

Na segunda avaliação foi possível observar efeito significativo das doses de nitrogênio e das doses de enxofre no NnP, com resultados mostrando ajuste a modelo linear para as doses de nitrogênio (Figura 55) e a modelo quadrático de regressão para as doses de enxofre (Figura 56). Considerando as doses de enxofre o valor máximo encontrado de NnP foi de 44,4% e foi atingido na dose de enxofre de 24 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Figura 55 - Fração de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Figura 56 - Fração de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da segunda avaliação do período chuvoso, em função das doses de enxofre

Cabral et al. (1999) verificaram que o capim-Tifton-85, adubado com dose de nitrogênio de 133 kg ha⁻¹ em cada corte e colhido com 30 e 50 cm de altura, apresentou a proporção de NnP de 12,4% da proteína bruta. Lima et al. (1999), trabalhando com plantas não adubadas de capim-Tifton-85, *Hemarthria altíssima* e *Paspalum notatum*, observaram que no capim-Tifton-85 o NnP variou entre 15,90 e 21,80%, para *Hemarthria* variou de 11,40 e 20,10%, enquanto para *Paspalum notatum* essa fração nitrogenada esteve em patamares entre 7,50 e 8,50%.

No presente experimento os resultados na terceira avaliação mostraram variação similar ao da segunda, observando-se efeito significativo das doses de nitrogênio e das doses de enxofre, isoladamente, no NnP. Os resultados ajustaram-se a modelo linear para as doses de nitrogênio, com baixo R² (Figura 57) e a modelo quadrático para as doses de enxofre (Figura 58). Em função das doses de nitrogênio a variação da proporção de NnP foi de 31 a 44% do N total, enquanto em função das doses de enxofre, o valor mínimo encontrado de NnP foi de 31,6% do N total e foi atingido na dose de enxofre de 34 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Figura 57 - Fração de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Figura 58 - Fração de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período chuvoso, em função das doses de enxofre

No trabalho de Glenn et al. (1985) foi constatado aumento na concentração de proteína em uma espécie de clima temperado, a festuca (*Festuca arundinaceae*), conforme a adubação nitrogenada aumentou de 0 para 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹. A elevação foi de 14,7 para 21,5% de proteína total na massa seca, o que corresponde ao incremento de 47%, enquanto o NnP foi paralelamente aumentado em 24%.

Na quarta avaliação do período chuvoso a proporção de NnP revelou significância para a interação das doses de nitrogênio x doses de enxofre, ajustando-se os resultados a modelo polinomial de regressão. De acordo com a superfície de resposta pode-se verificar que o teor mínimo de NnP foi alcançado na ausência de nitrogênio, associado às doses baixas de enxofre (0 a 15 kg ha⁻¹ ano⁻¹). As doses de nitrogênio influenciaram positivamente as proporções de NnP, verificando-se os valores mais elevados no intervalo de doses de nitrogênio de 450 a 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ combinadas com doses de enxofre de 0 a 30 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 59).

Figura 59 - Fração de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da quarta avaliação do período chuvoso, em função das doses de enxofre

Na quinta avaliação observou-se efeito significativo na variação no NnP em função das doses de nitrogênio, com os resultados tendo se ajustado a modelo linear de regressão. As proporções oscilaram de 34 a 42% do N total (Figura 60), e essa variação no NnP foi superior à de Nsol, na mesma avaliação.

Cilliers et al. (1997) constataram aumento da concentração de nitrogênio na massa seca total de 9,9 para 14,7 g kg⁻¹, quando numa área com mistura de plantas forrageiras tropicais foi adubada com doses de nitrogênio de 0 e 80 kg ha⁻¹. Segundo esses autores, pode-se afirmar que houve aumento da síntese líquida de proteína à medida em que se aumentou a adubação nitrogenada.

Figura 60 - Fração de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da quinta avaliação do período chuvoso, em função das doses de nitrogênio

Resultados de pesquisa mostram que a aplicação única de elevadas doses de nitrogênio (a partir de 50 kg ha⁻¹ em cada aplicação), principalmente em períodos em que há restrições ambientais para o desenvolvimento da planta forrageira, determina o acúmulo de nitrogênio não protéico na forragem (PRIMAVESI et al., 2001; BALSALOBRE, 2002). O aproveitamento dessa fração de nitrogênio pelos ruminantes depende do sincronismo com a disponibilidade de carboidratos no rúmen. Fontes de NnP são fundamentais para o bom funcionamento ruminal, pois os microorganismos fermentadores de carboidratos estruturais presentes no rúmen, utilizam a amônia como fonte de nitrogênio para síntese de proteína microbiana (PEREIRA et al., 2007). Nos casos em que isso não ocorre, esse nitrogênio é metabolizado e eliminado com custo energético para os animais, comprometendo seu desempenho. Além disso, o nitrogênio liberado pelos animais por excreções pode provocar impactos negativos do sistema de produção animal no ambiente, como o acúmulo de nitrato em lençóis freáticos (SANTOS et al., 2007).

4.4.6.2 Período seco

Nas avaliações do período seco, a interação doses de nitrogênio x doses de enxofre não foi significativa para a proporção de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total presente no capim-Braquiária.

Na primeira avaliação observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio no NnP, com resultados tendo ajuste a modelo linear. Os valores de NnP variaram de 32 a 45% do N total (Figura 61) e são semelhantes aos encontrados para o Nsol na mesma avaliação.

Figura 61 - Fração de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da primeira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Na terceira avaliação também se observou efeito significativo das doses de nitrogênio no NnP e os resultados ajustaram-se a modelo linear. Os valores de NnP foram inferiores aos encontrados na mesma avaliação para o Nsol e variaram de 20 a 31% do N total (Figura 62).

Figura 62 - Fração de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total do capim-Braquiária, na ocasião da terceira avaliação do período seco, em função das doses de nitrogênio

Como resultado geral do fracionamento de nitrogênio, especificamente com relação ao nitrogênio solúvel e ao nitrogênio não protéico, verificou-se que os valores médios encontrados de todas as combinações de doses de nitrogênio e de enxofre, tanto no período chuvoso, quanto no período seco do ano, demonstraram valores similares, porém com uma pequena superioridade do NnP em relação ao Nsol. A média dos valores do NnP e do Nsol no período chuvoso foi de 35,4 e 31,7% e no período da seca foi de 31,9 e 30,7%, respectivamente.

