

**CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E
EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO
NITROGENADA DO CAPIM-MARANDU DE
PASTAGEM EM ESTÁGIO MODERADO DE
DEGRADAÇÃO SOB DOSES E FONTES DE
NITROGÊNIO**

DOUGLAS RAMOS GUELFY SILVA

2007

DOUGLAS RAMOS GUELFY SILVA

**CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E EFICIÊNCIA DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA DO CAPIM-MARANDU DE
PASTAGEM EM ESTÁGIO MODERADO DE DEGRADAÇÃO
SOB DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Valdemar Faquin

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Douglas Ramos Guelfi.

Características estruturais e eficiência da adubação nitrogenada do capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio / Douglas Ramos Guelfi Silva. -- Lavras : UFLA, 2007.

58 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Valdemar Faquin.

Bibliografia.

1. Capim-marandu. 2. Nitrogênio. 3. Sulfato de amônio. 4. Uréia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.2088941

DOUGLAS RAMOS GUELFY SILVA

**CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E EFICIÊNCIA DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA DO CAPIM-MARANDU DE
PASTAGEM EM ESTÁGIO MODERADO DE DEGRADAÇÃO
SOB DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO.**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Lavras como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência do Solo, para a
obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 31/10/2007

Dr. Itamar Pereira de Oliveira

EMBRAPA/CNPMPF

Prof^a. Dr^a. Janice Guedes de Carvalho

UFLA

Prof. Dr. Valdemar Faquin

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

*A Deus,
pela benção da vida e presença constante ao meu lado,*

OFEREÇO

Aos meus pais, Doris e Newton (in memoriam),

Aos meus queridos avós, Luiz e Déia.

A minha noiva Fernanda,

*pelo amor incondicional, apoio e incentivo e a toda sua
família.*

A minha família, avós, tios, primos e aos meus amigos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Ciência do Solo pela oportunidade de realização do curso e a todos professores pelo conhecimento adquirido.

Ao meu orientador, professor Valdemar Faquin, pelo apoio e aprendizado durante o curso.

Aos membros da banca examinadora: Prof^a. Dr^a. Janice Guedes de Carvalho e Dr. Itamar Pereira de Oliveira.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Arroz e Feijão), em especial aos pesquisadores Dr. Itamar Pereira de Oliveira e Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa, pela disponibilização de material para o desenvolvimento científico deste trabalho.

Aos professores Renato Paiva, Luiz Antônio Gomes e Afrânio Ferrari Baião, pela confiança depositada no meu potencial, antes e durante o meu mestrado, pela ajuda, apoio, e pelo espírito de companheirismo e principalmente pela atenção dedicada, quando necessária, nesta etapa da minha formação.

A todos os professores da UFLA, pelos conhecimentos adquiridos durante o curso.

Aos colegas e amigos do Departamento de Ciência do Solo: Marcos, Silvio, Clodoaldo e Kátia, pela colaboração e amizade.

Aos funcionários técnico-administrativos: Pezão, Daniela, Antônio, Gilson, Roberto, pelo auxílio e amizade.

A minha noiva Fernanda, pelo amor e apoio incondicional nos momentos mais difíceis, e a toda sua família, Nádia, William, Ivana, Titia Conceição (in memoriam), Alfeu e Nércia, a qual eu considero como avó.

A minha mãe pelo apoio, carinho e solidariedade durante a minha vida.

A meus avós Luiz Guelfi e Judith “Déia”, pelo exemplo de vida, amor, apoio e solidariedade.

À minhas tias Deborah, Cida, Alice e ao meu tio José Martins “Zé”, pelo amor e dedicação.

A meus amigos Glauco, Martin “Denão”, Bruno, Leandro, Éwerton, César “Cezinha”, Bruno “Leite”, Luiz Gustavo Zillo e Luis Gustavo Pessoa de Almeida, André “Dedé” pela convivência, apoio e grande amizade.

A meus primos, Efren, Carolina, Elaine, João Henrique, Bruna, Celsinho, Fábio, Aline e Rafael pela amizade, carinho.

A Odete “Dete” e seu filho Acácio, pelo apoio, companheirismo e solidariedade.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Douglas Ramos Guelfi Silva, filho de Doris Alice Ramos Guelfi e Newton Roberto Silva, nasceu em São Paulo, SP, no dia 7 de agosto de 1979. Coursou o ensino técnico no curso de Mecânica Geral na Escola SENAI “José Polizzotto” na cidade de Marília, SP, finalizado no ano de 1994. Concluiu o ensino médio no Colégio Prevê Objetivo, no ano de 1997. Em 1999, foi aprovado no vestibular para o curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Posteriormente, no segundo semestre do ano de 2000, foi aprovado novamente no vestibular, agora para o curso de Agronomia. No ano de 2002, foi monitor da disciplina de Fotointerpretação e realizou diversos estágios nas áreas de pesquisa e extensão durante o decorrer da sua graduação. Em agosto de 2005, graduou-se e trabalhou na iniciativa privada. No ano de 2006, iniciou o mestrado na área de Ciência do Solo na UFLA e, dezoito meses depois, encerra esta etapa profissional com a presente dissertação.

SUMÁRIO

Resumo Geral.....	i
General Abstract	iii
1 Introdução Geral.....	1
2 Referências Bibliográficas.....	4
CAPÍTULO 1: Características estruturais e acúmulo de forragem do capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação, sob doses e fontes de nitrogênio	6
Resumo.....	6
Abstract.....	7
1 Introdução.....	8
2 Material e Métodos.....	10
3 Resultados e Discussão.....	15
4 Conclusões.....	28
5 Referências Bibliográficas.....	29
CAPÍTULO 2: Eficiência nutricional e de aproveitamento do nitrogênio pelo capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação , sob doses e fontes de nitrogênio	34
Resumo.....	34
Abstract.....	35
1 Introdução.....	36
2 Material e Métodos.....	39
3 Resultados e Discussão.....	43
4 Conclusões.....	54
5 Referências Bibliográficas.....	55

RESUMO GERAL

SILVA, Douglas Ramos Guelfi. **Características estruturais e eficiência da adubação nitrogenada do capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação, sob doses e fontes de nitrogênio.** 2007. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

É de grande relevância, para a pecuária nacional, a recuperação das pastagens degradadas, sendo que as suas conseqüências serão observadas no contexto produtivo e ambiental. Um dos caminhos para se recuperar a capacidade produtiva das pastagens em degradação é a reconstituição da fertilidade do solo. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características estruturais, a taxa de acúmulo de massa seca de lâminas foliares e colmos e bainhas e a eficiência no uso e de aproveitamento do nitrogênio, por meio de diversos índices, no capim-Marandu, de pastagem em estágio moderado de degradação, sob doses e fontes de N, por um período de três anos. O experimento foi conduzido de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo do Curso de Zootecnia da Universidade Estadual de Goiás, em São Luís de Montes Belos-GO. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas principais foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de N (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de N (0, 100, 200 e 300 kg/ha/ano). Na subparcela, os tratamentos foram representados pelos anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de recuperação da pastagem. A adubação nitrogenada, em cada ano, foi parcelada em três épocas, após cada corte de avaliação da forrageira, sendo que a primeira aplicação foi realizada em dezembro, a segunda em janeiro e a terceira em fevereiro, todas com intervalo de trinta dias. Foram realizados três cortes da planta forrageira por ano. O primeiro trinta dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados (janeiro), o segundo trinta dias após o primeiro (fevereiro) e o terceiro trinta dias após o segundo (março). Os resultados obtidos mostraram que a adubação nitrogenada teve efeito positivo sobre as características estruturais e produtivas avaliadas e, conseqüentemente, para a recuperação da pastagem. A eficiência de utilização de N pelo capim-Marandu aumentou enquanto que a recuperação do N aplicado, a eficiência agrônômica e a eficiência fisiológica diminuíram, com o aumento das doses de N aplicadas. Os maiores valores de altura de plantas,

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Valdemar Faquin - UFLA (Orientador); Dr. Itamar Pereira de Oliveira (Co-orientador); Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa (Co-orientadora)

densidade de perfilhos, índice de área foliar, massa seca das lâminas foliares, massa seca dos colmos mais bainhas e eficiência de utilização do N ocorreram na dose de 300 kg/ha/ano, enquanto que a dose mais eficiente na eficiência agrônômica das fontes e no maior aproveitamento do N aplicado foi de 100 kg/ha/ano de N.

GENERAL ABSTRACT

SILVA, Douglas Ramos Guelfi. **Structural characteristics and efficiency of nitrogen fertilization in capim-marandu at pasture in moderate phase of degradation under doses and sources of nitrogen.** 2007. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

It is of great importance for the national livestock the recovery pasture degraded, whereas, the consequences will be seen in the productive context and environment. One of the ways to recover the productive capacity of pastures in degradation is the reconstitution of the soil fertility. Before that, the objective of this study was to evaluate the structural characteristics, the rate of accumulation of dry mass leaf flake and leaves bulk and the efficiency and utilization of nitrogen use, through various indexes, in capim-Marandu, of pasture in moderate stage of degradation, under different doses and sources of N, in a three-years period of time. The experiment was conducted from 2003 July to 2006 March in Model Farm of Goiás State University, in São Luís de Montes Belos-GO. The experimental delineation was hazard blocks, with three repetitions. The treatments were placed in parcels characterized by a 2X4 factorial, being two sources of N (ammonium sulfate and urea) and four doses of N (0, 100, 200 and 300 kg/ha/year). In sub - parcel, the treatments were represented per years (2004, 2005 and 2006) referring to time of pasture recovery. The use of nitrogen was divided in three times, after every cut of evaluation from the forage pasture, since the first application was accomplished in December, the second in January and third in February, all with the interval of thirty days. Three cuts were made of forage for year. The first thirty days after the application the nitrogen fertilizers (january), the second thirty days after the first (february) and the third thirty days after the second (march). The results obtained showed that fertilizer nitrogen had positive effect on the structural characteristics and productives evaluated and, consequently, for the pasture recovery. The efficiency of nitrogen utilization by capim-Marandu increased while the recovery of the nitrogen applied and agronomic efficiency and the physiological efficiency reduced with the increase in the nitrogen doses applied. The largest values of plant height, tillers density, leaf area index, dry mass leaf flake, dry mass leaves bulk and nitrogen efficiency utilization occurred in dose of 300 kg/ha/ano of N, while the dose more efficient in agronomic efficiency of the sources and in the larger nitrogen use applied was 100 kg/ha/ano of N.

* Guidance Committee: Dr. Valdemar Faquin - UFLA (Adviser); Dr. Itamar Pereira de Oliveira (Co-adviser) Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa (Co-adviser).

1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção forrageira, como resultado dos processos de crescimento e desenvolvimento, pode ter sua eficiência substancialmente melhorada com o uso de fertilizantes, sobretudo o nitrogênio, pelo seu efeito positivo na produção de biomassa (Duru & Ducrocq, 2000).

O sucesso na utilização de pastagens não depende apenas da disponibilidade de nutrientes para as plantas ou da escolha da espécie forrageira, mas também da compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e de sua interação com o ambiente e do manejo, fundamental para o crescimento da forrageira e manutenção da capacidade de suporte da pastagem. Os estudos dos processos morfogênicos e estruturais têm se constituído importante ferramenta para avaliação da dinâmica do crescimento de folhas e perfilhos em comunidade de plantas forrageiras.

As características estruturais das pastagens são influenciadas por fatores abióticos como a adubação nitrogenada, temperatura, o manejo aplicado e a frequência e intensidade de desfolhação. Alguns estudos têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar essas características em gramíneas forrageiras e sua relação com a adubação nitrogenada (Pearse & Wilman, 1984; Alexandrino et al., 2004; Garcez Neto et al., 2002).

