

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

**Nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária em
degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica**

Edna Maria Bonfim-da-Silva

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

Piracicaba
2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Edna Maria Bonfim-da-Silva
Zootecnista

**Nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária em degradação em
Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica**

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

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

**Piracicaba
2005**

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

Bonfim-da-Silva, Edna Maria

Nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de capim Braquiária em degradação em Neossolo quartzarênico com expressiva matéria orgânica / Edna Maria Bonfim-da-Silva. - - Piracicaba, 2005.
123 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
Bibliografia.

1. Área foliar 2. Capim braquiária 3. Enxofre 4. Matéria orgânica 5. Nitrogênio 6. Pastagem – Recuperação I. Título

CDD 633.2

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

A **Deus**, pela vida e a **Nossa Senhora**, pela iluminação do meu caminho.

AGRADEÇO

Ao meu esposo **Tonny** e meus filhos **Eloize** e **Tallys**, razão de minha vida.

DEDICO

Aos meus pais **Edite** e **João** e meus irmãos **José, Carlos, Heleno, João, Pedro, Edson, Paulo, Roberto** (*in memorian*) e **Luiz**, pela estrutura familiar, carinho, amizade e apoio em todas as etapas de minha vida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Meu sincero agradecimento e reconhecimento ao professor Dr. Francisco Antonio Monteiro, pela sua excelente orientação, amizade, confiança e apoio em todas as etapas do meu doutoramento;

A todos os professores da Pós-Graduação em especial aos professores Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmargo, Dr. Antônio Roque Dechen, Dr. Pablo Vidal Torrado e Dr. Álvaro Pires da Silva pelos conhecimentos transmitidos, atenção e colaboração na minha formação;

Ao Prof. Dr. José Renato Sarruge e ao José Aurélio Bonassi (Pingin) pela contribuição na instalação do aparelho de destilação-redução para determinação de enxofre no solo;

Aos funcionários do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas: Ednéia Mondoni, João Granja, Leandro Góia, Lúcia Forti, Lurdes González, Luiz Silva, Nancy Amaral, Nivanda Ruíz, Sueli Bovi, Vanda Zancheta, pelo apoio na realização deste trabalho e amizade construída;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas pela realização do curso;

Aos professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco Dra. Rosa Guedes, Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos, Dr. Fernando José Freire e Dr. Paulo Klinger Tito Jacomine, pelo incentivo desde meu curso de Graduação;

Aos proprietários da Fazenda Agrícola Brejo das Almas pela área cedida para a coleta do material para instalação do experimento e em especial ao Eng. Agrônomo Willian Tabchouri pela contribuição na escolha da área experimental;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento do projeto de pesquisa;

Aos funcionários da Biblioteca Central – ESALQ/USP Eliane Garcia e Sílvia Zinsly pela correção da parte bibliográfica deste material;

Aos colegas, amigos e irmãos de Pós-Graduação pela ajuda, convivência e troca de experiências representados por Cristiane Silveira, Dylnei Consolmagno Neto, Fabiano De Bona, Gilberto Nava, Gilmar Nachtigall, Gláucia Anti, Glauca Yorinori, Haroldo Hoogerheide,

Jackson Lange, João de Deus Gomes dos Santos, Jonas Ruschel, Jorge Henrique dos Santos, José Olímpio Souza Júnior, Karina Batista, Luciana Bertolotti, Ralini Melo, Sandra Alves, Simeire Aparecida Manarin, Suzana Melo e Valdomiro Souza Júnior;

Aos estagiários da Nutrição Mineral de Plantas Carolini Serrano, Daniel Mafredini, Heloiza Silva, João Gabriel Toalari, Luana do Carmo, Luiz Palermo, Larissa Marcondes, Paulo Hartmann, Renata Kairof, Rodrigo Fernandes, Soraya Pires e Thaís Liberali pela ajuda na condução do experimento, determinações laboratoriais e pela harmoniosa convivência e amizade;

Enfim, para todos aqueles que de alguma maneira colaboram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Recuperação de pastagens degradadas.....	12
1.2 Nitrogênio no solo.....	13
1.3 Nitrogênio em plantas forrageiras.....	14
1.4 Enxofre no solo.....	16
1.5 Enxofre em plantas forrageiras.....	17
1.6 Relação nitrogênio: enxofre.....	19
Referências	20
2 NITROGÊNIO E ENXOFRE NA PRODUÇÃO E NO USO DE ÁGUA PELO CAPIM-BRAQUIÁRIA EM DEGRADAÇÃO.....	26
Resumo.....	26
Abstract.....	26
2.1 Introdução.....	27
2.2 Desenvolvimento.....	28
2.3 Resultados e Discussão.....	32
2.3.1 Área Foliar.....	32
2.3.2 Produção de massa seca na parte aérea.....	35
2.3.3 Consumo de água.....	37
2.3.4 Eficiência no uso de água.....	40
2.4 Conclusões.....	43
Referências	43
3 NITROGÊNIO E ENXOFRE EM CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DO CAPIM- BRAQUIÁRIA PROVENIENTE DE ÁREA DE PASTAGEM EM DEGRADAÇÃO.....	47
Resumo.....	47
Abstract.....	47
3.1 Introdução.....	48
3.2 Desenvolvimento.....	49
3.3 Resultados e Discussão.....	52

3.3.1 Número de perfilhos.....	52
3.3.2 Número de folhas.....	55
3.3.3 Massa seca das lâminas foliares.....	58
3.3.4 Massa seca dos colmos mais bainhas.....	61
3.3.5 Relação lâminas foliares: colmos mais bainhas.....	63
3.3.6 Massa seca, comprimento e superfície total do sistema radicular.....	67
3.4 Conclusões.....	71
Referências.....	71
4 SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO E ENXOFRE E NUTRIÇÃO NESSES NUTRIENTES NO CAPIM-BRAQUIÁRIA PROVENIENTE DE ÁREA DE PASTAGEM EM DEGRADAÇÃO.....	76
Resumo.....	76
Abstract.....	76
4.1 Introdução.....	76
4.2 Desenvolvimento.....	78
4.3 Resultados e Discussão.....	80
4.3.1 Leituras do valor SPAD.....	80
4.3.2 Concentração de nitrogênio nas folhas recém-expandidas.....	83
4.3.3 Concentração de nitrogênio na parte aérea total.....	86
4.3.4 Concentração de nitrogênio nas raízes.....	88
4.3.5 Concentração de enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas.....	90
4.3.6 Concentração de enxofre na parte aérea.....	92
4.3.7 Concentração de enxofre nas raízes.....	94
4.3.8 Relação nitrogênio:enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas.....	95
4.3.9 Relação nitrogênio:enxofre na parte aérea.....	97
4.3.10 Relação nitrogênio:enxofre nas raízes.....	99
4.4 Conclusões.....	100
Referências.....	101
5 NITROGÊNIO E ENXOFRE NA ADUBAÇÃO E NO SOLO CULTIVADO COM CAPIM-BRAQUIÁRIA EM DEGRADAÇÃO.....	105
Resumo.....	105
Abstract.....	105
5.1 Introdução.....	106