4.4.7 NIRS

A Tabela 3 mostra os resultados para as amostras analisadas após o desenvolvimento das curvas de calibração, em cada parâmetro analisado. O que se busca nas curvas de calibração são altos coeficientes de determinação (R^2) e baixos erros padrões de calibração (SEC). Dentre os constituintes estudados, a PB apresentou as melhores curvas de calibração, independentemente do tratamento matemático aplicado, com altos valores de R^2 de calibração e do R^2 de validação cruzada, e baixos valores do erro padrão de calibração (SEC) e do erro de validação cruzada na calibração (SECV). Vários trabalhos de pesquisa têm obtido curvas satisfatórias de validação para PB (PIRES; PRATES, 1998; SALIBA et al., 2003; FONTANELI et al., 2004).

Observou-se boa curva para predição da DIVMS, com índices satisfatórios de R^2 de calibração, R^2 de validação cruzada, SEC e SECV. Alguns trabalhos também apresentaram boas curvas para predição de DIVMS, como Saliba et al. (2003), trabalhando com sorgo (*Sorghum bicolor*). O banco de resultados para calibração de qualquer constituinte deve apresentar via-de-regra uma boa distribuição, dentro de valores das amostras a serem preditas (SHENK; WESTERHAUS, 1991).

A fração fibra também apresentou coeficientes de determinação bem satisfatórios, com valores de 0,95 e 0,92 FDN e FDA, respectivamente. Embora não tenham obtido bons resultados na validação das equações para predição de FDN e FDA, Pires e Prates (1998), trabalhando com alfafa (*Medicago sativa*) também obtiveram boas curvas para esses constituintes.

Tabela 3 - Variáveis da equação de validação para a determinação de PB, FDN, FDA, DIVMS, Nsol e NnP

Parâmetro	N^(a)	DP^(b)	SEC^(c)	R² de	SECV^(d)	R² de	Tratamento	
(%)		(%)	(%)	calibração	(%)	validação	matemático	
						cruzada		
PB	288	3,63	0,94	0,9325	1,0215	0,9210	NSV	1,10,10,1
FDN	288	5,55	1,17	0,9555	1,4924	0,9277	MMSC	2,4,4,1
FDA	288	6,11	1,75	0,9174	1,9216	0,9009	NSVD	2,4,4,1
DIVMS	285	8,54	3,00	0,8766	3,1464	0,8640	Detrend	1,4,4,1
Nsol	285	9,58	6,05	0,6010	6,9228	0,4771	NSVD	2,4,4,1
NnP	288	9,46	5,33	0,6822	7,1597	0,4259	MSC	2,4,4,1

^a N: número de amostras efetivamente utilizadas para a regressão

^b DP: desvio padrão

^c SEC: erro padrão da calibração

^d SECV: erro padrão de validação cruzada na calibração

As frações nitrogenadas, Nsol e NnP, apresentaram baixos coeficientes de determinação, com valores de 0,60 e 0,68 Nsol e NnP, respectivamente, e valores considerados altos de SEC, o que demonstra resultados não muito satisfatórios quanto a calibração da curva desses parâmetros analisados, demonstrando menor precisão da técnica NIRS. Para essas frações nitrogenadas não foram obtidos bons resultados na validação das equações para predição de Nsol e NnP e isso se

deve aos baixos coeficientes de determinação de validação cruzada, além dos altos valores de SECV.

Os resultados das análises bromatológicas realizadas pelo método NIRS e pelo método químico tradicional não foram estatisticamente diferentes, e a partir daí, foi realizada análise de correlação entre os métodos. Na Tabela 4 são apresentados o número de amostras utilizadas na análise de correlação, o coeficiente de correlação de Pearson (r), a amplitude, as médias e os desvios-padrão obtidos para os constituintes do valor nutritivo estudados.

Tabela 4 - Análise de correlação entre a composição bromatológica de *Brachiaria decumbens* determinada pelo NIRS e pelo método químico tradicional

Parâmetro (%)	Nº de amostras	r	Amplitude (%)		Média (%)		Desvio-padrão (%)	
			Químico	NIRS	Químico	NIRS	Químico	NIRS
PB	300	0,95	4,9 - 23,4	5,3 - 22,5	12,30	12,27	3,75	3,52
FDN	300	0,93	50,9 - 88,7	53,9 - 78,4	68,21	68,1	5,79	5,47
FDA	299	0,90	19,5 - 57,9	19,7 - 48,6	38,52	38,46	6,33	5,89
DIVMS	298	0,89	40,9 - 94,2	48,0 - 81,3	64,09	64,15	8,80	8,06
Nsol	297	0,71	6,4 - 63,3	15,6 - 61,9	32,60	33,05	10,31	7,63
NnP	298	0,77	8,1 - 64,8	10,4 - 62,2	35,49	35,51	10,32	7,94

De acordo com os resultados do NIRS, a concentração média de PB (12,27%) foi inferior à obtida por Fontaneli et al. (2004) que trabalharam com capim-Bermuda (*Cynodon dactylon*), entretanto, demonstrou elevada amplitude, de 5,3 a 22,5%, e foi superior à obtida por Saliba et al. (2003).

A média de FDN (68,1%) foi inferior aos valores apresentados por Rocha et al. (2001), que trabalharam com três gramíneas do gênero *Cynodon*, e por Fontaneli et al. (2004), porém foi superior à obtida por Saliba et al. (2003), alcançando elevada amplitude (de 53,9 a 78,4%). O valor médio de FDA (38,46%) também foi inferior aos relatados por Rocha et al. (2001), porém foi superior ao valor encontrado por Fontaneli et al. (2004) e Saliba et al. (2003), mostrando elevada amplitude (de 19,7 a 48,6%).

O valor médio da DIVMS (64,15%) foi superior ao obtido por Nussio et al. (2005), que trabalharam com capim-Marandu, e por Saliba et al. (2003), trabalhando com sorgo, e também alcançaram alta amplitude (de 48,0 a 81,3%).

Para PB, FDN, FDA e DIVMS, os coeficientes de correlação de Pearson mostraram-se com valores elevados, da ordem de 0,95, 0,93, 0,90 e 0,89, respectivamente, demonstrando alta correlação entre esses dois métodos analisados.

5 CONCLUSÕES

A combinação de doses de nitrogênio e de enxofre altera a produção de massa seca da parte aérea, a relação lâmina foliar:colmo mais bainha e a proporção de nitrogênio solúvel e de nitrogênio não protéico em avaliações próximas à última aplicação dos adubos contendo nitrogênio e enxofre no período chuvoso, e também altera a concentração de proteína bruta e o teor de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido na primeira avaliação do período seco.