A adubação nitrogenada tem grande importância e influência nas características estruturais das pastagens, pois o N tem um efeito positivo sobre o perfilhamento. Apesar do N não apresentar um grande efeito sobre o número de folhas em um perfilho ou na sua taxa de alongação, ele apresenta grande influência sobre o número de perfilhos desenvolvidos (Nabinger, 1997; Gomide, 1998), provavelmente, por um efeito na brotação de gemas axilares (Cruz & Boval, 1999).

Estudos seqüenciais de doses e fontes de nitrogênio devem ser realizados para entender em conjunto a sua função nos sistemas intensivos de exploração de pastagem. Esses fatos justificam a necessidade de estudos que enfoquem o uso de fontes nitrogenadas na recuperação de pastagens degradadas, podendo ser uma alternativa para melhorar a eficiência na reversão do processo de degradação.

Em virtude da grande importância do N para a reconstituição da fertilidade do solo e, conseqüentemente, para a recuperação das pastagens degradadas, torna-se fundamental o conhecimento da eficiência nutricional da recuperação e do aproveitamento do N pelas gramíneas forrageiras, para que estas sejam mantidas em condições de sustentabilidade e produtividade rentável.

A eficiência nutricional pode ser definida como a capacidade da planta em adquirir e utilizar os nutrientes para a produção de fibras, grãos ou forragem (Gourley et al., 1994) e tem dois componentes: a eficiência de aquisição e a eficiência de utilização dos nutrientes.

A eficiência nutricional depende de vários fatores, dentre eles, a fonte utilizada, as condições do solo e clima, grau de fracionamento e dose aplicada, potencial de resposta da planta, presença do animal, entre outros (Lupatini et al., 1998). Esses fatores que influem na taxa de acúmulo e na recuperação de nitrogênio pela planta, também influenciam a eficiência de utilização deste nutriente (Soares & Restle, 2002).

O cálculo da recuperação aparente do N do fertilizante é de fácil execução e de baixo custo, pois utiliza apenas o teor de N total da planta e a massa seca da forragem (Primavesi et al., 2004).

Em pastagens manejadas intensivamente, onde são usadas doses elevadas de N, conhecer a recuperação do N do fertilizante pelas plantas torna-se importante para montar estratégias, visando maximizar a eficiência do seu uso e minimizar o impacto ambiental Primavesi et al. (2005).

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características estruturais, o acúmulo de massa seca (MS) de lâminas foliares e colmos mais bainhas e a eficiência no uso e de aproveitamento do nitrogênio, por meio de diversos índices no capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação, sob doses e fontes de N, por um período de três anos.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRINO E.; NASCIMENTO JR., D.; MOSQUIM, P.R. et al. Características morfológicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1372-1379, 2004.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IAPAR, 1999. p.134-150.

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

GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JR., D.; REGAZZI, A.J. et al. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum Maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1890-1900, 2002.

GOMIDE, C.A.M.; PACIULLO, D.S.C.; GRASSELLI, L.C.P.; GOMIDE, J.A. Efeito da adubação sobre a morfogênese de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.486-488.

GOURLEY, C.J.P.; ALLAN, D.L.; RUSSELLE, M.P. Plant nutrient efficiency: a comparison of definitions and suggested improvement. **Plant Soil**, v.158, n.1, p.29-37, 1994.

LUPATINI, G.C.; RESTLE, J.; CERETTA, M. et al. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. I - Produção e qualidade de forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1939-1943, 1998.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1997. p.213-251.

PEARSE, P.J.; WILMAN, D. Effects of applied nitrogen on grass leaf initiation, development and death in field swards. **Journal Agriculture Science**, v.103, n.2, p.405-413, 1984.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G.; FREITAS, A.R.; VIVALDI, L.J. Adubação nitrogenada em capim-*Coastcross*: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.68-78, 2004.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G. Recuperação aparente do nitrogênio de adubos nitrogenados aplicados em capim-Marandu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.

SOARES, A.; RESTLE, J. Adubação nitrogenada em pastagem de Triticale mais Azevém sob pastejo com lotação contínua: recuperação de nitrogênio e eficiência na produção de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.43-51, 2002.

CAPÍTULO 1

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E ACÚMULO DE FORRAGEM DO CAPIM-MARANDU DE PASTAGEM, EM ESTÁGIO MODERADO DE DEGRADAÇÃO, SOB DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO

(Preparado de acordo com as normas da Revista Ciência Rural)

RESUMO

A reconstituição da fertilidade do solo é um dos caminhos para se recuperar a capacidade produtiva de pastagem em degradação. A adubação nitrogenada é fundamental para o aumento da produção de forragem, principalmente, quando se trata da recuperação de pastagens. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar as características estruturais e o acúmulo de massa seca (MS) de lâminas foliares e colmos mais bainhas do capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação, sob doses e fontes de N, por um período de três anos. O experimento foi conduzido de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás (UEG), numa área de 882 m², parcelas de 20 m² e área útil de 6 m². O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos nas parcelas foram caracterizados por um fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de N (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de N (0, 100, 200 e 300 kg/ha/ano). Na subparcela, os tratamentos foram representados pelos anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de recuperação da pastagem. A adubação nitrogenada foi parcelada em três aplicações, após cada corte de avaliação da forrageira. Os resultados obtidos mostraram que a adubação nitrogenada influenciou as características estruturais e o acúmulo de MS do capim-Marandu, e, conseqüentemente, a sua recuperação.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, adubação nitrogenada, área foliar, relação folha:colmo, perfilhos, altura de planta.

ABSTRACT

STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND ACCUMULATION OF FORAGE IN CAPIM-MARANDU AT PASTURE, IN MODERATE PHASE OF DEGRADATION, UNDER DOSES AND SOURCES OF NITROGEN.

The reconstitution of soil fertility is one of the ways to recover the productive capacity of pasture in degradation. The nitrogen fertilization is fundamental to increase the production of forage, especially when it comes to recovery pastures. Before that, this work objected to evaluate the structural characteristics and accumulation of dry mass leaf flake and leaves bulk of capim-Marandu in a moderate phase of degradation, for different doses and sources of N, in a three-year period of time. The experiment was conducted in Model Farm of Goiás State University a eutrophic Dark Red Latosol, from 2003 July to 2006 March, in a 882 m² area, with individual plots of 20 m² and useful area by 6 m². The experimental delineation was hazard blocks, with three repetitions. The treatments were placed in parcels characterized by a 2X4 factorial , being two sources of N (ammonium sulfate and urea) and four doses of N (0, 100, 200 and 300 kg/ha/year). In sub - parcel, the treatments were represented per years (2004, 2005 and 2006) referring to time of pasture recovery. The use of nitrogen was divided in three times, after every cut evaluation of the forage pasture. The results obtained showed that fertilizer nitrogen influenced the structural characteristics and accumulation of dry mass the capim-Marandu, and therefore its recovery.

Key words: *Brachiaria brizantha*, nitrogen fertilization, leaf area, leaf/stem ratio, tillers, plant height

1 INTRODUÇÃO

A forma extrativista de exploração pecuária vem aumentando as áreas de pastagem degradada ou em processo de degradação (Souza Neto & Pedreira, 2004).

É de grande importância o manejo da fertilidade do solo, com o objetivo de alcançar a sustentabilidade na exploração da *Brachiaria brizantha*. A adubação de áreas de pastagens é uma forma de fornecer os nutrientes para atender as necessidades metabólicas e promover o melhor desenvolvimento das forrageiras (Monteiro, 2004).

A adubação, especialmente a nitrogenada, é fundamental para o aumento da produção de biomassa, principalmente quando se trata da recuperação de pastagens. Muitos pesquisadores reportam aumento da produção de biomassa mediante a utilização de adubação nitrogenada (Paciullo et al., 1998; Oliveira, 2002; Garcez Neto, 2002).

O nitrogênio é importante para a produtividade de gramíneas forrageiras tropicais, pois é responsável por características tais como tamanho das folhas e dos colmos e o aparecimento e desenvolvimento de perfilhos, fatores diretamente relacionados à produção de massa seca da planta forrageira (Werner, 1986).

A relação folha/colmo também é uma variável de grande importância para a avaliação da qualidade das forrageiras, já que elevada relação folha/colmo indica melhor adaptação ao pastejo e aos cortes, por representar um momento fenológico em que os meristemas apicais se apresentam próximos ao solo e, por isso, menos vulneráveis à destruição (Pinto et al., 1994).

A determinação da área foliar também é uma importante ferramenta nos estudos de nutrição e adubação nitrogenada em plantas forrageiras, podendo a resposta, em produção, ser avaliada com a utilização dessa variável de resposta

(Premazzi, 2001). A produtividade das pastagens também pode ser relacionada com a frequência de emissão de folhas e perfilhos, processo extremamente importante após o corte ou pastejo, para restaurar a área foliar da planta e permitir a perenidade do pasto. O entendimento de características morfogênicas de uma pastagem permite uma visualização da curva de produção, acúmulo de forragem e uma estimativa da qualidade do pasto (Gomide, 1997), e possibilita a utilização de práticas de manejo diferenciadas (Gomide et al., 1998).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar características estruturais e o acúmulo de MS de lâminas foliares e colmos mais bainhas do capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação, sob diferentes doses e fontes de nitrogênio, por um período de três anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo do Curso de Zootecnia da Universidade Estadual de Goiás, em São Luís de Montes Belos-GO, a 579 m de altitude, 16° 31' 30" de latitude sul e 50° 22' 20" de longitude oeste. A área utilizada de pastagem foi de 882 m², dividida em três blocos de 294 m², com parcelas individuais de 20 m² e área útil de 6 m². A pastagem já se encontrava estabelecida há mais de dez anos, com baixa produção de forragem, em estágio moderado de degradação, devido à exploração intensiva de animais e falta de reposição de nutrientes no solo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas principais foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de N (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de N (0, 100, 200 e 300 kg/ha/ano). Na subparcela, os tratamentos foram representados pelos anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de recuperação da pastagem.

O solo foi classificado originalmente como LATOSSOLO VERMELHO eutrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, 2006), de textura argilosa, cujas médias das características químicas de todas as parcelas, na profundidade de 0-20 cm, estão apresentadas na Tabela 1. A metodologia utilizada para a análise de solo foi da EMBRAPA (1997).

No primeiro ano (2003), foram aplicados 500 kg/ha de calcário dolomítico com 85% de PRNT, em cobertura 60 dias, antes do período chuvoso. Em setembro, após as primeiras chuvas foram aplicados 150 kg/ha de P₂O₅, 18 kg/ha de S, 80 kg/ha de K₂O e 30 kg/ha de FTE BR-12, utilizando-se como fontes: super fosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. A partir dos resultados da análise em amostra de solo do segundo ano (2004), foi realizada adubação de manutenção com 50 kg/ha de P₂O₅, 6 kg/ha de S e 100

kg/ha de K₂O, provenientes das fontes de super fosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. No terceiro ano de recuperação (2005), foram aplicados 150 kg/ha de P₂O₅, 18 kg/ha de S, 120 kg/ha de K₂O e 20 kg/ha de FTE BR-12, na forma de super fosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. Toda a adubação de manutenção nos três anos foi realizada com uma única aplicação em cobertura, antes dos fertilizantes nitrogenados, no início do período chuvoso (setembro).

A adubação nitrogenada, em cada ano, foi parcelada em três épocas, após cada corte de avaliação da forrageira, sendo que a primeira aplicação foi realizada em dezembro, a segunda em janeiro e a terceira em fevereiro, todas com intervalo de trinta dias.