5.2 Desenvolvimento.....	107
5.3 Resultados e Discussão.....	109
5.3.1 pH do solo.....	109
5.3.2 Teor de matéria orgânica no solo.....	110
5.3.3 Nitrogênio total no solo.....	111
5.3.4 Teores de amônio e de nitrato no solo.....	113
5.3.5 Enxofre total no solo.....	115
5.3.6 Sulfato no solo.....	118
5.4 Conclusões.....	120
Referências.....	121

RESUMO

Nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica

O nitrogênio tem sido indispensável na formação, manutenção e recuperação de pastagens e seu efeito tem mostrado ser dependente do suprimento de enxofre, pela relação desses nutrientes no metabolismo vegetal. Objetivou-se: a) estudar combinações de doses de nitrogênio e de enxofre em solo suportando capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*) em degradação; b) avaliar o efeito do nitrogênio e do enxofre na eficiência no uso de água pelo capim; c) caracterizar as formas de nitrogênio e de enxofre no solo, antes, durante e após as adubações desses nutrientes; d) determinar a influência das combinações desses nutrientes em características nutricionais e produtivas do capim em recuperação. Coletaram-se amostras com plantas + solo em cilindros de 15 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade num Neossolo Quartzarênico de uma pastagem em degradação. Utilizaram-se cinco doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 mg dm⁻³) e cinco doses de enxofre (0; 10; 20; 30 e 40 mg dm⁻³), combinadas em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5² fracionado. Realizaram-se três cortes nas plantas com intervalos regulares de 30 dias. O fornecimento simultâneo de nitrogênio e enxofre na adubação aumentou a área foliar e a produção de massa seca, o número de perfilhos e melhorou a eficiência no uso de água pelo capim. A adubação com nitrogênio teve efeito isolado para o número de perfilhos e produção de massa seca no segundo e no terceiro crescimentos. O número de folhas foi influenciado pelas doses de nitrogênio e de enxofre de forma isolada, no primeiro crescimento e pelas doses de nitrogênio no segundo e no terceiro crescimentos. As relações entre as doses de nitrogênio e as de enxofre para as máximas produções foram de maneira geral em torno de 10:1. A adubação nitrogenada resultou em aumento na produção de massa, o comprimento e a superfície das raízes. O valor SPAD dependeu da combinação de doses de nitrogênio e de enxofre apenas no primeiro crescimento e teve efeito do nitrogênio no segundo e no terceiro crescimentos. As concentrações de nitrogênio e de enxofre no capim atingiram máximos valores nas doses mais elevadas. A baixa relação N:S de 7:1 no capim na não aplicação de nitrogênio indicou maior demanda de nitrogênio do que de enxofre. A interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre não foi significativa para as características químicas avaliadas no solo. O pH do solo diminuiu quando o nitrogênio foi aplicado. A matéria orgânica no solo não variou após três períodos de crescimento do capim. A adubação com nitrato de amônio aumentou os teores de nitrogênio total, nitrogênio nítrico e nitrogênio amoniacal no solo. O teor de nitrogênio na forma amoniacal foi superior ao da forma nítrica no solo. A adubação com sulfato de cálcio aumentou os teores de enxofre total e de enxofre sulfato no solo. A aplicação principalmente de nitrogênio, mas também de enxofre, influenciou o estágio nutricional do capim-Braquiária e conseqüentemente a sua recuperação.

Palavras-chave: recuperação de pastagem, *Brachiaria decumbens*, nitrogênio, enxofre, área foliar, massa seca

ABSTRACT

Nitrogen and sulphur for the recovery of a Signal grass under degradation in on Entisol with expressive organic matter content

Nitrogen is required for pastures establishment, maintenance and production recovery, and its effect has depended on sulphur supply, for the relationship between these nutrients in plant metabolism. The objectives were: a) to study the combinations between nitrogen and sulphur rates in soil with Signal grass (*Brachiaria decumbens*) under degradation; b) to evaluate the effect of nitrogen and sulphur on the water use efficiency by grass; c) to determine the nitrogen and sulphur in the soil, before, in the course of the combinations between these nutrients on productive and nutritional characteristics of the recovering grass. Samples of plants plus soil were collected in cylinders of 15 cm diameter and 20 cm depth from an Entisol with a degrading pasture. Five rates of nitrogen (0; 100; 200; 300 and 400 mg dm⁻³) were combined with five rates of sulphur (0; 10; 20; 30 and 40 mg dm⁻³) in a response surface methodology based on a central composite design modified from a fractional 5² factorial. Three harvests were done after each 30 days of plants growth. The supply of nitrogen and sulphur together increased Signal grass leaf area, dry matter yield, number of tillers and improved the water use efficiency by the grass. Nitrogen rates had effects on the number of tillers and dry matter yield at the second and third harvests of the grass. The number of leaves was changed by both nitrogen and sulphur rates at the first growth, and by nitrogen rates at the second and third growths. Maximum dry matter yields were attained when nitrogen and sulphur rates were at about 10:1 ratio. Nitrogen supply affected grass roots by increasing roots dry weight, length and surface. SPAD values changed with combined rates of nitrogen and sulphur at the first growth, and with nitrogen rates at the second and third growths. Nitrogen and sulphur concentrations were at maximum when maximum rates of these nutrients were applied. The low 7:1 N:S ratio in the grass with no nitrogen supply suggested higher demand for nitrogen than sulphur. The interaction between nitrogen and sulphur rates was not significant for the evaluated soil chemical parameters. Soil pH decreased when nitrogen was applied. Soil organic matter content did not change after the growth periods of the grass. Ammonium nitrate supply resulted in increases in total nitrogen, nitrate and ammonium in the soil. Ammonium concentration in the soil was higher than nitrate. Calcium sulphate application resulted in increases in total sulphur and sulphate-sulphur in the soil. The application of mainly nitrogen, but also of sulphur, affected the nutritional status of Signal grass, and its recovery.

Keywords: pasture recovery; *Brachiaria decumbens*, nitrogen, sulphur, leaf area, dry matter

1 INTRODUÇÃO

A partir dos anos de 1960 houve expansão das áreas com pastagens cultivadas no Brasil para atender a crescente demanda por produtos de origem animal no país. Todavia, a perda gradual da capacidade produtiva dessas pastagens tem sido uma constante nesses ecossistemas, principalmente em área de explorações extensivas, caracterizadas pelo uso do solo e pelo emprego de baixo nível tecnológico. Partindo-se da informação de que no Brasil existe cerca de 200 milhões de hectares de pastagens, sendo 20 % dessa área constituída de pastagens degradadas apenas do gênero *Brachiaria*, a degradação de pastagens passa a ser um fato considerável devido ao prejuízo econômico na produção animal, uma vez que a produção a pasto é a forma menos onerosa de produção de leite e carne.