O nitrogênio é o nutriente que mais influencia a variação dos fatores analisados no capim-Braquiária em recuperação com respostas significativas em 60% dos casos estudados. As doses de nitrogênio até $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ proporcionam variação segundo modelos lineares e quadráticos em produção de massa seca da parte aérea, área foliar, relação lâmina foliar:colmo mais bainha, concentração de proteína bruta, teor de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido, digestibilidade “*in vitro*” da massa seca e proporção de nitrogênio solúvel e de nitrogênio não protéico, tanto no período chuvoso como no seco. Na produção de massa seca do capim observa-se grande impacto com aplicação de nitrogênio de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

As doses de enxofre até $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ demonstram influência na variação da digestibilidade “*in vitro*” da massa seca e na proporção de nitrogênio solúvel e de nitrogênio não protéico somente no período chuvoso.

O método de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS) apresenta resultados satisfatórios para a estimativa da concentração de proteína bruta, dos teores de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido e da digestibilidade “*in vitro*” da massa seca para o capim-Braquiária.

REFERÊNCIAS

AKIN, D.E. Rumen microbial degradation of grass tissue revealed by scanning electron microscopy. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, p.825-828, 1973.

AKIN, D.E. Histological and physical affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.17-25, 1989.

ALCÂNTARA, P.B. Origem das braquiárias e suas características morfológicas de interesse forrageiro. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO DOS CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, 1986, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p.1-14.

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**, São Paulo: Nobel. 1988. 150p.

ALCÂNTARA, P.B.; PEDRO JUNIOR, M.J.; DONZELLI, P.L. Zoneamento edafoclimático de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 2., 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 1-16.

ALVES, M.J. **Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim-Tifton 85 (Cynodon spp.), sob diferentes doses de nitrogênio, colhido ao atingir 30, 40 e 50 cm de altura**. 2000. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, 2000.

ALVIM, M.J., RESENDE, H., BOTREL, M.A. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do “Coastcross”. In: WHORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. **Anais...**Juiz de Fora: EMBRAPA – CNPGL, 1996, p.181-183.

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A.; MARTINS, C.E. Respostas do coast-cross (Cynodon dactylon (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, p.833-840, 1998.

ANDRADE, J. B. de.; BENINTENDE, R. P.; FERRARI JÚNIOR, E.; PAULINO, V. T.; HENRIQUE, W.; WERNER, J. C.; MATTOS, H. B. de. Efeito das adubações nitrogenada e potássica na produção e composição de Brachiaria ruziziensis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, p.617-620, 1996.

ANDRADE, A.C. **Produtividade e valor nutritivo do capim elefante (Pennisetum purpureum Schum. cv. Napier) sob diferentes doses de nitrogênio e potássio**. 1997. 52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, 1997.

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M. da.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V., V.H.; MARTINS, C.E.; SOUZA, D.P.H. de. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.1589-1595, 2000.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analyses**. Washington, D.C.: AOAC, 1970. 1015p.

AZAM, F.; MALIK, K.A. ; SAJJAD, M.I. Transformations in soil and availability to plants of ^{15}N applied as organic fertilizer and legumes residues. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.86, p.3-13, 1985.

BALSALOBRE, M.A.A. **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**. 2002. 113 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BARBER, G.D.; GIVENS, D.I.; KRIDIS, M.S.; OFFER, N.W.; MURRAY, I. Prediction of the organic matter digestibility of grass silage. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 28, p.115-128. 1990.

BARROS, C.O.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; MUNIZ, J.A; ANDRADE, I.F.; SANTOS, R.A. Rendimento e composição química do Capim - Tanzânia estabelecido com milheto sob três doses de nitrogênio. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, p.1068-1075, 2002.

BASSO, F.C.; ISEPON, O.J.; GANGANI, M.T.; LIMA FILHO, R.R. de. Avaliação do rendimento e qualidade de massa seca de dois cultivares de *Cynodon* submetidos a doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Resumos...**Jaboticabal: SBZ, UNESP, 2007.

BATISTA, K. **Respostas do capim-Marandu a combinações de doses de nitrogênio e enxofre**. 2002. 91 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BEATON, J.D.; BURNS, G.R.; PLATOU, J. Determination of sulphur in soils and plant material. Washington: The Sulphur Institute, 1968. 56p. (Technical Bulletin, 14).

BERZAGHI, P. Instrumental Standardization and Monitoring. Consortium activity and summary year 2001. In: NIRS CONSORTIUM ANNUAL MEETING, 2002, Madison, Wisconsin. **Proceedings...** Madison: US Dairy Forage Center, 2002. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/forage/NIRS/proceedings/proceedings.htm>>. Acesso em: dez. 2007.

BETTANY, J.R.; STEWART, J.W.B.; HASTEAD, E.H. Sulfur fractions and carbon, nitrogen and sulfur relationships in grassland, forest and associated transitional soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Chicago, v. 37, p. 915-918, 1973.

BISSANI, C.A.; TEDESCO, M. J. O enxofre no solo. Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17., 1988, Londrina.

Anais... Londrina: EMBRAPA/ IAPAR/ Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988, v.1, p. 11-29.

BLASER, R.E.; HAMMES Jr., R.C.; FONTENOT, J.P.; BRYANT, H.T.; POLAN, C.E.; WOLF, D.D.; McCLAUGHERTY, F.S.; KLINE, R.G.; MOORE, J.S. **Forage animal management systems**. Blacksburg: Virginia Agriculture Experimental Station, 1986. 90 p. (Bulletin, 86-7).

BODDEY, R.M.; RESENDE, C.P.; SCHUNKE, R.M.; ALVES, B. J. R. ; CADISCH, G. ; PEREIRA, J. M. Sustentabilidade de pastagens consorciadas e de gramínea em monocultura; o papel chave das transformações de nitrogênio. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.76-99.

BONFIM-DA-SILVA, E.M. **Nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica**. 2005. 123p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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

BORGES, F.M.O.; FERREIRA, W.M.; SALIBA, E.O.S. Espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo NIRS (“Near Infrared Reflectance Spectroscopy”) – Princípios e aplicações na nutrição e alimentação animal. **Revista CFMV**, Brasília, v.7, p. 43-58, 2001.

BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; MARTINS, Y. Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. 2. Efeitos sobre os teores de proteína bruta e minerais. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.12, p.7-10, 1990.

BRITO, C.J.F.A.; ALQUINI, Y.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C. Perfil anatômico dos tecidos de três ecotipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997. Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997, p.9-11.

BURTON, G. W. Registration of Tifton 78 Bermuda grass. **Crop Science**, Madison, v. 28, p.187-188, 1998.

BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHAY JR., G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality**. Lincoln: ASA; CSSA; SSSA, 1994. p.155-199.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M.; LANA, R. P. ; SILVA, J. F. C. ; VIEIRA, R. A. M. ; PEREIRA, E. S. Frações de carboidratos de volumosos tropicais e suas taxas de degradação estimadas através de técnica de produção de gases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p.289-291.

CÁCERES, O.; SANTANA, H.; DELGADO, R. Influencia de La fertilizacion nitrogenada sobre el valor nutritivo y rendimiento de nutrimentos. **Pastos y Forrajes**, Turrialba, v.12, p.189-195, 1989.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CÂNDIDO, M.J.D.; GOMIDE, C.A.M.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, W.E. Morfofisiologia do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, p.406-415, 2005.

CANTARELLA, H.; ABREU, C.A.; BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1992, Botucatu. **Anais ...** Botucatu: FCA, 1992. p. 63-122.

CARAMBULA, M. **Producción y manejo de pasturas sembradas**. Montevidéu. Editorial Hemisfério Sur., 1977. 464p.

CARVALHO, C.A.B. **Padrões demográficos de perfilhamento e acúmulo de forragem em pastagens de Cynodon spp. Manejadas em quatro intensidades de pastejo**. 2000. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; McDOWELL, L.R. **Nutrição de bovinos a pasto**. Belo Horizonte: PapelForm Editora, 2003. 425 p.

CASAGRANDE, J.C.; SOUZA, O.L. Efeitos de níveis de enxofre sobre quatro gramíneas forrageiras tropicais em solo sob vegetação de cerrado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, p.21-25, 1982.

CECATO, U.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Frequência de corte, níveis e formas de aplicação de nitrogênio sobre as características da rebrota do capim-aruaana (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Aruana). **Revista Unimar**, Marília, v.16, p.263-276, 1994.

CECATO, U.; DIAS, F.J.; BRANCO, A.F.; SANTELLO, G.A.; JOBIM, C.C. Influência das adubações nitrogenada e fostada sobre a composição químico-bromatológica do capim marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu), **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.26, p.409-416, set, 2004.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Nutrición mineral de plantas forrajeras: In: _____. **Programa de ganado de corte**. Cali: CIAT, 1978. 124p. (Informe anual)

CHACON, E., STOBBS, T.H., DALE, M.B. Influence of sward characteristics on grazing behavior and growth of Hereford steers grazing tropical Grass pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.29, p.89-102, 1978.

CILLIERS, J.W.; VAN BILJON, P.L.; TOLMAY, E.; COERTZE, C. Effects of different levels of fertilizer application on veld on growth of steers and chemical composition of the herbage. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.52, p.242-248, 1997.

COELHO, M.; FALCÃO, L. de A.; LIMA, A. da C. Adubação nitrogenada de capim como possível solução no problema da proteína nos trópicos. Recife: Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, 1966. 17p. (Boletim técnico, 1).

COLOZZA, M.T. **Rendimento e diagnose foliar dos capins Aruana e Mombaça cultivados em Latossolo Vermelho-Amarelo adubado com doses de nitrogênio**. 1998. 127p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagemna) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

CONLEY, M.E.; PAPAROZZI, E.T.; STROUP, W.W. Leaf anatomical and nutrient concentration responses to nitrogen and sulfur applications in poinsettia. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 25, p. 1773-1791, 2002.

CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production, tillering and quality of the tropical Grass *Panicum maximum* Jacq.** 1984. 125p. Thesis (Ph. D) – The Ohio State University, Ames, 1984.

COSTA, C. **Estudo da variação na estrutura da vegetação de dois cultivares de *Panicum maximum* Jacq. (Colonião e Tobiatã) submetidos a diferentes tipos de manejo**. 1990. 96p. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1990.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. ; RODRIGUES, R. B. ; MEDEIROS, L. S. Doses e fontes de nitrogênio na composição bromatológica de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em estágio moderado de degradação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Resumos...**Jaboticabal: SBZ, UNESP, 2007.

COTO, G.; HERRERA, R.S; CRUZ, R.; HERNANDEZ, Y.; PERES, M. Effect of season and N fertilization on the quality and solubility of protein of bermuda grass. **Cuban Journal of Agricultural Science**, La Habana, v.24, p.117-122, 1990.

COX, W.J.; KALONGE, S.; CHERNEY, D.J.R; REID, W.S. Growth, yield and quality of forage maize under different nitrogen management practices. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.341-347, 1993.

CUNHA, M.A.D.; LEITE, G.G.; DIOGO, J.M.S.; VIVALDI, L.J. Características morfológicas do *Paspalum citratum* cv. Pojuca submetido ao pastejo rotacionado. Dinâmica de perfilhamento e

elongação de folhas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p. 935-940, 2001.

CUNHA, M.K.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JUNIOR, P.; SIEWERDT, F. Doses de Nitrogênio e Enxofre na Produção e Qualidade da Forragem de Campo Natural de Planossolo no Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p.651-658, 2001.

DEAVILLE, E.R.; FLINN, P.C. Near infrared (NIR) spectroscopy: an alternative approach for the estimation of forage quality and voluntary intake. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E.; OMEDI, H.M. (Ed.). **Forage evaluation in ruminant nutrition**. Wallingford: CAB Publishing, 2000. p. 301-320

DIAS, P.F.; ROCHA, G.P.; OLIVEIRA, A.I.G. de; PINTO, J.C.; ROCHA FILHO, R.R.; SOUTO, S.M. Produtividade e qualidade de gramíneas forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada no final do período das águas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, 1998. Disponível em: <<http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrAnual>>. Acesso em: 01 nov. 2007.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens**. Processos, causas e estratégias de recuperação. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 173 p.

DIAS FILHO, J.G. **Caracterização biométrica e qualidade dos capins Braquiária e Áries submetidos a doses de nitrogênio**. 2007. 30p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração em Fitotecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade de Marília – UNIMAR, Marília, 2007.

DIJKSHOORN W.; LAMPE J.E.M. A method of diagnosing the sulphur nutrition status of herbage. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 13, p. 227-241, 1960.

EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 12.,1995. Piracicaba,. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1995. p.245-274.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; MEDEIROS, R.N. de.; OLIVEIRA, M.P. de. Características do pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.1189-1198, 2007.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M. da; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JR., D. do; VITOR, C.M.T.; MORAIS, R.V. de.; MISTURA, C.; REIS, G. da C.; MARTUSCELLO, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.397-403, 2005.

FAQUIN, V.; CURI, N.; MARQUES, J.J.G.S.M.; TEIXEIRA, W.G.; EVANGELISTA, A.R.; SANTOS, D.; CARVALHO, M.M. Limitações nutricionais para gramíneas forrageiras em Cambissolo álico da microrregião Campos da Mantiqueira-MG, Brasil. 2. Nutrição em macro e micronutrientes. **Pasturas Tropicais**, Cali, v. 17, p. 17-22, 1995.

FERNANDES, M.S.; ROSSIELO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1985, Nova Odessa. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1985. p.93-123.

FERRAGINE, M.D.C. **Combinação de doses de nitrogênio e potássio na nutrição mineral de capim-braquiária**. 1998. 84p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

FERRAGINE, M.C.; MONTEIRO, F.A. Combinação de doses de nitrogênio e potássio na nutrição mineral de capim-Braquiária. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 56, p. 25-33, 1999.

FERRARI NETO, J. **Limitações nutricionais para o Colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) e (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em Latossolo da região noroeste do Estado de Paraná**. 1991. 126 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

FONSECA, I.; FLORES, E.; PACHECO, O. Nitrogenous fertilizer for bermuda grass cv. coastcross no 1 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis*) in greyish brown soils. **Ciência y Técnicas en la Agricultura**, Havana, v.7, p.55-62, 1984.

FONSECA, D.M.; SALGADO, L.T.; QUEIROZ, D.S.; CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; BONJOUR, S.C.M. Produção de leite em pastagem de capim-elefante sob diferentes períodos de ocupação dos piquetes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, p.848-856, 1998.

FONTANELI, R.S.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; DÜRR, J.W.; APPELT, J.V.; BORTOLINI, F. HAUBERT, F.A. Predição da Composição Química de Bermudas (*Cynodon* spp.) pela Espectroscopia de Reflectância no Infravermelho Proximal. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, p. 838-842, 2004.

FREIRE, F.M.; VIANA, M.C.M.; FERREIRA, J.J. ; MACEDO, G. A. R. ; PURCINO, H. M. A. ; BOTELHO, W. Efeito da adubação nitrogenada na composição química da “*Brachiaria decumbens*”, sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Resumos...**João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM

GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; FURLAN, A.M.C.; MATTOS, H.B. de; SARTINI, H.J; FONSECA, M.P. Composição química inorgânica de forragens no Estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.31, p. 115-138, 1974.

GASTAL, F.; BELANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v.70, p.437-442, 1992.

GASTAL, F.; NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, Rockville, v. 105, p. 191-197, 1994.

GESUALDI JUNIOR, A.; QUEIROZ, A.C.; RESENDE, F.D.; LANA, R.P.; GESUALDI, A.C.L.S.; ALLEONI, G.F.; DETMANN, E.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, A.D. de. Validação dos sistemas VIÇOSA, CNCPS E NRC para formulação de dietas para bovinos Nelore e Caracu, não-castrados, selecionados em condições brasileiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.43, p.997-1005, 2005.

GIVENS, D.I., DEAVILLE, E.R. The current and future role of near infrared reflectance spectroscopy in animal nutrition: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.50, p. 1131-1145, 1999.

GLENN, B.P.; ELY, D.G.; GLENN, S.; DOUGLAS, L.W.; BULL, L.S.; BUSH, L.P. Effects of ammonium nitrate and potassium sulfate fertilization on rates of ruminal *in situ* disappearance of Tall Fescue and Orchardgrass nitrogen and sulfur. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v.65, p.631-645, 1985.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Washington: ARS-USDA, 1970. 19 p. (Agricultural Handbook, 379).

GOMIDE, C.C.C. **Algumas características fisiológicas e químicas de cinco cultivares de *Cynodon***. 1996. 100p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 1996.

GOMIDE, J.A. Formação e utilização de capineiras de capim-elefante. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F. (Ed.). **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1994, p.81-115.

GOMIDE, J. A., QUEIROZ, D.S. Valor alimentício das Brachiarias. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994. Piracicaba. **Anais...Piracicaba:FEALQ**, 1994. p.223-248.

GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; RIBEIRO, A.C.; BRAGA, J. M. ; MARTINS, O. Calagem e fontes de fósforo no estabelecimento e produção de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) no cerrado. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.15, p.241-246, 1986.

HADDAD, C.M. **Efeito do enxofre, aplicado na forma de gesso, sobre a produção e qualidade do capim Colonião (*Panicum maximum*, Jacq.)**. 1983. 115p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

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 Agricultural and Animal Sciences**, Queensland, v.35, p.11-21, 1978.

HERRERA, R.S.; HERNANDEZ, Y. Efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad de Cynodon dactylon cv. Coastcross: 1- Rendimiento de matéria seca, proteína bruta y percentage de hojas. **Pastos y Forrages**, Turrialba, v.8, p.227-237, 1985.

HERRERA, R.S.; RAMOS, N.; HERNANDEZ, Y. Bermuda Grass response to nitrogen fertilization and age of regrowth. 4. Digestibility and sílica components. **Cuban Journal of Agricultural Science**, La Habana, v.19, p.217-223, 1985.

HODGSON, J. **Grazing management**: Science into practice. New York: John Wiley; Longman Scientific and Technical, Longman, 1990. 203p.

HOFFMANN, C.R. **Nutrição mineral e crescimento da braquiária e do colonião, sob influência das aplicações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em Latossolo da região noroeste do Paraná**. 1992. 204p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 73 p. 2774-2790, 1995.

JUNG, H.G.; MERTENS, D.R.; PAYNE, A.J. Correlation of acid detergent lignin and klason lignin with digestibility of forage dry matter and neutral detergent fiber. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 1622-1628, 1997.

KEMPEM, T. van.; JACKSON, D. NIRS may provide rapid evaluation of amino acids. **Feedstuffs**, v.2, p.12-15, 1996.

KRISHNAMOORTHY, U.C.; MUSCATO, T.V.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 65, p. 217, 1982.