TABELA 1. Determinações químicas do solo, realizadas antes da adubação de manutenção e dos tratamentos, nos anos de condução do experimento

Características	2003	2004	2005
pH (CaCl ₂)	5,2	5,1	4,6
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,1	0,2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,9	5,3	3,5
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,70	2,79	2,20
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,00	0,91	0,23
K (cmol _c dm ⁻³)	0,42	0,23	0,11
P- Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	1,3	6,4	1,8
SO ₄ ⁻² (cmol _c dm ⁻³)	9,8	18,9	30,0
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	1,7	1,0
Zn (mg dm ⁻³)	0,2	2,9	0,7
Fe (mg dm ⁻³)	13,0	30,0	31,3
Mn (mg dm ⁻³)	27,4	41,0	15,6
MOS (g dm ⁻³)	11,0	18,0	20,0
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	8,0	8,2	6,5

Foram realizados três cortes da planta forrageira por ano. O primeiro trinta dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados (janeiro), o segundo trinta dias após o primeiro (fevereiro) e o terceiro trinta dias após o segundo (março).

Antes de cada colheita da forrageira, mediu-se a altura das plantas, com metro de bambu, do nível do solo até a altura da folha mais alta, em cinco pontos da área útil de cada parcela (Oliveira et al., 2000).

A planta forrageira foi coletada com auxílio de um quadrado de ferro de 1 m x 1 m e cortada com tesoura de aço à altura de 20 cm da superfície do solo. Após cada corte de avaliação, foi realizado o corte de uniformização de toda a área experimental, na mesma altura de corte das plantas avaliadas, sendo retirado da área o resíduo resultante dessa uniformização.

Para a determinação da relação folha:colmo, uma amostra de 15 plantas de cada parcela foi levada para o laboratório para a separação manual dos componentes morfológicos: folha (lâminas foliares), colmos (colmos e pseudocolmos) e material morto. Em seguida, as lâminas e os colmos foram acondicionados separadamente em sacos de papel, identificados e secos, em estufa de ventilação forçada, a 65°C até atingirem peso constante. Os valores obtidos de massa seca total presente em 1 m² (área do quadrado utilizado para coleta) foram extrapolados para valores equivalentes a kg/ha.

De posse dos dados de pesos secos de lâminas foliares e de caules secos, foi determinada a relação folha:caule (RFC). Também foi calculada a percentagem de lâminas foliares e colmos mais bainhas.

Com o resultado do produto entre os valores da massa seca total (kg/ha), percentagem de lâminas foliares e de colmos mais bainhas, estimaram-se a massa seca das lâminas foliares (MSLF) e massa seca de colmos mais bainhas (MSCB), em kg/ha.

A densidade de perfilhos (perfilhos/m²) foi estimada por meio da contagem dos perfilhos na área útil da parcela. Foi lançado um retângulo de ferro de 40 x 30 cm (0,12 m²), duas vezes na área da parcela, onde se realizou a contagem dos perfilhos. Com os dados obtidos na contagem dos perfilhos, presentes na área de 0,12 m², posteriormente, foi calculada a densidade de perfilhos por m².

Para a determinação do IAF, uma amostra de 15 plantas de cada parcela foi levada para o laboratório para a separação manual dos componentes morfológicos, folha (lâminas foliares), colmos (colmos e pseudocolmos) e material morto. As lâminas destacadas foram passadas em um aparelho medidor de área foliar portátil (AREA METTER ΔT, modelo LI 3100 Li-cor, USA).

Conhecendo-se a proporção de lâminas foliares e a produção de MS na área útil, estimou-se o peso da MS total de lâminas foliares (PSL), presentes em 1 m². A estimativa da área foliar total das plantas (AF), presente na área útil, foi obtida multiplicando-se o PSL, presente na área útil, pela área laminar de 15 plantas e dividindo-se o produto pelo peso da MS de lâminas foliares de 15 plantas. O IAF foi então determinado: $IAF = AF / \text{área de solo (1 m}^2\text{)}$ (Santos, 2004).

Durante a condução do experimento foram monitorados diariamente os dados de temperaturas mínimas, médias, máximas e precipitação pluviométrica (Figura 1).

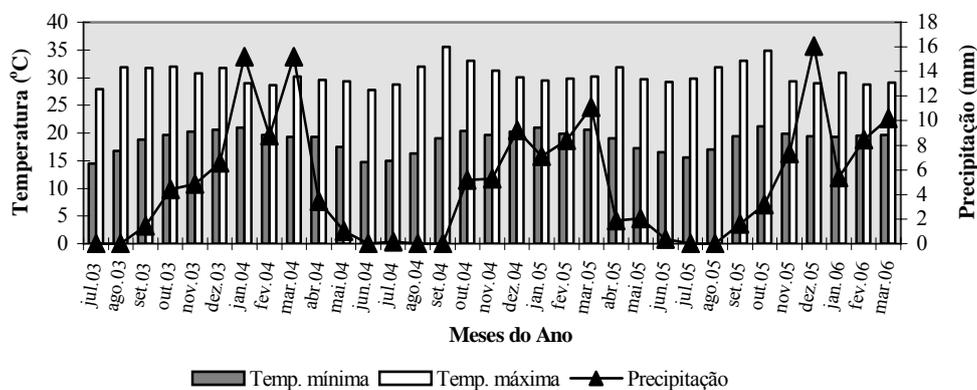


FIGURA 1. Temperaturas máximas e mínimas e precipitações pluviais observadas durante o período de Julho de 2003 a Março de 2006.

Todos os resultados receberam o tratamento estatístico por meio do software SISVAR 4,6 (Ferreira, 1999). Inicialmente, foi realizada a análise de variância para as combinações das doses e fontes de nitrogênio, onde o ano foi considerado como parcela subdividida no tempo. Em função da significância entre essas variáveis, ajustaram-se curvas de regressão, as quais permitiram avaliar a relação entre a variável resposta e os níveis do fator que estava sendo estudado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de **altura** do capim-Marandu foram influenciados ($P < 0,05$) pelas interações duplas de doses x anos e doses x fontes. Para a interação doses x anos verificou-se ajuste linear para a regressão no ano de 2005; já nos anos de 2004 e 2006 o comportamento foi quadrático, aumentando os valores de altura de plantas com as doses de N aplicadas (Figura 2A).

As maiores alturas de plantas ocorreram na dose de 300 kg/ha/ano, mostrando aumento de 61, 47 e 53 % em relação à testemunha para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

Este fato já era de certa forma esperado, em decorrência das funções desempenhadas pelo N, como componente estrutural de macromoléculas e enzimas, envolvidas no processo de desenvolvimento vegetativo das plantas (Malavolta, 2006). Lemaire & Chapman (1996) relatam que o nitrogênio promove a alongação foliar e a folha fica mais extensa com o fornecimento desse nutriente. O efeito do nitrogênio na taxa de alongamento foliar, decorre do maior acúmulo deste nutriente na zona de alongamento da folha, mais precisamente na região de divisão celular (Gastal & Nelson, 1994). Os autores verificaram ainda alta correlação entre a quantidade de nitrogênio contido nessa região e a taxa de expansão foliar.

Os maiores valores de altura de plantas ocorreram no ano de 2005 (Figura 2A), provavelmente devido a uma melhor distribuição das chuvas no período em estudo (Figura 1). A maior altura de planta (89 cm) foi obtida em 2005 na dose de 300 kg/ha e a menor (30 cm) no ano de 2004, sem aplicação de nitrogênio.

A altura de plantas também foi influenciada pela interação doses x fontes, com ajuste linear para o sulfato de amônio e quadrático para uréia (Figura 2B). Na dose máxima, a altura das plantas mostrou aumento de 56%

para o sulfato de amônio e 51% para a uréia, em relação à não aplicação de nitrogênio, onde o sulfato de amônio na dose máxima foi superior em 13 % em relação à uréia. Isso pode ser explicado, possivelmente, devido às transformações da uréia aplicada à superfície do solo, resultando em grandes perdas por volatilização (Martha Júnior, 2003).

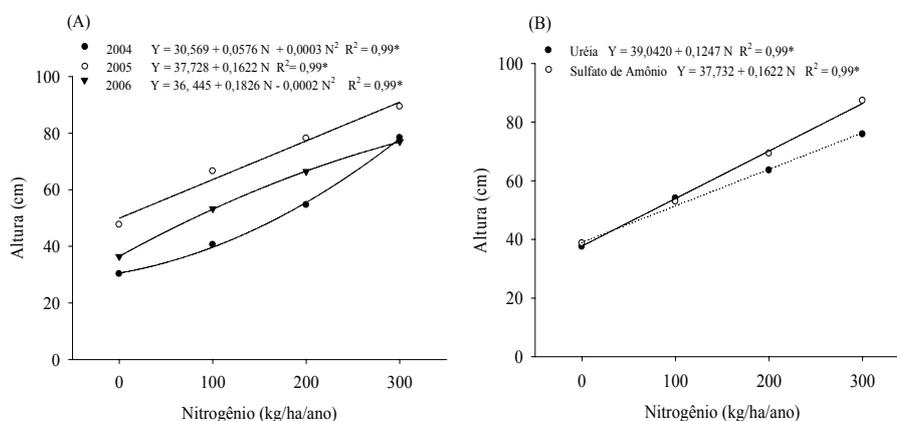


FIGURA 2. Altura das plantas em função da interação doses x anos (A) e doses x fontes (B) do capim-Marandu de pastagem em estágio moderado de degradação (média de três cortes por ano). *Nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

Para a **densidade de perfilhos** ocorreu, também, influência das interações de doses x anos e doses x fontes. No desdobramento da interação doses x anos, o ajuste foi linear para todos os anos de recuperação da pastagem, com incremento da densidade de perfilhos, com as das doses de N aplicadas (Figura 3A). Isso pode ser explicado devido ao nitrogênio fazer parte das proteínas e ácidos nucleicos, os quais participam ativamente da síntese de

compostos orgânicos, que formam a estrutura do vegetal, exercendo papel importante no desenvolvimento de perfilhos e, conseqüentemente, na produção de massa seca (Paulino et al., 1987; Malavolta, 2006).

A densidade de perfilhos apresentou comportamento diferenciado para os três anos de recuperação da pastagem. Os maiores valores ocorreram na dose de 300 kg/ha/ano, mostrando aumento em relação à testemunha de 50, 54 e 53 % para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

A maior densidade de perfilhos, em todas as doses de N estudadas, foi observada no ano de 2004 e a menor, no ano de 2006 (Figura 3A). Provavelmente, essa queda na densidade de perfilhos, no último ano, foi ocasionada pela ocorrência de um veranico no mês de janeiro (Figura 1), causando um déficit hídrico de vinte dias, logo após a primeira aplicação da adubação nitrogenada, limitando com isso as respostas ao nitrogênio, prejudicando assim a produção de novos perfilhos. De fato, os processos de formação, desenvolvimento, crescimento e senescência de perfilhos são influenciados por condições climáticas, como temperatura e disponibilidade de água (Carvalho et al., 2000).

A falta de água limita a taxa de expansão foliar, o número de folhas por perfilho e o número de perfilhos por planta. Ocorre redução no índice de área foliar, induzindo o surgimento de perfilhos basais, favorecendo alta percentagem de eliminação de meristemas apicais, em virtude da elevada taxa de alongação desses perfilhos (Rodrigues et al., 1993).

O nitrogênio tem efeito positivo sobre o perfilhamento, tanto em espécies temperadas quanto em tropicais. Apesar do N não ter grande efeito sobre o número de folhas em um perfilho ou sobre sua taxa de alongação, apresenta grande influência sobre o número de perfilhos desenvolvidos (Nabinger, 1997; Gomide et al., 1998), provavelmente por um efeito na brotação de gemas axilares (Cruz & Boval, 1999).

Bonfim-Silva & Monteiro (2006) afirmam que o N é o nutriente mais importante no número de perfilhos em forrageiras. Em estudos de avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio, nas quatro estações do ano, Fagundes et al. (2006), observaram resposta linear positiva na densidade de perfilhos vegetativos e vivos da *Brachiaria decumbens* sob pastejo, com o aumento das doses de N aplicadas.