A recuperação de pastagens é um dos caminhos para a reversão dessa situação, e uma das formas para alcançar esse objetivo é trabalhar com a reconstituição da fertilidade do solo, esgotada pelos anos sucessivos de exploração extrativista. Assim, torna-se necessário buscar um modo de recuperar essas pastagens degradadas, e neste contexto a adubação enquadra-se como uma prioridade.

A adubação tem sido indispensável na formação, na manutenção e na recuperação das pastagens e, de um modo particular, a adubação nitrogenada tem se mostrado uma das maiores prioridades, nos casos de pastagens exclusivas de gramíneas, quando se trata de recuperação de áreas degradadas. A necessidade da utilização de enxofre, bem como a sua interação com o nitrogênio, muitas vezes não é avaliada, tanto em situações de pesquisa como na produção em propriedades agropecuárias, o que se torna um fator limitante na produção de gramíneas forrageiras.

O nitrogênio é o principal constituinte das proteínas e de outros compostos orgânicos formadores da estrutura vegetal ou com atuação no metabolismo das plantas. Por sua vez, o enxofre é requerido pelas plantas para a síntese de proteínas, pois faz parte da estrutura dos aminoácidos metionina, cisteína e cistina e a sua necessidade está intimamente relacionada com as quantidades de nitrogênio disponível para as culturas.

Estudos em plantas do gênero *Brachiaria*, envolvendo nitrogênio e enxofre, podem gerar informações que venham a contribuir, de forma positiva, na recuperação e na produtividade de pastagens. Desse modo, pesquisas realizadas com o uso de soluções nutritivas demonstraram a importância da combinação de nitrogênio com enxofre para as respostas de gramíneas

forrageiras. Nesse contexto, tem-se como hipótese que determinadas combinações de nitrogênio e enxofre na adubação, em um solo Neossolo Quartzarênico com expressivo teor de matéria orgânica, são apropriadas para influenciar a nutrição e os aspectos morfo-fisiológicos do capim-Braquiária, a ponto de resultar na recuperação adequada dessa pastagem em degradação. Este trabalho teve por objetivos: a) estudar combinações de doses de nitrogênio e de enxofre em solo suportando capim-Braquiária em degradação; b) avaliar o efeito do nitrogênio e do enxofre na eficiência no uso de água pelo capim; c) caracterizar as formas de nitrogênio e de enxofre no solo, antes, durante e após as adubações desses nutrientes; d) determinar a influência das combinações desses nutrientes em características nutricionais, morfogênicas, fisiológicas e produtivas do capim-Braquiária em recuperação.

1.1 Recuperação de pastagens degradadas

Os solos com melhor aptidão agrícola são ocupados pelas lavouras anuais de grãos ou as de grande valor industrial, para a produção de óleo, fibras, açúcar, entre outra (MACEDO, 1999), enquanto que os solos ocupados por pastagens são geralmente os mais pobres em termos de fertilidade do solo e condições físicas, quando comparados àqueles usados pelas agriculturas.

Além da baixa fertilidade natural dos solos ocupados por pastagens, existe outro problema que é a substituição de espécies mais exigentes por aquelas menos exigentes em fertilidade. Dessa forma, principalmente a partir dos anos de 1970 os capins do gênero *Brachiaria* vêm sendo incrementados nas pastagens brasileiras, sendo utilizados em processos de substituição de espécie, que foi liderado pela capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*).

O Brasil possui aproximadamente 25 % da sua área territorial ocupada com pastagens, sendo 20% dessa área constituída de pastagens degradadas apenas do gênero *Brachiaria*. Estima-se que as braquiárias ocupem em torno 7,6 milhões de hectares somente no Estado de São Paulo e que aproximadamente 50 % dessa área já apresentam algum indicativo de degradação (FERREIRA et al., 1999; ANUALPEC, 2003).

A degradação das pastagens ocorre com a alteração do revestimento inicial do solo, em termos de espécie forrageira. Assim, a forrageira de interesse vai sendo excluída da pastagem e acaba sendo substituída por outras plantas de baixo valor forrageiro (SOARES FILHO, 1993).

Dentre as práticas de manejo para a recuperação de pastagens degradadas, a melhoria da fertilidade do solo é de extrema importância. A deficiência de nitrogênio é uma das principais

causas de degradação de pastagens cultivadas, não podendo ser desconsiderado que numa dada condição de pastagem, qualquer nutriente pode ser limitante, mas tem sido freqüente a limitação por nitrogênio e enxofre (SOARES FILHO, 1993).

Urquiaga et al. (1998), avaliando a capacidade de recuperação de pastagens degradadas, em resposta à adubação com macronutrientes, em solos de baixa fertilidade dos cerrados, com aplicação superficial e sem incorporação ao solo, observaram que o nitrogênio foi o macronutriente mais limitante da capacidade de rebrota do capim.

Dessa forma, o fornecimento de enxofre junto com o nitrogênio passa a ser uma alternativa para a recuperação de áreas de pastagens degradadas, tendo em vista a forte interação entre esses nutrientes (MATTOS; MONTEIRO, 2003). Rodrigues (2002), estudando calcário, nitrogênio e enxofre para recuperação do capim-Braquiária cultivado em solo proveniente de uma pastagem degradada, concluiu que a adubação com enxofre resultou em maior produção de massa seca nas doses mais elevadas, principalmente quando associada às maiores doses de nitrogênio.

1.2 Nitrogênio no solo

Na camada superficial dos solos mais cultivados, o teor de nitrogênio total pode variar entre 0,6 a 5 g dm⁻³ (BREMNER, 1996). O nitrogênio no solo ocorre em três formas principais: N-orgânico (parte da matéria orgânica não disponível para a planta em crescimento), N-amoniacal fixado pelos minerais de argila (muito lentamente disponível para as plantas) e N-inorgânico (essencialmente os íons amônio e nitrato). O solo contém alta proporção de N-orgânico, ou seja, em torno de 97 a 98 % do nitrogênio total do solo (nitrogênio não disponível) e somente 2 a 3 % de N-inorgânico. Conseqüentemente, a mineralização, processo pelo qual as formas orgânicas são convertidas em disponíveis, é muito importante para o aproveitamento do nutriente pelas plantas (LOPES, 1998).

A disponibilidade de nitrogênio no solo depende do balanço líquido entre os processos de mineralização e de imobilização. Em pastagens tropicais extensivamente manejadas, sem adubação nitrogenada, a disponibilidade de nitrogênio depende, em grande parte, da mineralização líquida do nitrogênio dos resíduos das plantas. O balanço entre esses processos pode variar com o tempo e, principalmente, com a natureza do resíduo orgânico em decomposição, além de depender da atividade microbiana do solo (MARSCHNER, 1997). As pastagens constituídas por gramíneas podem apresentar resíduos com alta relação C:N, que

acabam por favorecer a imobilização do nitrogênio inorgânico, comprometendo a disponibilidade do nitrogênio (ROBBINS et al., 1987).

A dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta tem sido extensamente estudada há cinco décadas, para uma gama de agroecossistemas, em especial para aqueles localizados nas regiões temperadas (MARTHA JÚNIOR, 2004). Para ecossistemas de pastagens nas regiões temperadas, aspectos relacionados às transformações do nitrogênio no solo, como eficiência de uso de fertilizante contendo esse nutriente, perdas de nitrogênio no sistema solo-planta, bem como os impactos potenciais do nitrogênio no ambiente, já foram abordados em diversos estudos (WHITEHEAD, 1995; JARVIS; PAIN, 1997). Dessa maneira, pode-se assegurar que os conhecimentos sobre esses tópicos encontram-se em estágio bem mais evoluído em regiões de clima temperado quando comparado às informações disponíveis para ambientes tropicais.

Nos trópicos, para sistemas de produção animal em pastagens, os esforços para se compreender melhor a dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta passaram a ser mais evidente, a partir da década de 1960, quando se observou a natureza altamente responsiva das gramíneas tropicais às adições de nitrogênio (HENZELL, 1962; VICENTE-CHANDLER et al., 1973).

A dinâmica do nitrogênio no solo em prazo curto é difícil de prever. Dependendo da disponibilidade de resíduos orgânicos, da relação C:N do solo, da umidade do solo, da temperatura, do pH e de outros fatores, pode haver uma quantidade determinada de nitrogênio mineral no solo, em um dado momento. Contudo, se as formas minerais de nitrogênio são muito variáveis, o teor total de nitrogênio do solo praticamente não varia em curto prazo, ou mesmo no período de alguns anos (RAIJ, 1991).

1.3 Nitrogênio em plantas forrageiras

O nitrogênio é o macronutriente exigido pelas plantas em maior quantidade (TAIZ; ZEIGER, 2004). Geralmente representa de 10 a 40 g kg⁻¹ de massa seca dos tecidos vegetais, sendo componente de muitos compostos essenciais aos processos de crescimento vegetal como aminoácidos e proteínas. Participa com quatro átomos na molécula de clorofila e, é componente dos ácidos nucleicos que são indispensáveis não só como material de construção dos tecidos vegetais, mas também nos núcleos celulares e protoplasma em que se encontram os controles hereditários (MENGEL; KIRKBY, 2001). Portanto, é responsável por características do porte da

planta tais como: tamanho das folhas e dos colmos e aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos.

O nitrogênio é facilmente redistribuído na planta, via floema e, conseqüentemente, as plantas deficientes em nitrogênio apresentam sintomas, primeiramente nas folhas velhas. A fração protéica do nitrogênio representa ao redor de 80 a 85 % do total de nitrogênio nas plantas (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Segundo Monteiro e Werner (1977) e Werner (1986), o aumento na produção de forragem depende da adequada disponibilidade de nutrientes, dentre as quais destaca-se o nitrogênio, principalmente nas pastagens cultivadas. Efeito positivo do nitrogênio no rendimento forrageiro vem sendo relatado por uma série de autores, entre os quais Herling et al. (1991), Santos (1997), Rodrigues (2002), Batista (2002), Mattos e Monteiro (2003).

A disponibilidade de nitrogênio é o fator dominante que controla os processos de crescimento e desenvolvimento da planta e, provavelmente, o mais importante a limitar a produção de biomassa permitida pelas condições climáticas nos ecossistemas naturais (NABINGER, 1996). De acordo com Monteiro et al. (2004) relataram que as produções de pastagens estabelecidas com gramíneas dependem primordialmente do fornecimento de nitrogênio.

Vicente-Chandler et al. (1973), estudando o efeito de doses de nitrogênio em sete capins tropicais, verificou uma ampla faixa de resposta à aplicação de nitrogênio, quanto à produção de massa seca, sendo que o capim-Gordura (*Melinis miniflora*) obteve sua máxima produção na dose de 224 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Para o capim-Napier a máxima produção ocorreu na dose 1.729 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Esse autor mencionou que as gramíneas tropicais podem responder a doses de nitrogênio de até 1.800 kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo que essas respostas ocorrem de forma diferenciada, dependendo da espécie. Nesse contexto, deve-se considerar que os demais nutrientes devem estar presentes no solo em quantidade, adequadas para que a adubação nitrogenada seja efetiva.

Em experimento desenvolvido em solução nutritiva com capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e omissões de macronutrientes, Monteiro et al. (1995) verificaram que o tratamento de omissão de nitrogênio foi o que mais limitou o desenvolvimento das plantas quanto ao número de perfilhos e altura das plantas e, conseqüentemente, quanto à produção de massa seca da parte aérea e das raízes.

Santos (1997) obteve os máximos valores SPAD (determinação indireta do teor de

clorofila) de 50 e 52 para o primeiro e segundo crescimentos do capim-Braquiária quando utilizou as doses de 330 e 442 mg L⁻¹. Colozza (1998) observou valores críticos de SPAD entre 32 e 52 para o capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv Mombaça). Manarin (2000) relatou valores de leituras SPAD entre 41 e 45 nas folhas recém-expandidas do capim-Mombaça, submetido a doses de nitrogênio, no segundo crescimento. Lavres Júnior e Monteiro (2002), em estudo com capim-Mombaça submetido a doses de nitrogênio e potássio, verificaram no segundo crescimento do capim valores médios de 20 e 39 unidades SPAD para condição de concentração mais baixa e mais alta de nitrogênio estudada, e também constataram que a dose para o valor máximo em unidades SPAD ocorreria na dose de nitrogênio de 486 mg L⁻¹.

Mattos e Monteiro (2003) verificaram interação significativa entre as doses de nitrogênio e de enxofre para aérea foliar e massa seca do capim-Braquiária em ao, quando demonstrarem a necessidade de incremento na dose de enxofre quando o nitrogênio era fornecido em doses mais elevadas. Também, Santos Júnior e Monteiro (2003) verificaram que a área foliar e massa seca do capim-Marandu foram alteradas positivamente pelas doses de nitrogênio.

Rodrigues (2002), estudando a concentração de nitrogênio no tecido das lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária em função da aplicação de nitrogênio, descreveu variação de 11,31 a 36,35 g kg⁻¹ na massa seca, observada nos tratamentos de omissão do nutriente e na dose de nitrogênio de 992,7 mg kg⁻¹.

1.4 Enxofre no solo

Apesar da essencialidade do enxofre ser reconhecida há algum tempo na nutrição mineral de plantas, não se tinha maiores preocupações com ele, porque eram empregados adubos com formulações contendo nitrogênio, fósforo e potássio, e relativamente altas concentrações de enxofre como ânion acompanhante na forma de sulfato. Com o avanço da frequência de utilização de adubos concentrados em nitrogênio, fósforo e potássio, da correção dos solos em busca de um aumento geral de produtividade, a exaustão do enxofre nativo dos solos vem se manifestando, em praticamente todas as partes do mundo, incluindo o Brasil (YAMADA, 1988).