LANGER, R.H.M. **How grasses grow**. 2nd ed. London: Edward Arnold, 1979. 65 p.

LAVRES JUNIOR, J. **Combinações de doses de nitrogênio e potássio para o capim-Mombaça**. 2001. 103 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

LAVRES JUNIOR, J.; FERRAGINE, M.D.C.; GERDES, L.; RAPOSO, R.W.C.; COSTA, M.N. X. da; MONTEIRO, F. A. Yield components and morphogenesis of Aruana grass in response to nitrogen supply. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, p. 632-639, 2004.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.57, p. 347-358, 1995.

LIMA, G.F.C.; SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E.; KUNKLE, W.E. Concentração e fracionamento de nitrogênio em gramíneas forrageiras tropicais e subtropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre:SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

LIMA; L. G.; NUSSIO; L. G. N.; GONÇALVES, J. R. S.; SIMAS, J. M. S.; PIRES, A. V.; SANTOS, F. A. P. Fontes de amido e proteína para vacas leiteiras em dietas à base de capim elefante. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, p.19-27, 2002.

LITTELL, R. C.; MOTT, G.O. Computer assisted design and analysis of response surface experiments in agronomy. **Soil and Crop Society of Florida Proceedings**, Ona, v.34, p.94-97, 1975.

LUDLOW, M.M.; NG, T.T. Leaf elongation rate in *Panicum maximum* var. *trichoglume* following removal of water stress. **Australian Journal of Plant Physiology**, Rockville, v.4, p.263-272, 1977.

MACEDO, M.C.M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na região do Cerrado. In: FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba : Potafós, 2004 . p. 359-400.

MACEDO, M. C. M.; JOSÉ ANTONIO MAIOR BONO, J. A. M.; VIEIRA, V. V. **Proteína bruta e digestibilidade em estratos de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, submetida a diferentes níveis de adubação fosfatada**, 2003. Disponível em : <[HTTP://www.sbz.org.br](http://www.sbz.org.br)>. Acesso em: fev. 2006.

MACHADO, L.A.Z; KICHEL, A.N. Ajuste de lotação no manejo de pastagens. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, 2004. 55 p. (Documentos 62).

MADSEN, J.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. Appropriate methods for evaluation of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 69, p.53-66, 1997.

MAGALHÃES, A.F.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; SILVA, F.F. Composição bromatológica do capim *Brachiaria decumbens* Stapf adubado com doses crescentes de nitrogênio e de fósforo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia.. **Anais...**Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MANARIN, C.A. **Respostas fisiológicas, bioquímicas e produtivas do capim-Mombaça a doses de nitrogênio**. 2000. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARQUES, J.J.G.S.M.; CURI, N.; FAQUIN, V.; TEIXEIRA, W.G.; EVANGELISTA, A.R.; SANTOS, D.; CARVALHO, M.M. Limitações nutricionais para gramíneas forrageiras em Cambissolo álico da Microrregião Campos da Mantiqueira –MG, Brasil. Produção de matéria seca e perfilhamento. **Pasturas Tropicais**, Cali, v.17, p.12-16, 1995.

MARTHA JR., G.B.; CORSI, M.; BARIONI, L.G.; VILELA, L. Intensidade de desfolha e produção de forragem do capim-tanzânia irrigado na primavera e no verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.927-936, 2004.

MARTIN, R.A. **Doses de nitrogênio e de potássio para produção, composição e digestibilidade dos capins Coastcross 1 e Tifton 85 em um Latossolo Vermelho-Amarelo.** 1997. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

MATTOS, W.T. **Avaliação de pastagem de capim-braquiária em degradação e sua recuperação com suprimento de nitrogênio e enxofre.** 2001. 97 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição de capim-Braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.60, p.1-10, 2003.

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 utilization. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.49, p.352-359, 1994.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Dordrechth: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

MERTENS, D. R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. Formulating dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996, Virginia. **Papers...** Virginia: Dairy Forage Research Center, 1996. .p. 81-92.

MERTENS, D.R. NDF: Fiber composition and value of forages with different NDF concentrations. In: SOUTHWEST NUTRITIONAL ECOLOGY MAGENAMENT, 1998, Phoenix **Proceedings...** Phoenix: Arizona State University, 1998. p. 85-99.

MILFORD, R., MINSON, D.J. Intake of tropical pasture species. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGEM, 9, 1965, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Secretaria de Agricultura, 1966. p.814-822.

MINSON, J.D.; WILSON, J.R. Prediction of intake as an element of forage quality. In: FAHEY JR., G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization.** Madison: American Society of American, 1994. p.533-563,

MINSON, D.J. Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Aberdeen, v. 52, p. 592-614, 1982.

MONSON, W.G.; BURTON, G.W. Harvest frequency and fertilizer affects on yield, quality, and persistence of eight bermudagrasses. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.371-374, 1982.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Efeitos das adubações nitrogenada e fosfatada em capim-Colômbio, na formação e em pasto estabelecido. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.34, p.91-101, 1977.

MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Aplicações de níveis de enxofre na forma de gesso para cultivo do capim Colonião em dois solos arenosos do Estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.44, p.335-347, 1987.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 1., 1989, Jaboticabal. . **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p.149-192.

MONTEIRO, F.A.; ONO, M.N. Níveis de enxofre em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, **Resumos...** Viçosa: SBCS; UFV, 1995. p.1021-1022.

MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D.; ABREU, J.B.R.; DAWB, J.A.S.; SILVA, J.E.P.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cultivar Marandu em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, p. 135-141, 1995.

MONTEIRO, F.A.; COLOZZA, M.T; WERNER, J.C. Enxofre e micronutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 279-301.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.213-215.

NOLLER, C.H.; RHYKERD, C.L. Relationship of nitrogen fertilization and chemical composition of forage to animal health and performance. In: MAYS, D.A. (Ed.). **Forage fertilization**. Madison:ASA, 1974, p. 363-394.

NOVOA, R.; LOOMIS, R.S. Modelo dinámico del metabolismo del nitrogeno en plantas superiores. 1. Descripción del modelo. **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 41, p.41-48,1981.

NUSSIO, C.M.B.; SÁ, S.M.O.; ANDRADE, F.M.E. de.; SILVA, S.C. da.; BELUCCI, L.; SARMENTO, D.O.L. Desenvolvimento e validação de equações para predição da composição química de *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu) através de espectroscopia no infravermelho próximo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia:SBZ, 2005.1 CD-ROM.