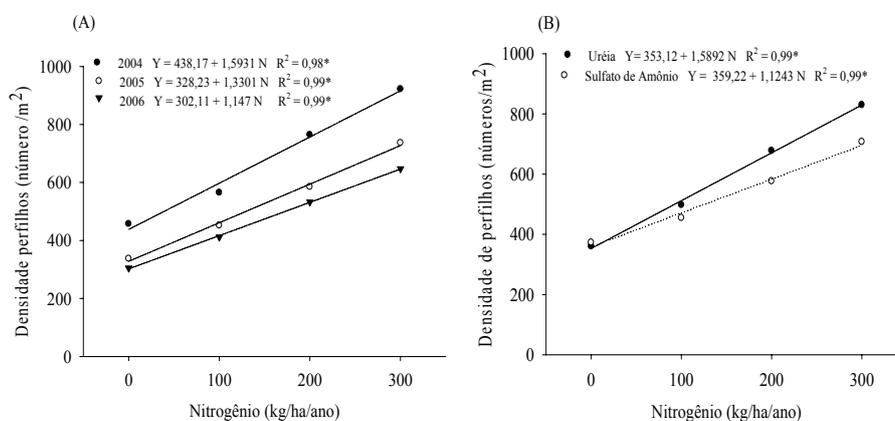


FIGURA 3. Densidade de perfilhos (número/m²) em função da interação doses x anos (A) e doses x fontes (B) no capim-Marandu de pastagem em estágio moderado de degradação (média de três cortes por ano). *Nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

Alexandrino et al. (2005), estudando o crescimento e características químicas e morfológicas do capim-Marandu submetido a cortes e a doses de N, verificaram grande diferença de perfilhamento ao longo do tempo de rebrotação (0, 2, 4, 8, 16, 24, 32 e 48 dias após o corte de uniformização), em relação ao suprimento de N, observando que as plantas não adubadas com N quase não perfilharam ao longo do tempo.

Na interação doses x fontes, a densidade de perfilhos apresentou ajuste linear para as fontes de N (Figura 3B), com aumento de 47 e 57 % na dose de 300 kg/ha/ano em relação à testemunha, para as fontes sulfato de amônio e uréia, respectivamente. Na dose máxima de N, a uréia apresentou um número de perfilhos 15% maior que o sulfato de amônio.

Esperava-se que o sulfato de amônio, por ser fonte de enxofre, promovesse maior número de perfilhos que a uréia, visto que o S, tal como o N, é um componente protéico e enzimático. Faquin et al. (1995) com *Brachiaria decumbens* em Latossolo, textura média da região noroeste do Paraná e Morikawa et al. (1998), com capim-Marandu em Latossolo argiloso da região dos Campos das Vertentes de Minas Gerais, ambos os solos com baixos teores de matéria orgânica, encontraram respostas significativas do perfilhamento das forrageiras à aplicação de enxofre.

É importante ressaltar que, em área que recebe grandes quantidades de adubos nitrogenados é necessário um suprimento de enxofre, no sentido de maximizar a resposta da forrageira, principalmente em áreas degradadas, com baixos teores de matéria orgânica, onde, normalmente, o enxofre encontra-se em baixa disponibilidade no solo (Bonfim-Da-Silva & Monteiro, 2006).

Os valores do **índice de área foliar (IAF)** não foram influenciados pela interação doses x anos e doses x fontes de nitrogênio. Observou-se significância apenas para doses de N estudadas, com aumento quadrático do IAF em função das doses de N aplicadas (Figura 4). Como o IAF se refere à área de folhas por metro quadrado de terreno, esse efeito foi decorrente do aumento do tamanho das plantas (Figura 2), ou seja, alongamento das folhas e do maior número de folhas devido a maior densidade de perfilhos (Figura 3), obtidos com o aumento das doses de N aplicadas. Os efeitos do N no alongamento foliar e na densidade de perfilhos já foram discutidos.

As médias ajustadas do índice de área foliar ficaram entre e 2,71 e 11,82 para a testemunha e a dose máxima de N estudada, respectivamente, na média dos três anos avaliados, mostram aumento de 77% em relação à testemunha. Esse aumento do índice de área foliar, com as doses de N, é considerado relevante para o aumento da produção de forragem da pastagem e, conseqüentemente, para a recuperação da forrageira.

Fagundes et al. (2006), estudando o efeito de doses de nitrogênio e das estações do ano, sobre características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria decumbens*, encontraram no verão IAF de 3,99 na dose de 300 kg/ha de N, enquanto que Gomide et al. (1997), com a mesma espécie submetida a alturas de corte, verificaram variação nesse índice de 3,3 a 8,4. Os primeiros autores citam que os valores de IAF ótimo oscilam de 2 a 3 até maiores que 15, dependendo da espécie.

Santos Junior & Monteiro (2003) verificaram que a área foliar do capim-Marandu foi alterada positivamente pela aplicação de doses de nitrogênio. Em estudo, analisando a dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu, submetido a diferentes doses de nitrogênio, Santos Júnior (2001) observou que tanto a produção de massa seca quanto a área foliar foram alteradas pelas aplicações de nitrogênio, ressaltando que essas duas variáveis seguiram modelo quadrático nas seis idades de crescimento estudadas.

A área foliar é um importante parâmetro utilizado para a análise do crescimento e desenvolvimento das plantas. Quanto maior for a área foliar, mais elevada será a superfície de exposição das folhas e, portanto, maior a capacidade fotossintética da planta o que, provavelmente, refletirá numa maior capacidade produtiva da pastagem.

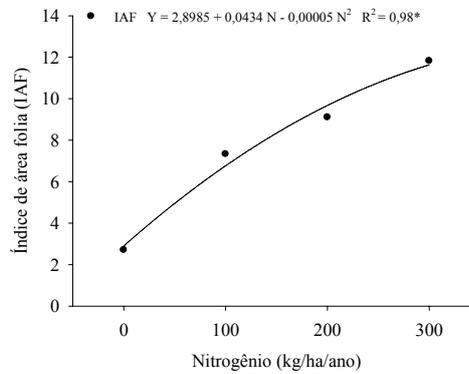


FIGURA 4. Índice de área foliar (IAF) em função das doses de nitrogênio no capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação (média de três cortes por ano). *Nível de significância de 5% ($P < 0.05$).

De acordo com Fagundes et al. (2006), a interceptação de luz é regulada por uma série de fatores, entre eles, a composição morfológica da pastagem, o habito de crescimento da planta e a estrutura da pastagem. Esse conjunto de características determina o grau de atenuação da luz no dossel forrageiro.

A fotossíntese e o potencial de crescimento máximo são atingidos quando houver folhas em número suficiente para interceptar cerca de 90 % da luz incidente, quando todos os outros fatores de crescimento para planta forem favoráveis. Neste ponto, considera-se o índice de área foliar "ótimo". O índice de área foliar "crítico" é quando 95% da luz incidente é interceptada (Gomide, 1994).

As folhas são a fração mais importante da pastagem e, portanto, características relacionadas a esta fração representam os principais fatores que influenciam o consumo e a produção animal em pastagens tropicais (Burns & Sollenberger, 2002).

A **produção de massa seca das lâminas foliares** do capim-Marandu foi influenciada ($P < 0,05$) pelas interações duplas de doses x anos e doses x fontes. No desdobramento da interação doses x anos, o ajuste foi linear para os anos de 2004 e 2005 e quadrática para 2006, aumentando com as doses de nitrogênio aplicadas (Figura 5A).

A produção de massa seca das lâminas foliares apresentou comportamento diferenciado para os três anos de recuperação da pastagem estudados, onde a maior produção foi observada no ano de 2005, o que pode ser explicada devido à melhor distribuição das chuvas ocorridas neste ano (Figura 1), fato já discutido.

Nos anos de 2004 e 2005, os maiores valores de produção de massa seca de lâminas foliares ocorreram na dose de 300 kg/ha/ano. Já no ano de 2006, devido ao ajuste quadrático, ocorreu na dose de 255 kg/ha/ano.

A massa seca das lâminas foliares do ano de 2005 foi superior em 35 e 43 % à dos anos de 2004 e 2006, respectivamente, quando comparadas com as doses com maiores produções de massa seca de lâminas foliares.

Nas doses máximas de N, os valores de massa seca das lâminas foliares foram 4752, 7366 e 4228 kg/ha, mostrando aumentos de 77, 54 e 72 % em relação à testemunha para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. Esses resultados mostram a importância da aplicação de nitrogênio na recuperação do capim-Marandu, contribuindo efetivamente com o aumento da produção de forragem, como mostrado por Costa et al. (2007).

A contribuição de lâminas foliares na produção total de forragem tem grande importância, pois determina o valor nutritivo da forragem, principalmente no caso de animais em pastejo (Ribeiro et al., 1999).

No desdobramento de doses x fontes, a produção de massa seca das lâminas foliares apresentou aumento linear na fonte de sulfato de amônio e quadrático para a uréia, com o acréscimo das doses N aplicadas (Figura 5B).

A massa seca das lâminas foliares mostrou aumento de 70 e 60% na dose máxima em relação à testemunha, respectivamente, para as fontes sulfato de amônio e uréia. O sulfato de amônio, na dose máxima, foi superior em 25% em relação à uréia. Isso pode ser explicado pelas grandes transformações da uréia no solo, o que resulta em significativas perdas por volatilização. Em condições de elevada temperatura, ausência de precipitação imediatamente após a adubação e altas taxas de evaporação de água do solo, as perdas por volatilização podem atingir até 80% do N na forma de uréia, comprometendo a produtividade da planta forrageira (Martha Júnior, 2003). A presença de enxofre no sulfato de amônio pode, também, ter influenciado nesse resultado.

A produção de **massa seca de colmos e bainhas** não foi influenciada ($P>0,05$) pela interação de doses x anos e doses x fontes. Entretanto, houve efeito significativo ($P<0,05$) isolado das doses de N, com ajuste linear crescente com as doses aplicadas (Figura 6). Na dose máxima aplicada, observou-se um aumento de 76% em relação à testemunha, sem aplicação do nutriente. Resultados semelhantes foram obtidos por Bonfim-Da-Silva & Monteiro (2006), os quais verificaram, em estudo, com doses de nitrogênio e enxofre em pastagem degradada de capim-Braquiária, que as doses de nitrogênio foram determinantes para a produção de massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais bainhas da forrageira. Resultados positivos de adubação nitrogenada para a produção de lâminas foliares e colmos mais bainhas no capim-Marandu também foram obtidos por Santos Júnior & Monteiro (2003) e Alexandrino (2005).

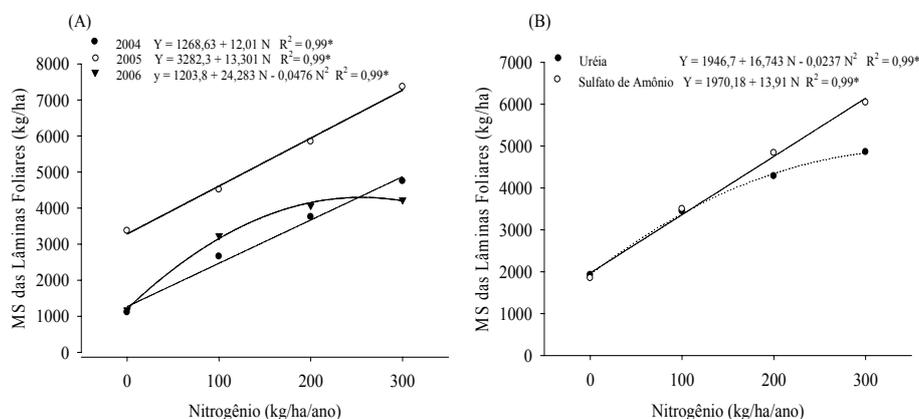


FIGURA 5. Massa seca das lâminas foliares (MSLF) em função da interação doses x anos (A) e doses x fontes (B) do capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação (média de três cortes por ano). *Nível de significância de 5% ($P < 0.05$).