O enxofre é relativamente móvel na solução do solo e está sujeito a muitas reações químicas e biológicas, envolvendo as suas formas sólidas, líquidas e gasosas, com variação da sua valência de +6 a -2. No solo, as suas transformações são afetadas, primordialmente pela atividade microbiana e é encontrado nas formas orgânica e inorgânica (STARKEY, 1966).

A maior parte do enxofre total do solo (em geral mais de 90 %) é indicada pelas estreitas relações entre carbono orgânico, nitrogênio total e enxofre total (METSON, 1979). No subsolo, podem dominar as formas inorgânicas de enxofre.

De acordo com Tabatabai (1996) o enxofre total nos solos pode variar de 20 a 600 mg dm⁻³, dependendo da sua textura com tendência a maior valor de enxofre total em solos de textura e mais argilosa. Entretanto a maioria dos solos contém entre 100 a 500 mg dm⁻³ de enxofre total.

À semelhança do nitrogênio, as formas orgânicas e inorgânicas de enxofre do solo estão relacionadas aos processos de mineralização e imobilização. Estes processos exercem papel importante na distribuição de enxofre nas frações do solo (JANNSSON; PERSSON, 1982). A maior parte do enxofre do solo está fortemente ligada à matéria orgânica e ao material mineral, que têm relação com a distribuição e transformação das formas orgânicas e inorgânicas do solo, além das inter-relações com o nitrogênio e o enxofre da atmosfera e biosfera.

1.5 Enxofre em plantas forrageiras

O enxofre na planta encontra-se em sua maior parte, em aminoácidos e proteínas. As concentrações totais nas plantas são da ordem de 2 a 5 g kg⁻¹ e massa seca. As concentrações nas folhas variam pouco em plantas bem nutridas, estando, em geral, entre 1 e 4 g kg⁻¹ (RAIJ, 1991). A planta absorve o enxofre principalmente na forma do íon sulfato (SO₄²⁻) da solução do solo (MENGEL; KIRKBY, 2001).

A cisteína é o primeiro produto estável da redução do sulfato assimilado, e atua como precursora para a síntese de todos os outros compostos contendo enxofre reduzido, como também para a formação de produtos biosintéticos, como o etileno. Altas concentrações de cisteína podem inibir a ação da enzima adenosina 5-fosfosulfato (APS) sulfotransferase, que atua no processo de redução do sulfato (MARSCHNER, 1997).

O enxofre, assim como o nitrogênio, é de extrema importância para o crescimento e o valor nutritivo das plantas forrageiras. É componente dos aminoácidos cisteína, metionina e cístina, os quais podem conter cerca de 90 % do total de enxofre da planta. Além disso, faz parte da ferredoxina, molécula transferidora de elétrons envolvida na fotossíntese, na fixação de nitrogênio atmosférico e na redução de compostos oxidados, tal como o nitrato (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Em plantas deficientes nesse nutriente, o crescimento é retardado e as plantas se apresentam uniformemente cloróticas. Os sintomas de deficiência de enxofre assemelham-se um pouco com os da deficiência de nitrogênio, mas o enxofre, por ter baixa mobilidade na planta, apresenta clorose nas folhas novas, enquanto para o nitrogênio, por ser um nutriente com alta mobilidade, a clorose ocorre primeiro nas folhas velhas (MENGEL; KIRKBY, 2001).

O enxofre é componente da acetil coenzima A na planta, e está envolvido na formação da clorofila e na síntese de vitaminas como tiamina e biotina. O enxofre também faz parte de compostos que transmitem sabores e odores às plantas, os quais são importantes na aceitabilidade de forragem pelos animais (VITTI; NOVAIS, 1986). Esse nutriente apresenta também outras funções nas plantas, como o aumento na produção de sementes e de massa seca da parte aérea e raízes (SANTOS, 1997).

Em estudos de limitações nutricionais para capim-Braquiária e capim-Colonião (*Panicum maximum* cv. Colonião) realizados por Ferrari Neto (1991) foi possível constatar que na omissão do enxofre, houve redução de 30 e 41 % na produção de massa seca da parte aérea, respectivamente para os dois capins.

Hoffmann (1992), num experimento desenvolvido em Latossolo do Paraná, constatou expressivas respostas dos capins Braquiária e Colonião a doses de enxofre, numa situação em que forneceu nitrogênio, fósforo e potássio em quantidades abundantes. Observou também que as concentrações de enxofre no capim-Braquiária variaram de 0,6 a 3,4 g kg⁻¹, no intervalo de doses enxofre de 0 a 160 mg kg⁻¹.

Pereira (1986), em estudo envolvendo adubação com enxofre em gramíneas, observou que a *Brachiaria humidícola* respondeu pouco às doses de enxofre, sendo a resposta apenas na dose de 5 kg ha⁻¹ e a *Brachiaria decumbens* foi mais exigente, respondendo linearmente à aplicação de enxofre de até 20 kg ha⁻¹.

Faquin et al. (1998) cultivaram os capins Marandu e Andropogon (*Andropogon gayanus*) em um Latossolo variação Una de Minas Gerais e encontraram concentrações de enxofre nas plantas da ordem de 0,2 a 0,5 g kg⁻¹ para ambos os capins, os quais foram acompanhados de sintomas típicos de deficiência desse nutriente.

Rodrigues (2002) observou, em estudo com capim-Braquiária, que o enxofre é nutriente indispensável na recuperação do capim, observando a maior produção de massa seca nas doses mais elevadas de enxofre. Além disso, o enxofre influenciou o valor SPAD, perfilhamento e a

concentração desse nutriente no tecido da planta.

Mattos e Monteiro (2003), trabalhando na recuperação do capim-Braquiária em degradação e testando quatro doses de nitrogênio combinadas com três doses de enxofre em um Neossolo Quartzarênico, concluíram que o enxofre contribui de forma efetiva na recuperação do capim, aumentando a produção e melhorando o valor nutritivo. Assim, recomendaram a aplicação de enxofre quando há fornecimento de nitrogênio, no sentido de maximizar a resposta da gramínea. Silveira e Monteiro (2003) também demonstraram que a produção do capim-Mombaça foi dependente do equilíbrio do fornecimento de nitrogênio e de enxofre.

Em programas de adubação, a não inclusão do enxofre tem proporcionado concentrações muito baixas desse nutriente em várias gramíneas forrageiras, conforme os trabalhos relatados por Monteiro et al. (2004), que demonstram claramente que a falta de adubação com enxofre resulta em concentrações desse nutriente muito abaixo das consideradas ideais para as gramíneas forrageiras.