OLIVEIRA, P.P.A. Recuperação e reforma de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p. 39-74.

OSBORNE, B.G. Principles and practice of Near Infrared (NIR) reflectance analysis. **International Journal of Food and Technology**, London, v.16, p.13-19, 1981.

OTOYA, V.E. Efecto de La época Del año y dias de ocupación em La calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.8, p.2-5, 1986.

PACIULLO, D.S. **Produtividade e valor nutritivo do capim Elefante “Anão” ao atingir 80 e 120 cm de altura sob diferentes doses de nitrogênio**. 1997. 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, 1997.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; RIBEIRO, K.G. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott: 1- Rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, p.1069-1075, 1998.

PARK, R.S., GORDON, F.J., AGNEW, R.E.; BARNES, R.J.; STEEN, R.W.J. The use of Near Infrared Reflectance Spectroscopy on dried samples to predict the biological parameters of grass silage. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 68, p.235-264, 1997.

PARK, R.S., AGNEW, R.E., GORDON, F.J.; STEEN, R.W.J. The use of near infrared reflectance spectroscopy / NIRS on undried samples of grass silage to predict chemical composition and digestibility parameters. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.72, p. 155–167, 1998.

PASRICHA, N.S.; FOX, R.L. Plant nutrient in sulfur in the tropics and subtropics. **Advances in Agronomy**, New York, v. 50, p. 209-269, 1993.

PEARSE, P.J.; WILMAN, D. Effects of applied nitrogen on Grass leaf initiation, development and death in Field swards. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.103, p.405-413, 1984.

PEREIRA, E.S.; ARRUDA, A.M.V. de.; MIZUBUTI, I.Y.; CAVALCANTE, A.M.B.; RIBEIRO, E.L.A.; OLIVEIRA, S.M.P. de.; RAMOS, B.M.O.; COSTA, J.B. Frações nitrogenadas e de carboidratos e cinética ruminal da matéria seca em detergente neutro de silagens de Tifton 85 (*Cynodon* spp.). **Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, p.521-528, 2007.

PHICHARD, D.G. **Forage nutritive value. Continuous and batch in vitro fermentations and nitrogen solubility**. 1977. 100p. Dissertation (Ph.D.). Cornell University, Ithaca, NY, 1977.

PHICHARD, D.G.; VAN SOEST, P.J. Protein solubility of ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE, 1977, Cornell. **Proceedings...** Cornell Ithaca, 1977. 81p.

PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Crescimento de folhas de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.23, p.327-332, 1994a.

PINTO, J.C., GOMIDE, J.A., MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais cultivadas em vaso, com duas doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.23, p.313-326, 1994b.

PIRES, F.F., PRATES, E.R. Uso da técnica da espectrofotometria de reflectância no infravermelho proximal (NIRS) na predição da composição química da alfafa (*Medicago sativa*, L.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, p.1076-1081, 1997.

PIRES, F.F.; PRATES, E.R.. Uso da Técnica de Reflectância no Infravermelho Proximal (NIRS) na Predição da Composição Química da Alfafa (*Medicago sativa*, L.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, p. 1076-1081, 1998.

PREMAZZI, L. **Crescimento do capim-tifton 85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte**. 2001. 93 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PRIMAVESI, O. **Embrapa Pecuária Sudeste: a pecuária de corte brasileira e o aquecimento global**. Disponível em: <[HTTP://www.beefpoint.com.br](http://www.beefpoint.com.br)>. Acesso em: 01 dez. 2007.

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

QUADROS, D.G. de; RODRIGUES, L.R.A. Valor nutritivo dos capins Tanzânia e Mombaça adubados com nitrogênio e sob lotação rotacionada. **Acta Scientiarum. Zootechny**, Maringá, v.28, p.385-392, 2006.

QUEIROZ, D.S., GOMIDE, J.A., MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 1. Digestibilidade *in vitro* e composição química. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p.53-60, 2000.

QUEIROZ NETO, F.; MARTHA JUNIOR, G.B.; PENATI, M.A. ; CORSI, M.; MENEZES, M. J. T. Impacto of increasing nitrogen fertilizer rates upon an irrigated Tanzania grass pasture. 1. Dry matter yield. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, São Pedro, 2001. **Proceedings...**Piracicaba: FEALQ, 2001. p.209-210.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

REEVES, J.B. Use of near infrared reflectance spectroscopy. In: D’MELLO, J.P.F. **Farm animal metabolism and nutrition**. Edinburgh: CAB International. 2000. p. 185-206.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 26p.

RIBEIRO, K.G. **Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim-Elefante “Anão”, sob cinco doses de nitrogênio, ao atingir 80 e 120 cm de altura**. 1995. 60 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, 1995.

ROCHA, G.P.; EVANGELISTA, A.R.; PAIVA, P.C.A.; FREITAS, R.T.F. de.; SOUZA, A.F. de.; GARCIA, R. Digestibilidade e fração fibrosa de três gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.25, p.396-407, 2001.

RODRIGUES, R.C. **Calcário, nitrogênio e enxofre para recuperação do capim-Braquiária cultivado em solo proveniente de uma pastagem degradada**. 2002. 141p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

RODRIGUES, R.B.; COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P. de.; SOUZA, M.R.F. de.; OLIVEIRA, M.A. de.; RODRIGUES, C.P.F.; OLIVEIRA, A. de.; MELO, E.M.F. **Efeito da adubação nitrogenada na produção de massa seca e composição bromatológica de cultivares de *Brachiaria brizantha***. Disponível em: <http://www.prp.ueg.br/06v1/ctd/pesq/inic_cien/eventos/sic2005>. Acesso: dez. 2007.

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

SALIBA, E.O.S.; GONTIJO NETO, M.M.; RODRIGUEZ, N.M.; MIRANDA, L.F.; OBEID, J.A.; TEIXERA, G.L.; OLIVEIRA, M.A. Predição da composição química do sorgo pela técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte: FEP MVZ, v.55, n.3, 2003.

SALIBA, E.O.S.; NETO, M.M.G.; RODRIGUEZ, N.M.; TEIXEIRA, G.L. Predição da composição química do sorgo in natura pela técnica da espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 38, 2001. Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: SBZ, 2001. 1 CD-ROM.

SANTANA, J.R.; SANTOS, G.L. Efeito do parcelamento de nitrogênio e intervalo entre cortes sobre produção de massa seca e de proteína bruta de setaria Anceps (Schum.) Stapf & hub. Cv. Kazungula. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.12, p.522-34, 1983.