De acordo com Alexandrino (2000) a baixa acumulação de massa seca de colmos mais bainhas das plantas forrageiras, na ausência de adubação nitrogenada, deve-se ao menor alongamento do colmo e ao baixo perfilhamento. A produção de massa seca de colmos e bainhas é um componente relevante para a produção de forragem, pois os colmos e bainhas são órgãos armazenadores de substâncias orgânicas nas gramíneas, o que pode interferir na capacidade de rebrotação dos capins. Os responsáveis pela manutenção da sobrevivência dos tecidos remanescentes e da respiração celular, logo após o corte ou pastejo, são as reservas orgânicas e o índice de área foliar remanescente. De modo geral, logo que a planta inicia a rebrotação e há aumento do índice de área foliar, as reservas não atuam mais como energia de rebrotação e passam novamente a ser acumuladas.

Para Zimmer et al. (1988), o efeito das reservas orgânicas na rebrotação pode, em parte, ser compensada por uma boa área foliar remanescente, resultante de cortes ou pastejos menos drásticos que possibilitarão o reinício de crescimento da pastagem.

A recuperação rápida das plantas forrageiras, após a desfolhação, tem papel importante no manejo da pastagem, já que a maior produtividade se deve principalmente à maior rapidez no processo de rebrotação (Zanine et al., 2005).

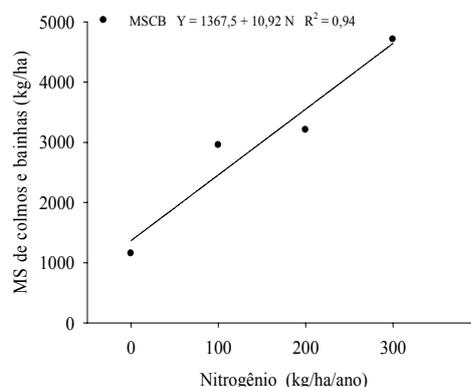


FIGURA 6. Massa seca dos colmos mais bainhas (MSCB), em função das doses de nitrogênio no capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação (média de três cortes por ano). *Nível de significância de 5% ($P < 0.05$).

A **relação lâminas foliares:colmos mais bainhas** é uma variável de grande importância para avaliação das plantas forrageiras. Alta relação representa forragem com elevada concentração de proteína e digestibilidade, com possibilidade de alto consumo por animais, 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 lâminas foliares:colmos mais bainhas confere à gramínea melhor adaptação ao pastejo ou tolerância ao corte, por apresentar um momento fenológico, em que os meristemas apicais se apresentam mais próximos ao solo e, portanto, menos vulneráveis à destruição no pastejo (Pinto et al., 1994).

No presente trabalho a relação lâminas foliares:colmo mais bainhas não foi influenciada ($P>0,05$) pelas doses, fontes e anos avaliados e pelas interações duplas, entre essas variáveis. Já Bonfim-Da-Silva & Monteiro (2006), em estudo com capim-Braquiária, sob doses de nitrogênio e enxofre, verificaram que as doses crescentes de nitrogênio reduziram a relação lâminas foliares:colmos mais bainhas no primeiro e terceiro cortes. Resultados semelhantes também foram obtidos por Pinto et al. (1994) e Lavres Júnior et al. (2004) para gramíneas forrageiras.

Andrade (1997) explica que o incremento na adubação, principalmente com nitrogênio, aumenta mais a produção de colmos mais bainhas que a de folhas das gramíneas forrageiras, diminuindo a relação. De acordo com o autor, o limite crítico dessa relação é considerado igual a 1,00 e esse nível crítico considera a quantidade e a qualidade de forragem produzida. No presente trabalho, como não se observou diferenças significativas para a relação lâminas foliares:colmo mais bainhas, em função das doses e fontes de N, e nem dos anos estudados, infere-se que a relação se manteve sempre aproximadamente igual a 1,0.

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 folha:caule. O aumento na produção de colmos e bainhas, em resposta à adubação pode ocorrer por diversas razões, podendo-se citar a maior longevidade e eficiência fotossintética das folhas, mais intenso perfilhamento e estímulo ao alongamento do colmo. A adubação nitrogenada

favorece o rendimento da forrageira, porém pode também ocasionar a diminuição da relação folha:caule.

4 CONCLUSÕES

A altura de plantas, a densidade de perfilhos e a matéria seca das lâminas foliares foram influenciadas pelas doses e fontes de N, em todos os anos avaliados. A altura de plantas e a densidade de perfilhos foram mais elevadas no ano de 2005, sendo o sulfato de amônio superior à uréia para essas características. A adubação nitrogenada teve efeito positivo sobre as características morfogênicas, estruturais e produtivas avaliadas e, conseqüentemente, para a recuperação da pastagem.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRINO, E. **Crescimento e características químicas e morfológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a cortes e doses de nitrogênio.** 2000.132p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JR., D.; REGAZZI, A.J. et al. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de corte. **Acta Scientiarum**, v.27, n.1, p.7-14, 2005.

ANDRADE, A.C. **Produtividade e valor nutritivo do capim-Elefante (*Penisetum purpureum* schum. cv. Napier) sob diferentes doses de nitrogênio e potássio.** 1997. 52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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 Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1289-1297, 2006.

BURNS, J.C.; SOLLENBERGER, L.E. Grazing behavior of ruminants and daily performance from warm-season grasses. **Crop Science**, v.42, n.3, p.873-881, 2002.

CARVALHO, C.A.B.; DA SILVA, S.C.; CARNEVALLI, R.A. et al. Perfilhamento e acúmulo de forragem em pastagens de Florakirk (*Cynodon* spp.) sob pastejo. **Boletim da Indústria Animal**, v.57, n.1, p.39-51, 2000.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V. OLIVEIRA, I.P.; RODRIGUES, R.B.; OLIVEIRA, M.A.; MEDEIROS, L.S. Recuperação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob doses e fontes de nitrogênio em estágio moderado de degradação. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44, Jaboticabal, 2007. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. CD ROM.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forages. In: LEMAIRE, G. et al. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology.** Wallingford, UK: CABI International, 1999 p. 151-168.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FAQUIN, V.; HOFFMANN, C.R.; EVANGELISTA, A.R.; GUEDES, G.A.O. Potássio e o enxofre sobre o crescimento da Braquiária e do colônio em amostras de um latossolo da Região Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.19, n.1, p.87-94, 1995.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, M.E.R.; LAMBERTUCCI, D.M. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.30-37, 2006.

FERREIRA, D.F. SISVAR - **Sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA/DEX, 1999. Software.

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

GASTAL, F.; NELSON, C.J. Nitrogen use withing the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, v.105, n.1, p.191-197, 1994.

GOMIDE, C.A.M.; PACIULLO, D.S.C.; GRASSELLI, L.C.P.; GOMIDE, J.A. Efeito da adubação sobre a morfogênese de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECCIA, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 486-488.

GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.1-14.

GOMIDE, J.A. O fator tempo e o número de piquetes do pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: FUNDAMENTOS DO PASTEJO ROTACIONADO, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.253-271.

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

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MARTHA JUNIOR, G.B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio e do fertilizante em pastagem de capim Tanzânia**. 2003.149p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

MONTEIRO, F.A. Concentração e distribuição de nutrientes em gramíneas e leguminosas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004. p.71-107.

MORIKAWA, C.K.; FAQUIN, V.; CURI, N.; MARQUES, E.S.; WERNEK JR, M.R.; FURTINI NETO, A.E. Crescimento e produção de gramíneas forrageiras em amostras de Latossolo da Região dos Campos das Vertentes - MG. **Pasturas Tropicais**, Cali, v.20, n.2, p.18-23, 1998.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1997. p.213-251.

OLIVEIRA, M.A. **Características morfofisiológicas e valor nutritivo de gramíneas forrageiras do gênero *Cynodon* sob diferentes condições de irrigação, fotoperíodo, adubação nitrogenada e idades de rebrota**. 2002. 142p. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. et al. Rendimento e valor nutritivo do Capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.1949-1960, nov./dez. 2000.

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 Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.1069-1075, 1998.

PAULINO, V.T.; ANTON, D.P.; COLOZZA, M.P. Problemas nutricionais do gênero *Brachiaria* e algumas relações com o comportamento animal. **Zootecnia**, Nova Odessa, v.25, n.3, p.215-263, 1987.

PINTO, J.C.; COMIDE, 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 Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.23, p.313-326, 1994.

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 Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

RIBEIRO, K.G.; GOMIDE, J.A.; PACIULLO, D.S.C. Adubação nitrogenada do capimelefante cv. Mott. 2. Valor nutritivo ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1194-1202, 1999.

RODRIGUES, T.J.D.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. Adaptação de plantas forrageiras a condições adversas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 2., 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.17-61.

SANTOS, I.P.A. **Morfofisiologia e valor nutritivo de gramíneas forrageiras Tropicais sob fontes e doses de fósforo**. 2004. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SANTOS JÚNIOR, J.D.G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio**. 2001. 79p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

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

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

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

WILSON, K.R. Environmental and nutrition factors affecting herbage quality. In: HACKER, J. B. (Ed.). **Nutritional limits to production from pastures**. Farnham Royal: CAB, 1982. p.111-132.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M. OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, D.J. Modernas estratégias no manejo do pastejo das gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Cynodon*. **Revista Eletrônica de Medicina Veterinária**, v.6, n.11, 2005.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Manejo de plantas do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 9., 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p.142-183.

CAPÍTULO 2

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E DE APROVEITAMENTO DO NITROGÊNIO PELO CAPIM-MARANDU DE PASTAGEM, EM ESTÁGIO MODERADO DE DEGRADAÇÃO, SOB DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO

(Preparado de acordo com as normas da Revista *Bragantia*)

RESUMO

A otimização da eficiência nutricional é de grande importância para as forrageiras, devido ao custo elevado dos fertilizantes nitrogenados, imprescindíveis para o aumento da produtividade. Diante disso, desenvolveu-se o presente estudo sob condições de campo, visando avaliar a eficiência no uso e de aproveitamento do nitrogênio, por meio de diversos índices, em pastagem de capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), em estágio moderado de degradação, sob doses e fontes de N, por um período de três anos. O experimento foi conduzido na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás (UEG) num Latossolo Vermelho eutrófico, no período de julho de 2003 a março de 2006, numa área de 882 m², com parcelas individuais de 20 m² e área útil de 6 m². O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos nas parcelas foram caracterizados por um fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de N (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de N (0, 100, 200 e 300 kg/ha). Na subparcela, os tratamentos foram representados pelos anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de recuperação da pastagem. A adubação nitrogenada foi parcelada em três aplicações, após cada corte de avaliação da forrageira. Foram realizados três cortes da forrageira por ano, avaliando-se a massa seca e os teores de N nos tecidos. Com esses resultados, avaliaram-se os índices de Eficiência de Utilização do N (EUN), Recuperação do N Aplicado (RNA), Eficiência Agronômica do N Aplicado (EA) e Eficiência Fisiológica (EF) ou Eficiência Biológica. Os resultados mostraram que a EUN aumentou, enquanto que a RNA, EA e a EF diminuíram com o aumento das doses de N aplicadas. Em todos os casos, os índices foram influenciados pelos anos de recuperação da forrageira estudados, mas não pelas fontes de N utilizadas.