1.6 Relação nitrogênio : enxofre

As proteínas são os compostos onde a maior parte de enxofre e também de nitrogênio se incorpora. Em média têm-se cerca de 34 átomos de nitrogênio para cada átomo de enxofre nas proteínas. A concentração de enxofre nas proteínas é de 1 g kg^{-1} e de nitrogênio é quinze vezes mais elevada (BARROS, 2000).

As necessidades de enxofre em plantas forrageiras tropicais têm sido comumente avaliadas pela análise dos tecidos vegetais. Determinações de enxofre total e da relação N:S de toda a parte aérea, bem como de partes definidas, têm sido usadas para essas finalidades (VITTI; NOVAIS, 1986; BATISTA, 2002; MONTEIRO et al. 2004).

Monteiro e Carriel (1987) relataram que a aplicação de enxofre de 40 kg ha^{-1} num solo Podzólico resultou numa relação N:S de 13,7:1 e na concentração de enxofre de $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ no capim-Colonião, por ocasião do segundo crescimento. Segundo esses autores quando a planta atinge a maturidade, a relação N:S tende a se estabilizar ao redor de 14:1 nas gramíneas, sendo que a relação N:S de 20:1 revela deficiência de enxofre. A deficiência de enxofre interfere no aproveitamento de nitrogênio, restringindo o crescimento da planta, uma vez que uma das principais funções do enxofre está relacionada à conversão do nitrogênio não-protéico em protéico (MARSCHNER, 1997).

Braga (2001) discutiu a relação N:S, quando estudou a resposta do capim-Mombaça a doses de nitrogênio e intervalos de corte, tendo ressaltado que a relação N:S respondeu de forma quadrática à aplicação de nitrogênio, atingindo seu ponto máximo na dose de nitrogênio de 380 kg ha⁻¹. Desse modo, com a elevação da dose de nitrogênio, a relação nitrogênio:enxofre se elevou, devido à maior concentração de nitrogênio na planta e à queda da concentração de enxofre. Assim, a relação de 15:1 tida como adequada, estaria mais próxima da dose mais elevada de nitrogênio que foi de 500 kg ha⁻¹, o que associou a elevação do nível foliar de nitrogênio, com a redução da concentração de enxofre, devido à diluição.

Batista (2002), estudando o capim-Marandu cultivado em solução nutritiva, concluiu que a aplicação de doses baixas de nitrogênio resultou em crescimento reduzido e em relação N:S estreita (2,8:1) nas lâminas de folhas recém-expandidas da forrageira, enquanto altas doses de nitrogênio em presença de doses baixas de enxofre proporcionaram deficiência de enxofre, concomitantemente com a larga relação N:S (37:2,1) naquelas lâminas foliares do capim-Marandu.

Trabalho na recuperação de capim-Braquiária que se encontrava em degradação, Mattos & Monteriro (2003) testou quatro doses de nitrogênio combinadas com três doses de enxofre num Neossolo Quartzarênico. Constatou que as doses de nitrogênio influenciam os valores SPAD, área foliar e produção de massa do capim e recomendou a aplicação de enxofre quando há fornecimento de nitrogênio, no sentido de maximizar a resposta da gramínea. De acordo com Monteiro et al. (2004) a não inclusão do enxofre em um programa de adubação tem proporcionado baixas concentrações desse elemento em várias gramíneas forrageiras.

Referências

BARROS, C.O. **Produção e qualidade da forragem do capim-Tanzânia estabelecido com milho sob três doses de nitrogênio.** 2000. 72 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

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

BONFIM-SILVA, E.M. **Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf. Cv. Marandu em solos de referência de Pernambuco.** 2002. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

BRAGA, G.J. **Respostas do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) a doses de nitrogênio e intervalos de corte.** 2001. 121 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2001.

BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPART, D.L. (coord). **Methods of soil analysis: chemical methods.** Madison: SSSA Book Series: 5, 1996. cap. 37, p. 1085-1229.

COLOZZA, M.T. **Rendimento e diagnose foliar dos capins aruana e mombaça cultivados em Latossolo Vermelho-Amarelo adubado com doses de nitrogênio.** 1998. 127 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

FAQUIN, V. MORIKAWA, C.K.; EVANGELISTA, R.A.; CURI, N.; WERNEK JUNIOR, M.R. MARQUES, E.S. Nutrição em macronutrientes de gramíneas forrageiras cultivadas em Latossolo da região dos Campos das Vertentes, MG, Brasil. **Pasturas Tropicais**, Cali, v. 20, p. 13-17, 1998.

FERRARI NETO, J. **Limitações nutricionais para o Colonião (*Panicum maximum* Jacq) e (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em Latossolo da região noroeste do Estado de Paraná.,** 1991. 126p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Anualpec 2003:** anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2003. p.55-56: Pastagens garantem o futuro da pecuária leiteira.

HENZELL, E.F. The use of nitrogen fertilizers on pastures in the sub-tropics and tropics. In: _____. (Ed.). **A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures.** Wallingford: CAB, 1962. p. 161-172.

HERLING, V.R., ZANETTI, M.A., GOMIDE, C.A., LIMA, C.G. Influência de níveis de adubações nitrogenada e potássica e estágio de crescimento sobre o capim-setária (*Setaria anceps* Stapf Ex.Massey cv. Kazungula). I. Produção de matéria seca e fisiologia do perfilhamento. **Revista da Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 20, p. 561-571, 1991.

HOFFMAN, C.R. **Nutrição mineral e crescimento de braquiária e de colômbio, sob influência das aplicações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em Latossolo de região noroeste do Paraná.** 1992. 204p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

JANSSON, S.L.; PERSSON, J. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: STEVENSON, F.J. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soils.** Madison: ASA, 1982. cap. 6, p. 229-252.

JARVIS, S.C.; PAIN, B.F. **Gaseous nitrogen emissions from grasslands.** Wallingford: CAB International, 1997. 452 p.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-Mombaça. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 102-114, 2002.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo.** 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens; conceitos e métodos de recuperação In: SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL. **Anais...** Juiz de Fora: SBCS, 1999. p. 137-150.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press, 1997. 889p.

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

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

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

METSON, A. J. Sulphur in New Zealand soils. **Journal. Agricultural Research.**, Wellington, v. 22, p. 94-114, 1979.

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

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

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

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

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13., 1996. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 15-95.

PEREIRA, J.P. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GENERO *Brachiaria*, 1., 1986. Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: IZ, 1986. p. 1-96.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

ROBBINS, G.B.; BUSHELL, J.J.; BUTLER, K.L. Declive in plant and animal production from ageing pastures of green panic (*Panicum maximum* var. trichoglume). **Journal of Agricultural Science**, Aberdeen, v. 108, p. 407-417, 1987.

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

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

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

SILVEIRA, C.P.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio com doses de enxofre para a produção de massa seca do capim-Mombaça.) In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 11., 2003. Piracicaba. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2003. 1 CD-Rom.