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

SANTOS, A.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e perfilhamento de *Brachiaria decumbens* Stapf. em função de doses de enxofre. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, p. 689-692, 1999.

SANTOS JUNIOR, J.D.G.; MONTEIRO, F.A. Nutrição em nitrogênio do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio e idades de crescimento. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.60, p.139-146, 2003.

SANTOS, P.M.; BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M. Efeito da frequência de pastejo e da época do ano sobre a produção e a qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, p.244-249, 1999.

SANTOS, P.M.; BERNARDI, A.C.de C.; NOGUEIRA, A.R.A. Uso de nitrogênio em pastagens: estratégias de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p.131-152.

SANZONOWICZ, C. Recomendação e prática de adubação e calagem na região centro-oeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1985. Nova Odessa. **Anais....** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 309-336.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 54 p.

SAS Institute Inc. SAS/STAT. **User's guide, version 8.0**. Cary: SAS Institute, 2000. 633p.

SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C. da. O ecossistema de pastagem e a produção animal. In: MATTOS, W.R. (Ed). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 731-754.

SHENK, J., WESTERHAUS, M. Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy. **Crop Science**, Madison, v.31, p.469-474, 1991.

SHENK, J.S., WESTERHAUS, M.O. The application of near infrared reflectance spectroscopy (nirs) to forages analysis. In: FAHEY JR., G.C.; COLLINS, M. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison, Wisconsin, USA: Editora, 1994. p. 406-449.

SHENK, J.S., WESTERHAUS, M.O. Forages analyses by near infrared spectroscopy. In: BARNES, R.F.; HEATH, M.E.; METCALFE, D.F. (Ed.). **Forages. The science of grassland agriculture**. 5th ed., local:Editora, 1995. p. 111-120,

SILVA, S.C. da. Manejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria*, *Cynodon* e *Setaria*. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de.; FARIA, V.P. de. (Ed.). **Volumosos para bovinos**. 2 ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 29-58,

SJEBERT, B.D.; VIJCHULATA, P. Sulphur in animal nutrition. In: BLAIR, G.J.; TILL, A.R. (Ed). **Sulphur in S.E. Asian and S. Pacific Agriculture**. Armidale, Australia, University of New England, , 1983. p. 87-96

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Albany, v.70, p. 3562-3577, 1992.

SOARES FILHO, C.V. **Variação sazonal de parâmetros bioquímico-fisiológicos em *Brachiaria decumbens* estabelecida em pastagens**. 1991. 110p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

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. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 14, p.1-6, 1992.

SOARES FILHO, C.V. Tratamentos físico-químico, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, p.79-117, 1993.

SOARES FILHO, P.B. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 25-48.

SOARES, W.V.; MACEDO, M.C.M. Experimentos com adubação em pastagens. In: OLIVEIRA, A.J. de; GARRIDO, W.E.; ARAUJO, J.D; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**, Brasília, DF : Embrapa - Secretaria de Administração Estratégica, 1991. p. 313-348.

SORIA, L.G.T. **Produtividade do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em função da lâmina de irrigação e de adubação nitrogenada**. 2002. 182p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SOUZA, C.G. de.; SANTOS, M.V.F. dos.; SILVA, M.C.; CUNHA, M.V. da.; LIRA, M.A. Medidas qualitativas de cultivares de *Panicum maximum* JACQ. submetidos a adubação nitrogenada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, p.333-338, 2006.

SOUZA NETO, J. M.; PEDREIRA, C. G. S. Caracterização do grau de degradação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 7-31.

SOUZA NETO, J.M. **Produtividade, morfologia, características físicas e valor nutritivo da forragem de capins *Panicum* spp**. 2004. 86p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of topical pasture. III. Influence of fertilizer nitrogen on the size of bite harvested by Jersey cows grazing *Setaria anceps* cv. Kazungula Swards. **Australian Journal Agriculture Research**, Melbourne, v.26, p.997-1007, 1975.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução de R. E. Santarém. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAMASSIA, L.F.M.; MONTEIRO, F.A.; MANARIN, C.A.; GUIMARÃES, G. P. F. P. B.; PREMAZZI, L. M. Interação entre doses de nitrogênio e de enxofre para o estabelecimento e perfilhamento do capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999 1 CD-ROM.

TELES, T.G.R.M. **Influência da adubação com NPK na produção e composição química de *Brachiaria brizantha* cv. MG-4**. 2006. 50p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

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

TRUDINGER, P.A. The biochemistry of sulfur. In: MCLACHLAN, K.D. (Ed.). **Sulfur in australian agriculture**. Sydney: University Press, 1975. p. 11-20.

UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. 2002. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, Albany, v.24, p.834-843, 1965.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forage. **Journal of Animal Science**, Albany, v.26, p.119-128, 1967.

VAN SOEST, P. J. Composition and nutritive value of forage. In: HEATH, M.E.; BARNES, R.F.; METCALFE, D.S. (Ed.). **The Science of Grassland Agriculture**. 2th ed. Iowa: State University Press, 1975. p.53-63.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 2000. 449p.

VOGE, A.I. **Análise química quantitativa**. 5th ed. _____: Guanabara Koogan As., 1992. 712p.

WEISS, W.P. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: FAHEY, G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation, and utilization. Madison: American Society of Agronomy. In: Crop Science Society of America. **Soil Science Society of America Journal**, Madison p. 644-681, 1994.

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

WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A. Respostas das pastagens à aplicação de enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1988, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA, CNPS; IAPAR, p.87-102, 1988.

WILSON, J.R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.) **Nutritional limits to production from pastures**. Farnham Royal: CAB, 1982. p.111-131.

WILSON, J.R. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 122, p. 173-182, 1994.

WILSON, J.R.; BROWN, R.H.; WINDHAM, W.R. Influence of leaf anatomy on dry matter digestibility of C₃, C₄, and C₃/C₄ intermediate types of *Panicum* species. **Crop Science**, Madison, v. 23, p. 141-146, 1983.

WINISI II version 1.5. . **The complete software solution using a single screen for routine analysis, robust calibrations, and networking manual**. Foss-Tecator-Infrasoft International, Port Matilda PA, USA, 2000.

ZIMMER, A.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 2., 1995, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1995. p.101-144.

ZIMMER, A.; SILVA, M.P.; MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba : FEALQ, 2002. p. 31-58.