Palavra-chave: adubação nitrogenada, *Brachiaria brizantha*, sulfato de amônio, uréia, eficiência no uso do nitrogênio

**INDEX OF THE EFFICIENCY NUTRITIONAL IN CAPIM-MARANDU
AT PASTURE IN MODERATE PHASE OF DEGRADATION UNDER
DOSES AND SOURCES OF NITROGEN**

ABSTRACT

The optimizing nutrient use efficiency is very important for forage, due to the high cost of nitrogen fertilizers, essential to the growth of productivity. Before that, this study was accomplished under field conditions, to evaluate the utilization and efficiency of nitrogen use, through various indexes, in pasture of capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) in moderate stage of degradation, under different doses and sources of N, in a three-year period of time. The experiment was conducted in Model Farm of Goiás State University a eutrophic Dark Red Latosol, from 2003 July to 2006 March, in a 882 m² area, with individual plots of 20 m² and useful area by 6 m². The experimental delineation was hazard blocks, with three repetitions. The treatments were placed in parcels characterized by a 2X4 factorial , being two sources of N (ammonium sulfate and urea) and four doses of N (0, 100, 200 and 300 kg/ha/year). In sub - parcel, the treatments were represented per years (2004, 2005 and 2006) referring to time of pasture recovery. The use of nitrogen was divided in three times, after every cut evaluation of the forage pasture. Three cuts were made of forage for year, evaluating dry mass and acumulation N in tissue. With these results are evaluated indexes Nitrogen Utilization Efficiency, Recovery from the N Applied, Agronomic Efficiency from the N Applied, Physiological or Biological. Efficiency. The results showed that EUN increased, while that RNA, EA and EF reduced with the increase in the nitrogen doses applied.. In all cases, the indexes were influenced by the years of recovery the herbage, but not by the sources of N used.

Key words: nitrogen fertilization, *Braquiaria brizantha*, ammonium sulfate, urea, nitrogen use efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um dos macronutrientes que mais contribuem para o incremento na produtividade das pastagens brasileiras. A aplicação de fertilizantes nitrogenados é considerada o fator chave para o desenvolvimento das práticas modernas de manejo de pastagens e para a obtenção de produtividade elevada (Jarvis et al., 1995).

Em áreas de pastagens degradadas, o manejo da fertilidade do solo difere do realizado em áreas recém implantadas ou manejadas intensivamente, há muitos anos. A resposta à aplicação de fertilizantes em pastos degradados aumenta durante o processo de recuperação (Oliveira et al., 2003).

Os adubos nitrogenados apresentam um custo elevado e, por isso, a sua utilização tem sido limitada, daí a necessidade de estudos que determinem as gramíneas forrageiras tropicais com maior eficiência de uso e aproveitamento do N e maior potencial de resposta a doses altas desse nutriente..

Normalmente, as gramíneas tropicais respondem intensamente a doses crescentes de N (Lazzarini Neto, 2000). As respostas das forrageiras à adubação nitrogenada ocorrem na amplitude de valores variando de 5 a 89 kg de MS/kg de N aplicado (Balsalobre et al., 2002), estando normalmente estes valores concentrados na faixa de 40 a 70 kg de MS/kg de N aplicado (Corsi & Nussio, 1994).

Sempre que possível, é de suma importância estimar a eficiência da utilização do nitrogênio, uma vez que esse parâmetro indica a dose de nitrogênio mais eficiente a ser aplicada no solo, resultando, conseqüentemente, em menor custo de produção das pastagens (Carvalho & Saraiva, 1987).

A eficiência nutricional expressa a relação entre produção obtida e insumos aplicados; isto significa que a eficiência nutricional é a quantidade de matéria seca produzida por unidade de nutriente aplicado (Fageria, 1998).

Maranville et al. (1980); Siddiqi & Glass (1981); Craswell & Godwin (1984) e Fageria (1992) relataram que a eficiência nutricional pode ser expressa e calculada de diversas maneiras.

Dentre estas, pode-se citar a Recuperação do Nitrogênio Aplicado, que representa a quantidade do nutriente acumulado por unidade de nutriente aplicado, a Eficiência Agronômica, que é a razão entre produção econômica obtida por unidade de nutriente aplicado e a Eficiência Fisiológica ou Biológica, que é a produção biológica por unidade de nutriente acumulado (Fageria, 1998).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diversos índices de eficiência de utilização e de aproveitamento do N no capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação, sob doses e fontes de N, por um período de três anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo do Curso de Zootecnia da Universidade Estadual de Goiás, em São Luís de Montes Belos-GO, a 579 m de altitude, 16° 31' 30" de latitude sul e 50° 22' 20" de longitude oeste. A área utilizada de pastagem foi de 882 m², dividida em três blocos de 294 m², com parcelas individuais de 20 m² e área útil de 6 m². A pastagem já se encontrava estabelecida há mais de dez anos, com baixa produção de forragem, em estágio moderado de degradação, devido à exploração intensiva de animais e falta de reposição de nutrientes no solo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas principais foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de N (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de N (0, 100, 200 e 300 kg/ha/ano). Na subparcela, os tratamentos foram representados pelos anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de recuperação da pastagem.

O solo foi classificado originalmente como LATOSSOLO VERMELHO eutrófico (EMBRAPA, 2006), de textura argilosa, cujas médias das características químicas de todas as parcelas, na profundidade de 0-20 cm, estão apresentadas na Tabela 1. A metodologia utilizada para a análise de solo foi da EMBRAPA (1997).

No primeiro ano (2003), foram aplicados 500 kg/ha de calcário dolomítico com 85 % de PRNT, em cobertura 60 dias, antes do período chuvoso. Em setembro, após as primeiras chuvas foram aplicados 150 kg/ha de P₂O₅, 18 kg/ha de S, 80 kg/ha de K₂O e 30 kg/ha de FTE BR-12, utilizando-se como fontes: super fosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. No segundo ano (2004), foi realizada adubação de manutenção com 50 kg/ha de P₂O₅, 6 kg/ha de S e 100 kg/ha de K₂O, provenientes das fontes de super fosfato

simples e cloreto de potássio, respectivamente. No terceiro ano de recuperação (2005), foram aplicados 150 kg/ha de P₂O₅, 18 kg/ha de S, 120 kg/ha de K₂O e 20 kg/ha de FTE BR-12, na forma de super fosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. Toda a adubação de manutenção nos três anos foi realizada com uma única aplicação em cobertura, antes dos fertilizantes nitrogenados, no início do período chuvoso (setembro).

TABELA 1. Determinações químicas do solo, realizadas antes da adubação de manutenção e dos tratamentos nos anos de condução do experimento

Características	2003	2004	2005
pH (CaCl ₂)	5,2	5,1	4,6
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,1	0,2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,9	5,3	3,5
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,70	2,79	2,20
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,00	0,91	0,23
K (cmol _c dm ⁻³)	0,42	0,23	0,11
P-Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	1,3	6,4	1,8
SO ₄ ⁻² (cmol _c dm ⁻³)	9,8	18,9	30,0
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	1,7	1,0
Zn (mg dm ⁻³)	0,2	2,9	0,7
Fe (mg dm ⁻³)	13,0	30,0	31,3
Mn (mg dm ⁻³)	27,4	41,0	15,6
MOS (g dm ⁻³)	11,0	18,0	20,0
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³) ²	8,0	8,2	6,5

A adubação nitrogenada em cada ano foi parcelada em três épocas, após cada corte de avaliação da forrageira, sendo que a primeira aplicação foi realizada em dezembro, a segunda em janeiro e a terceira em fevereiro, todas com intervalo de trinta dias.

Foram realizados três cortes da planta forrageira por ano. O primeiro trinta dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados (janeiro), o segundo trinta dias após o primeiro (fevereiro) e o terceiro trinta dias após o segundo

(março). A forrageira foi coletada com auxílio de um quadrado de ferro de 1 m x 1 m e cortada a uma altura de 20 cm do solo. Após cada corte de avaliação, foi realizado o corte de uniformização de toda a área experimental, a uma altura de 20 cm da superfície do solo.

O material coletado no campo foi acondicionado em sacos, identificados, seco em estufa e pesado para determinação da massa seca total. Extrapolaram-se os valores obtidos de massa seca total presente em 1 m² (área do quadrado utilizado para coleta) para kg/ha.

Foi realizada a análise química da planta para obter-se o teor de nitrogênio de acordo com metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Os valores de acúmulo de N foram obtidos por meio do produto entre o teor de N na planta e a produção de massa seca (MS). Com os dados de matéria seca e acúmulo de N, foram calculados os seguintes índices:

- **Eficiência de Utilização de Nitrogênio (EUN)** = (matéria seca total, kg² / (acúmulo de N, g); em (kg de MS)² / g de N acumulado (Siddiqi & Glass, 1981);
- **Recuperação do Nitrogênio Aplicado (RNA)** = Acúmulo de N (kg) com adubação - Acúmulo de N (kg) sem adubação / Dose de N aplicada (kg) x 100; em % (Fageria, 1998).
- **Eficiência Agronômica do N Aplicado (EA)** = MS com adubação (kg) – MS sem adubação (kg) / Dose de N (kg); em kg de MS / kg N aplicado (Fageria, 1998).
- **Eficiência Fisiológica (EF) ou Eficiência Biológica** = MS com adubação (kg) – MS sem adubação (kg) / Acúmulo de N com adubação (kg) – Acúmulo de N sem adubação (kg); em kg de MS / kg de N acumulado (Fageria, 1998).

Durante a condução do experimento foram monitorados diariamente os dados de: temperaturas mínimas, médias e máximas e precipitação pluviométrica (Figura 1).

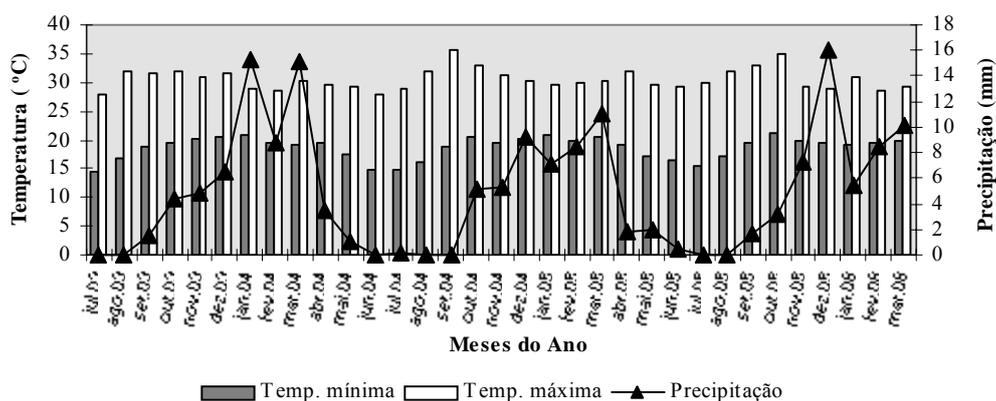


FIGURA 1. Temperaturas máximas e mínimas e precipitações pluviométricas observadas durante o período de Julho de 2003 a Março de 2006.

Todos os resultados receberam o tratamento estatístico por meio do software SISVAR 4,6 (Ferreira, 1999). Inicialmente, foi realizada a análise de variância para as combinações das doses e fontes de nitrogênio, onde o ano foi considerado como parcela subdividida no tempo. Em função da significância entre essas variáveis, ajustaram-se curvas de regressão, as quais permitiram avaliar a relação entre a variável resposta e os níveis do fator que estava sendo avaliado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tradicionalmente, tem sido usada para o cálculo da **Eficiência de Utilização (EU)** de nutrientes pelas plantas, a massa seca produzida por unidade do nutriente acumulado no vegetal. Siddiqui & Glass (1981) propuseram o cálculo da EU em função da concentração do nutriente na matéria seca e não pela unidade do mesmo acumulada, pelo uso da fórmula citada em Material e Métodos.