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

SOARES FILHOS, C.V.; MONTEIRO, F.A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* . 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicais**, v.14, n.2. p.1-6, 1992.

STARKEY, R.L. Oxidation and reduction of sulfur compounds in soils. **Soil Science**. v. 101, p. 297-306, 1966.

TABATABAI, M.A. Sulfur. In: SPART, D.L. (Coord). **Methods of soil analysis..** Madison: SSSA Book Series: 5, 1996. cap. 33, p. 921-960: Pt 3: chemical methods

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

URQUIAGA, S; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. **Caracterização de degradação de pastagens e avaliação de técnicas de recuperação usando-se leguminosas forrageiras.** Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1998. 21 p.

VICENTE-CHANDLER, J. Intensive grassland management in Puerto Rico. **Revista da Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 2, p. 173-215, 1973.

VITTI, G.C.; NOVAIS, N.J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1985, Nova Odessa. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1986. p. 191-231.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: IZ, 1986. 49 p.

WHITEHEAD, D.C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB Internacional, 1995. 397 p.

YAMADA, T. **Capacidade de adsorção máxima de sulfato do solo como parâmetro adicional na recomendação de gesso**. 1988. 73 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

2 NITROGÊNIO E ENXOFRE NA PRODUÇÃO E NO USO DE ÁGUA PELO CAPIM-BRAQUIÁRIA EM DEGRADAÇÃO

Resumo

Nitrogênio e enxofre na produção e no uso de água pelo capim-Braquiária em degradação

O nitrogênio tem sido indispensável na formação, manutenção e recuperação de pastagens e seu efeito tem mostrado ser dependente do suprimento de enxofre, pela relação desses nutrientes no metabolismo vegetal. Assim, com base na hipótese que o incremento de nitrogênio na adubação torna necessário aumentar o fornecimento de enxofre para recuperar o capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*), e que a adubação melhora também a eficiência no uso de água pelo capim, objetivou-se avaliar a área foliar, a produção de massa seca da parte aérea e o consumo e eficiência no uso de água pelo capim, mediante o fornecimento de doses de nitrogênio e de enxofre. Coletaram-se amostras com capim-Braquiária + solo em cilindros de 15 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade num Neossolo Quartzarênico de uma pastagem em estágio de degradação. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em Piracicaba, SP, no período de novembro de 2003 a março de 2004. Utilizaram-se cinco doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 mg dm⁻³) e cinco doses de enxofre (0; 10; 20; 30 e 40 mg dm⁻³), as quais foram combinadas em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5² fracionado. Foram realizados três cortes nas plantas, com intervalos regulares de 30 dias. A interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre foi significativa apenas no primeiro crescimento do capim, com efeito isolado do nitrogênio no segundo e no terceiro crescimentos. O fornecimento simultâneo de nitrogênio e enxofre na adubação contribuiu de forma positiva na recuperação do capim-Braquiária, aumentando a área foliar e a produção de massa seca, elevando o consumo de água e melhorando a eficiência no uso de água pela planta.

Palavras-chave: área foliar, massa seca, eficiência no uso da água, *Brachiaria decumbens*

Abstract

Nitrogen and sulphur for the production and water use by Signal grass under degradation

Nitrogen is required for pastures establishment, maintenance and production recovery, and its effect has depended on sulphur supply, for the relationship between these two nutrients in plant metabolism. The hypothesis for this study was that the nitrogen supply would require higher rate for Signal grass (*Brachiaria decumbens*.) recovery, and that fertilization would increase the water use by the grass. The objective was to evaluate leaf area, dry matter yield, and water consumption and use efficiency by the grass, when rates of nitrogen and sulphur were applied. Cylinders of 15 cm diameter and 20 cm depth were collected with Signal grass + soil in an Entisol supporting a degrading pasture. The experiment was carried out in a greenhouse, at Piracicaba, São Paulo State, Brazil, from November 2003 to March 2004. Five rates of nitrogen (0; 100; 200; 300 and 400 mg dm⁻³) and five rates of sulphur (0; 10; 20; 30 and 40 mg dm⁻³) were tested in a response surface methodology based on a central composite design from a fractional 5² factorial. Three harvests were done after 30 each days of plants growth. The interaction between nitrogen and sulphur rates was significant at the first harvest of the grass, while only nitrogen had significant effects at the second and third harvests. Nitrogen and sulphur supply together resulted

in Signal grass recovery by increasing leaf area, forage yield and water consumption and use efficiency by the grass.

Keywords: leaf area, dry matter, water efficiency use, *Brachiaria decumbens*

2.1 Introdução

No Brasil, a forma extrativista de exploração pecuária vem aumentando as áreas de pastagem degradada ou em processo de degradação (SOUZA NETO; PEDREIRA, 2004). Na degradação das pastagens a produtividade e a composição botânica podem ser substancialmente alteradas ao longo do tempo, devido ao declínio da fertilidade do solo e ao manejo inadequado das plantas forrageiras (MATTOS; MONTEIRO, 2003). O esgotamento da fertilidade do solo, em consequência da ausência de adubação, tem sido apontado como uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas.

As estratégias utilizadas para a recuperação da capacidade produtiva da pastagem buscam interromper o processo de degradação com base nas causas a ela associada (CARVALHO, 1999). Assim, a reconstituição da fertilidade do solo passa a ser uma alternativa técnica para a recuperação dessas áreas, e as adubações com nitrogênio e enxofre inserem-se nesse contexto.

O nitrogênio é o grande responsável pelo aumento da produtividade das gramíneas forrageiras e o seu efeito tem mostrado ser dependente do enxofre, pela relação entre esses nutrientes no metabolismo vegetal (BATISTA, 2002; RODRIGUES, 2002; MATTOS; MONTEIRO, 2003). A planta forrageira com deficiência de nitrogênio responde pouco ao enxofre. Porém, em alta disponibilidade de nitrogênio é maior a exigência por enxofre, uma vez que este nutriente é importante no metabolismo do nitrogênio e na síntese de proteína (WERNER; MONTEIRO, 1988).

Outro fator que precisa ser considerado é que para recuperar a pastagem é necessário que os nutrientes fornecidos estejam disponíveis e sejam absorvidos pelas plantas. Sabe-se que a absorção dos nutrientes depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de água no solo, e que tanto para o nitrogênio como para o enxofre o transporte até às raízes é essencialmente efetuado por fluxo de massa. Daí decorre a necessidade de garantir quantidade adequada de água para o desenvolvimento da planta. A água forma o ambiente onde ocorre a maioria das reações bioquímicas celulares e ela participa diretamente em muitas reações químicas essenciais (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Durante o ciclo de vida da planta, uma quantidade de água equivalente a 100 vezes a massa do material verde da mesma pode ser perdida através das superfícies foliares. Essa perda de água se dá pela transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2004), que quando associada à evaporação do solo passa a compor a evapotranspiração. Por outro lado, o que tem sido observado é que, quando a planta está adequadamente nutrida, além de expressar o seu potencial genético produtivo, também pode ser mais eficiente na absorção e utilização de água no solo (SILVA et al., 2001; SORIA et al., 2003).