A Eficiência de Utilização não foi influenciada pela interação de doses x fontes. Entretanto, foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) da interação doses x anos. Observam-se, na Figura 2, ajustes quadráticos para todos os anos avaliados. A EUN aumentou com o acréscimo das doses de N aplicadas e seus valores variaram de 0,1967 (no ano de 2005 sem aplicação de N) até 0,5160 kg²/g (no ano de 2004 na dose máxima), mostrando diferença de 62 % quando comparados. As maiores EUN foram observadas nas doses de 300, 300 e 100 kg/ha/ano para os anos de 2004, 2005 e 2006, mostrando um aumento de 60, 60 e 34% em relação à testemunha, respectivamente.

No ano de 2006 não se observaram diferenças na EU entre as doses 100, 200 e 300 kg/ha de N e, em relação aos outros anos estudados, menor EU para essas doses de N aplicadas (Figura 2). Ressalta-se que no ano de 2006 ocorreu um veranico no mês de janeiro (Figura 1) o que, certamente, foi a causa da menor produção de MS da parte aérea da forrageira observada por Costa (2007), menor número de perfilhos e de produção de MS de lâminas foliares (Figuras 3A e 5A, respectivamente, Capítulo 1). Esse menor crescimento, possivelmente, foi a razão da menor EUN em 2006.

Siddiqui & Glass (1981) relatam que o crescimento da planta está, também, relacionado à concentração do nutriente nos tecidos e não somente na

quantidade absoluta acumulada, pois o crescimento só ocorre a partir de uma concentração mínima no tecido vegetal, que é diferente entre espécies ou variedades. Fonseca (1987) relata que as plantas, em geral, utilizam mais eficientemente um nutriente quando está em menor disponibilidade, porém, necessitam de um teor mínimo no solo para expressar sua máxima utilização.

Nesse sentido, as Figuras 2, 3, 4, 5, e 6 do Capítulo 1 mostram respostas crescentes da altura, densidade de perfilhos, índice de área foliar, matéria seca de lâminas foliares e de colmos mais bainhas da forrageira, respectivamente, às doses de N aplicadas, buscando, certamente, essa mínima concentração de N no solo e nos tecidos para expressar a máxima eficiência de utilização.

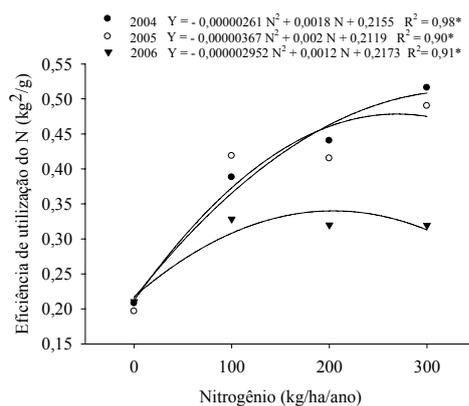


FIGURA 2. Eficiência de Utilização do Nitrogênio (EUN), em função da interação doses x anos do capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação (média de três cortes por ano).
 *Nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

Vicente-Chandler et al. (1959), em ensaio de campo com capim-Colonião, cortado aos 60 e 90 dias, verificaram que ocorreu diminuição na eficiência de utilização do nitrogênio, principalmente nas doses acima de 400 kg/ha/ano.

A **Recuperação do Nitrogênio Aplicado (RNA)** pelo fertilizante (Fageria, 1998), refere-se à percentagem do total de N aplicado pelas fontes que foi absorvida e acumulada adicionalmente pelas plantas das parcelas adubadas, em relação às não adubadas.

De acordo com Primavesi et al. (2006), esse índice é de fácil estimativa e de baixo custo, pois utiliza apenas o teor de N total da planta e a massa seca da forragem de parcelas adubadas e não adubadas. Em pastagens manejadas intensivamente, onde se usam doses elevadas de N, conhecer a recuperação do N do fertilizante pelas plantas torna-se importante para maximizar a eficiência do seu uso e minimizar o impacto ambiental.

A RNA foi influenciada pela interação entre doses x anos (Figura 3), apresentando redução linear com o aumento das doses de N para o ano de 2004 e quadrática decrescente para os anos 2005 e 2006.

Na dose de 100 kg/ha/ano, a RNA observada foi superior em 4, 27 e 34 %, quando comparada com a dose máxima para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. No ano de 2006, na dose de 100 kg/ha/ano, a RNA mostrou-se maior em 49 e 10 % quando comparada a 2004 e 2005. Já na dose de 300 kg/ha/ano, essa diferença foi de 26 e 1 % em relação a 2004 e 2005, respectivamente

Resultados de pesquisa têm mostrado que taxa de recuperação do N, aplicado como fertilizante, diminui à medida que se aumenta a dose aplicada no solo (Whitehead, 2000; Sousa & Lobato, 2004; Primavesi et al., 2004; Primavesi et al., 2006; Cantarella, 2007).

O menor valor de RNA foi de 45 % e ocorreu no ano de 2004, na dose de 300 kg/ha/ano; já o maior valor foi de 92 % e ocorreu em 2006 na dose de 100 kg/ha/ano. Whitehead (1995 e 2000) verificou que a recuperação do fertilizante aplicado em pastagens variou dentro dos limites de 50 a 80% e, com maior frequência, entre 65 e 70 %. Contudo, Corsi (1994) explica que a

recuperação do nitrogênio aplicado pode ser maior de 80% em gramíneas tropicais, desde que o fertilizante seja adequadamente aplicado. Os valores de RNA podem atingir valores elevados, podendo passar de 100 %, e isto ocorre devido, no cálculo da RNA, não se considerar as diferenças de N existente no solo e o do fertilizante aplicado (Martha Junior, 2003).

A maior parte dos estudos realizados com pastagens tropicais, tal como no presente trabalho, determinaram a recuperação do N do fertilizante de maneira indireta (ou aparente), isto é, pela diferença do N absorvido por plantas de parcelas adubadas em relação às plantas e parcelas não adubadas (Favoretto et al., 1988).

Esse menor aproveitamento do N aplicado (RNA), com o aumento das doses, já era esperado pois, embora tenha havido maior produção de massa seca, concentração e extração de N pelas plantas, nas maiores doses aplicadas, (Costa, 2007), nessas doses há uma maior chance de perdas do nutriente por volatilização, lixiviação, desnitrificação e lavagem superficial.

De acordo com Cassol et al. (2005), uma cultura raramente aproveita mais que 60% do N aplicado, e o restante pode permanecer no solo para as culturas subseqüentes, ou perder-se por diversos processos, sendo um dos principais a volatilização de N-NH₃ (amônia). A perda de amônia por volatilização é um processo complexo estando, em geral, associado à aplicação superficial de fertilizantes minerais e varia com as fontes de fertilizantes nitrogenados disponíveis. Os autores afirmam ainda que a maior atividade da urease da palhada acumulada superficialmente deve facilitar a hidrólise do N-amídico da uréia, favorecendo sua volatilização.

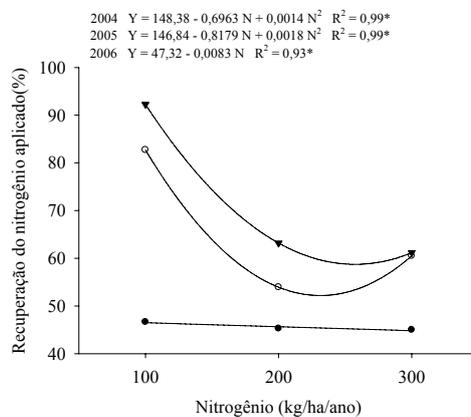


FIGURA 3. Recuperação do Nitrogênio Aplicado (RNA), em função da interação doses x anos do capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação (média de três cortes por ano).
*Nível de significância de 5% ($P < 0.05$).

Outros aspectos do presente trabalho, que possivelmente contribuíram para a redução dos valores de aproveitamento do N aplicado (RNA), podem ser citados: a última coleta das plantas foi realizada um mês após o último parcelamento podendo ainda, após esse período, a forrageira absorver o N aplicado; foram coletados e analisados, em cada corte, apenas as folhas e caules acima de 20 cm, portanto, não foi avaliado o N acumulado nas raízes e parte aérea não coletada.

No ano de 2004 observou-se menor aproveitamento do N em todas as doses aplicadas (Figura 3). Certamente, em 2004, primeiro ano do estudo, as plantas do capim-Marandu, que se encontravam em estágio moderado de degradação apresentavam, também, um sistema radicular menos desenvolvido e, com isso, menor capacidade de absorção. Nos anos seguintes (2005 e 2006), devido à grande resposta da forrageira à adubação nitrogenada (Costa, 2007 e Capítulo 1), o potencial de aproveitamento foi aumentado, principalmente na dose de 100 kg/ha, com menores chances de perdas do N aplicado.

Segundo Westerman & Kurtz (1974) e Hart et al. (1986), o nitrogênio do fertilizante estimula a atividade biológica do solo e o maior crescimento das raízes das plantas adubadas, fazendo com que o N de um maior volume de solo seja absorvido por essas plantas.

Na avaliação da RNA é importante salientar que além das perdas do N aplicado pelos processos já mencionados, as plantas estão, na realidade, em competição com a população microbiana do solo, sendo que N aplicado no solo está, também, sujeito a uma série de transformações mediadas por microrganismos, que irão determinar as relações de equilíbrio entre as formas orgânicas e inorgânicas, sendo as formas iônicas de NO_3^- e NH_4^+ , as absorvidas pelas plantas (Moreira & Siqueira, 2006).

Apesar de não ter sido verificado efeito significativo da interação de doses x fontes, resultados de pesquisa têm mostrado que existe diferença na RNA entre as fontes de N utilizadas. Primavesi et al. (2006), trabalhando com doses de N das fontes de nitrato de amônio e uréia no capim-Marandu, verificaram que a recuperação do N aplicado variou com as fontes e doses de N aplicadas, mostrando que com o aumento das doses de N ocorreu decréscimo na recuperação para ambas as fontes, sendo maior para a fonte de nitrato de amônio. Lara Cabezas et al. (2005), em estudo com a cultura do milho em sistema de plantio direto, observaram recuperação de 34 e 49 % de N aplicado em cobertura para a uréia e o sulfato de amônio, respectivamente. Já Silva et al. (2006) encontraram valores de 44 a 55 % de recuperação do N também na cultura do milho.

Werner et al. (2001) relataram que as adubações nitrogenadas devem ser parceladas, principalmente quando se usam altas doses de nitrogênio, para se evitar principalmente as perdas por volatilização e por lixiviação.

Em condições de elevada temperatura, ausência de precipitação imediatamente depois da adubação e altas taxas de evaporação de água do solo,

as perdas por volatilização podem atingir até 80% do N na forma de uréia, comprometendo a produtividade da planta forragem (Martha Júnior et al., 2004).

Tem-se verificado que, na grande maioria das vezes, maiores doses de fertilizantes resultam em perdas mais elevadas de N-NH₃ por volatilização (Primavesi et al., 2001). Existe um consenso entre os autores de que sais amoniacais, como o sulfato de amônio, apresentam menores perdas de N-NH₃ por volatilização que a uréia (Trivelin et al., 1994; Martha Junior, 1999; Primavesi et al., 2001). Enquanto os sais amoniacais apresentam perdas por volatilização entre 5 e 10 % do N aplicado, a uréia perde, normalmente, em torno de 10 a 25 %, podendo atingir, em condições favoráveis, até 80 %.

A **Eficiência Agronômica (EA)** (Fageria, 1998) refere-se à produção adicional de massa seca pela forrageira nas parcelas adubadas em relação à não adubada por unidade de nitrogênio aplicado pelas fontes utilizadas.

A EA não foi influenciada pela interação de doses x fontes. Entretanto, houve significância para interação de doses x anos no capim-Marandu. Observam-se, na Figura 4, reduções quadráticas decrescentes dos valores de EA, com o incremento das doses de N aplicadas para todos os anos avaliados.

O maior valor de EA foi observado no ano de 2005 na dose de 100 kg/ha/ano, com uma produção adicional de 44 kg de MS/kg de N aplicado. Já o menor ocorreu no ano de 2006 na dose de 300 kg/ha/ano, com uma produção adicional de apenas 20,41 kg de MS/kg de N aplicado, apresentando uma diferença de 54 % quando comparados.

Na dose de 100 kg/ha/ano, a EA foi superior em 18, 42 e 49 % em relação à dose máxima aplicada para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. No ano de 2005, na dose de 100 kg/ha/ano, a EA foi superior em 10 e 43 % em comparação com os anos de 2004 e 2006, devido à melhor distribuição de chuvas, como explicado anteriormente, favorecendo a solubilização dos fertilizantes nitrogenados no solo, contribuindo para o

aumento da eficiência agronômica e resultando em maior produção de massa seca (Costa et al., 2007).

Embora a produção de massa seca da parte aérea (Costa, 2007) e a de lâminas foliares e colmos mais bainhas (Capítulo 1) tenham mostrado aumentos lineares com as doses de N aplicadas, a Figura 2 mostra, para todos os anos estudados, uma relação quadrática crescente para a eficiência de utilização do N (EUN) pela forrageira; ou seja, aumentos decrescentes de EU com o aumento das doses aplicadas. Esse fato mostra que, nas maiores doses de N, a resposta da planta em produção de matéria seca, em relação à concentração de N nos tecidos, (EU) atingiu seu ponto de máximo nas maiores doses aplicadas em todos os anos estudados (Figura 2), justificando-se, assim, uma redução na Eficiência Agronômica (produção adicional de massa seca nas parcelas adubadas em relação às não adubadas por unidade de N aplicado) (Figura 4). Primavesi et al. (2004) citam que, de maneira geral, a resposta máxima de gramíneas forrageiras à adubação nitrogenada está na faixa de 300 a 400 kg/ha/ano. Portanto, na maior dose usada no presente trabalho (300 kg/ha/ano), possivelmente, esse limite de resposta tenha sido atingido (Figura 4).

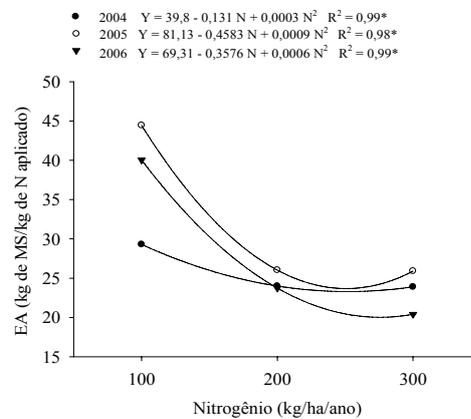


FIGURA 4. Eficiência agrônômica (EA) em função da interação doses x ano do capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação (média de três cortes por ano). *Nível de significância de 5% ($P < 0.05$).

Primavesi et al. (2002), avaliando a eficiência agrônômica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu verificaram que os melhores índices ocorreram quando se aplicaram as menores doses de N, ocorrendo redução nos valores desses índices com o aumento das doses de N. Paulino et al. (1995), trabalhando com *Brachiaria decumbens* determinaram que o sulfato de amônio teve valores de eficiência agrônômica três vezes superiores à da uréia na produção de forragem, representados por 45 e 16 kg de MS/kg de N, respectivamente. Martha Junior & Balsalobre (2001) reportaram valores de EA em forrageiras na faixa de 25 a 35 kg de MS/kg de N.

A **Eficiência Fisiológica (EF) ou Eficiência Biológica** (Fageria, 1998) representa a produção adicional de massa seca pela forrageira nas parcelas adubadas em relação à não adubada, por unidade de N adicional acumulado nas plantas dessas parcelas.

A EF não foi influenciada pela interação de doses x fontes. Observou-se significância apenas para a interação de doses x anos. Para todos os anos de

recuperação do capim-Marandu estudados, houve redução linear da EF com o incremento nas doses de N aplicadas (Figura 5). Portanto, os maiores valores de EF foram observados nas doses de 100 kg/ha/ano e os menores ocorreram na dose máxima em todos os anos avaliados. Os valores de EF variaram na amplitude de 29,75 kg de MS/kg de N acumulado (na dose máxima no ano de 2006) até 66,98 kg de MS/kg de N acumulado (na dose de 100 kg/ha/ano no ano de 2004), apresentando uma diferença de 56 %, quando comparados.

Na dose de 300 kg/ha/ano ocorreu uma diminuição de 27, 21 e 28 % em relação à dose de 100 kg/ha/ano, para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. Os maiores valores de EF, nas menores doses de N, foram observados no ano de 2004, mostrando aumento de 18 e 38 % em relação aos anos de 2005 e 2006, respectivamente.

Interessante destacar que, comparando-se as Figuras 5 (EF) e 3 (RNA), observa-se que, com relação aos anos de recuperação da forrageira estudados, houve uma inversão: enquanto no ano de 2004 houve a menor RNA e no de 2006, a maior (Figura 3), para a EF ocorreu o contrário (Figura 5). Em ambos os casos, no ano de 2005, observou-se comportamento intermediário. Disso se deduz que, no ano de 2004, a forrageira recuperou menor quantidade do N aplicado (Figura 3), mas foi mais eficiente em produzir massa seca por unidade de N absorvido do adubo aplicado (Figura 5). A Figura 2, referente à eficiência de utilização do N aplicado (Siddiqi & Glass, 1981), mostra que, embora não se tenham observado diferenças entre os anos 2004 e 2005, o ano de 2006 foi em todas as doses de N aplicadas, aquele que apresentou menor EU, confirmando, portanto, a afirmativa anterior.

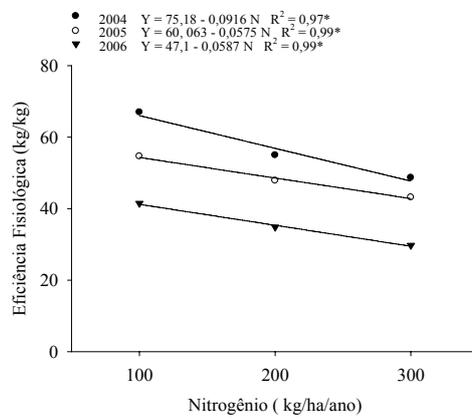


FIGURA 5. Eficiência Fisiológica (EF) em função da interação doses x ano do capim-Marandu de pastagem, em estágio moderado de degradação (média de três cortes por ano). *Nível de significância de 5% ($P < 0.05$).

4 CONCLUSÕES

A eficiência de utilização de N pelo capim-Marandu aumentou enquanto que a recuperação do N aplicado, a eficiência agrônômica e a eficiência fisiológica diminuíram com o aumento das doses de N aplicadas. Em todos os casos, os índices foram influenciados pelos anos de recuperação da forrageira estudados, mas não pelas fontes de nitrogênio utilizadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: Novais, R.F.; Alvares V.; V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L.. (Org.). **Fertilidade do Solo**. 1 ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, v.1, p.375-470.

CARVALHO, M.M.; SARAIVA, O.F. Resposta do capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beau.) a aplicação de nitrogênio, em regime de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.16, n.5, p.442-454, 1987.

CASSOL, L.C.; DIEHL, R.C.; ASSMANN, J.M.; BRAIDA, J.A. Perdas de NNH_3 por volatilização após aplicação de diferentes níveis e fontes de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 38., 2005, Recife. **Anais...** Recife: CBCS, 2005.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: SIMPÓSIO: PASTAGENS – FUNDAMENTOS DA EXPLORAÇÃO RACIONAL, 2., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.121-153.

CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do Capim-Elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.87-116.

COSTA, K.A.P. **Recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio**. 2007. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V. OLIVEIRA, I.P.; RODRIGUES, R.B.; OLIVEIRA, M.A.; MEDEIROS, L.S. Recuperação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob doses e fontes de nitrogênio em estágio moderado de degradação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. CD ROM.

CRASWELL, E.T.; GODWIN, D.C. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates. In: TINKER, P.B.; LAUCHI, A. (Ed.). **Advances in plant nutrition**. New York: Praeger, 1984. p.1-55.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed.rever. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2.ed. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FAGERIA, N.K. **Maximizing crop yields**. New York: M. Dekker, 1992. 274p.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.6-16, 1998.

FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; TUPINAMBÁ, L.F. Efeito do nitrogênio na produção e composição bromatológica do capim colômbio e seus aspectos econômicos. **Científica**, v.16, p.71-78, 1988.

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA.DEX, 1999. Software.

FONSECA, D.M. da. **Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbense* e *Hyparrhenia rufa***. 1987. 146p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HART, P.B.S.; RAYNER, J.H.; JENKINSON, D.S. Influence of pool substitution on the interpretation of fertilizers experiments with ¹⁵N. **Journal of Soil Science**, v.37, p.389-403, 1986.

JARVIS, S.C.; SCHOLEFIELD, D.; PAIN, B. Nitrogen cycling in grazing systems. In: BACON, P. E. (ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: M. Dekker, 1995. p.381-419.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ARRUDA, M.R.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.29, p.215-266, 2005.

LAZZARINI NETO, S. **Manejo das pastagens**. 2.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 124p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARANVILLE, J.W.; CLARK, R.B.; ROSS, W.M. Nitrogen efficiency in grain sorghum. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.2, p.577-589, 1980.

MARTHA JUNIOR, G.B. **Balço de ¹⁵N e perdas de amônia por volatilização em pastagem de capim Elefante**. 1999. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

MARTHA JUNIOR, G.B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio e do fertilizante em pastagem de capim Tanzânia**. 2003.149p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

MARTHA JUNIOR, G.B.; BALSALOBRE, M.A.A. **I Curso on-line de diferimento de pastagens e suplementação de bovinos de corte**. Piracicaba: AGRIPPOINT, 2001. 89 p.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G.; SOUSA, D.M.G.; BARCELOS, E.A. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.155-216.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed.atual. e ampl. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

OLIVEIRA, P.P.A.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O. et al. Liming and fertilization for restoring degraded *Brachiaria decumbens* pasture on sandy soil. **Scientia Agricola**, v.60, n.1, p.125-131, 2003.

PAULINO, V.T.; BEISMAN, D.A.; FERRARI JUNIO, E. Fontes de nitrogênio na recuperação de pastagem de *brachiaria decumbens* durante o período da seca. **Pasturas Tropicais**, v.17, p.20-24, 1995.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Circular Técnica, 30).

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de A.; PRIMAVESI, A.C.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Eficiência nutricional de duas fontes de nitrogênio na produção de matéria seca de capim-Marandu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.

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

PRIMAVESI, O., PRIMAVESI, A.C., CORREA, L.A., SILVA, A.G., CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagens de *coastcross* adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.35, n.3, p.683-690, 2006.

SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.4, n.3, p.289-302, 1981.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P.C.O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.41, p.477-486, 2006.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

TRIVELIN, P.C.; LARA CABEZAS, W.A.R.; BOARETO, A.B. Dinâmica do nitrogênio de fertilizantes fluidos no sistema solo-planta. In: VITTI, G.C.; BOARETO, A.E. (Ed.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p.315-330.

VICENTE-CHANDLER, J.; PEARSON, R.W.; ABRUNA, F.; SILVA, S. Potassium fertilization of intensively managed grasses under humid conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, n.4, p.202-206, 1959.

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

WESTEREMAN, R.L.; KURTZ, L.T. Isotopic and nonisotopic estimations of fertilization nitrogen uptake by sudangrass in field experiments. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.38, p.107-109, 1974.

WHITEHEAD, D.C. **Nutrient elements in grasslands**: soil-plant-animal relationships. Wallingford: CAB International, 2000. 369p.

WHITEHEAD, D.C. Volatilization of ammonia. In: WHITEHEAD, D.C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. p.152-179.