Desse modo, tem-se por hipótese que a adubação nitrogenada requer fornecimento adequado de enxofre para recuperar o capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*) e que a adubação com esses dois nutrientes melhora a eficiência no uso de água pelo capim. Assim, objetivou-se avaliar a recuperação do capim com quantificação da área foliar, da produção de massa seca da parte aérea e da eficiência no uso de água, quando doses nitrogênio e enxofre foram fornecidas ao capim-Braquiária cultivado em cilindros provenientes de pastagem em degradação.

2.2 Desenvolvimento

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação (Figura 1) em Piracicaba, Estado de São Paulo, no período de novembro de 2003 a março de 2004. Optou-se por realizar esse experimento em condições controladas em vista da possibilidade de estudar uma ampla série de combinações entre cinco doses de cada um dos nutrientes, evitando interferências de animais em pastejo, além de garantir o fornecimento de água e de temperatura ambiente adequados para o desenvolvimento das plantas.

Coletaram-se amostras de solo em cilindros de 15 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade com capim-Braquiária + solo em um Neossolo Quartzarênico numa pastagem em estágio de degradação, na Fazenda Agrícola Brejo das Almas, no município de Santa Maria da Serra, SP. Essas amostras de solo com plantas foram colocadas em vasos plásticos, conforme técnica descrita por Mattos e Monteiro (2003).

Durante o período de 30 dias as plantas foram adaptadas e os vasos homogeneizados nos blocos experimentais, utilizando o critério de uniformidade das plantas e local de coleta das amostras em campo. Realizou-se um corte de uniformização das plantas a 5 cm do colo das plantas e, em seguida, foram aplicados os tratamentos.



Figura 1 - Vista geral do experimento em casa-de-vegetação aos cinco (A) e trinta (B) dias de crescimento do capim-Braquiária após a adubação com nitrogênio e enxofre

Foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 mg dm⁻³) e cinco doses de enxofre (0; 10; 20; 30 e 40 mg dm⁻³), as quais foram combinadas em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5² fracionado, de acordo com Littell e Mott (1975). Assim, empregaram-se 13 combinações de nitrogênio com enxofre (em mg dm⁻³): 0, 0; 0, 20; 0, 40; 100, 10; 100, 30; 200, 0; 200, 20; 200, 40; 300, 10; 300, 30; 400, 0; 400, 20 e 400, 40. O nitrogênio foi fornecido como nitrato de amônio (NH₄NO₃) e o enxofre como sulfato de cálcio (CaSO₄.2H₂O), sendo a quantidade de cálcio equilibrada em todas as parcelas experimentais pelo emprego de cloreto de cálcio (CaCl₂). Após o corte de uniformização foram aplicados: fósforo (CaH₂PO₄ e KH₂PO₄) de 200 mg dm⁻³, potássio (KH₂PO₄ e KCl) de 150 mg dm⁻³ e magnésio (MgCl₂.6H₂O) de 50 mg dm⁻³. As adubações com nitrogênio, enxofre e potássio foram repetidas após cada corte das plantas, enquanto a adubação com magnésio foi de 20 mg dm⁻³, devido a não aplicação de fósforo a partir do primeiro crescimento e em consequência da diminuição no fornecimento de cálcio após o primeiro corte das plantas. A adubação básica com os micronutrientes foi realizada com aplicação de reagentes com as seguintes fontes e quantidades: H₃BO₃ de 1,5 mg dm⁻³, CuCl₂.2H₂O de 2,5 mg dm⁻³, ZnCl₂ de 2,0 mg dm⁻³ e Na₂MoO₄.2H₂O de 0,25 mg dm⁻³, realizada uma vez, após o corte de uniformização. As adubações com macronutrientes foram estabelecidas em função da análise de solo e as adubações com micronutrientes adaptadas de Mattos e Monteiro (2003). As adubações foram realizadas em forma de solução, com exceção do CaH₂PO₄ que foi aplicado na forma de pó devido a sua baixa solubilidade. As características químicas da

amostra superficial (0-20 cm) do solo coletado na área de pastagem em degradação, antes da aplicação dos tratamentos foram: pH (CaCl₂) = 5,43; M.O. e N-total = 28 e 1,75 g kg⁻¹, respectivamente; N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ = 8,40 e 2,80 mg kg⁻¹, respectivamente; P - resina e S-sulfato = 4,03 e 4,32 mg dm⁻³, respectivamente; S-total = 150 g kg⁻¹; K; Ca; Mg; H+Al; SB e CTC = 2,28; 14,60; 10,40; 28,20; 27,28 e 55,48 mmol_c dm⁻³, respectivamente; V e m = 49,17 e 11,83 %, respectivamente.

Os vasos foram distribuídos segundo o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. As temperaturas médias máximas e mínimas, durante o período experimental foram de 37 e 22 °C, respectivamente. As leituras de temperaturas foram iniciadas a partir da aplicação dos tratamentos. A umidade do solo foi mantida por um sistema autoirrigante subsuperficial, que permitia a reposição contínua de água de acordo com a necessidade da planta. Esse sistema possuía uma cápsula de cerâmica porosa (vela de filtro com diâmetro de 5 cm e altura de 7 cm), inserida ao solo na porção superior do vaso. Um microtubo flexível conectava a cápsula de cerâmica ao reservatório de nível constante (frasco mariotte) situado abaixo do vaso (Figura 2). O potencial de água no solo foi estabelecido pela altura da coluna de água (30 cm) entre o vaso e o reservatório, correspondendo a uma tensão controlada de 3 kPa. Dessa forma, a evapotranspiração da gramínea garantia à reposição automática da água para o solo, tornando o sistema autoirrigante. Uma escala de nível presa ao reservatório possibilitou quantificar o consumo de água em cada unidade experimental. Esse sistema de irrigação é um aprimoramento do modelo proposto por Montanheiro et al. (1979), o qual foi utilizado por Bataglia (1989) em experimento envolvendo fertilidade do solo e foi adaptado por Bonfim-Silva (2002). Os valores parciais de consumo de água foram integralizados como total acumulado em cada crescimento do capim.

A determinação da área foliar, através do aparelho integrador de área foliar, marca LICOR[®], modelo LI 3100, e a avaliação da produção de massa seca da parte aérea foram obtidos por ocasião de cada corte das plantas.

Foram realizados três cortes na parte aérea das plantas, a intervalos regulares de 30 dias de crescimento. A altura de corte foi de 5 cm do colo das plantas para o primeiro e segundo cortes e rente ao colo das plantas no terceiro corte. O material vegetal coletado nos três cortes foi secado em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, até massa constante, sendo posteriormente pesado em balança de precisão.

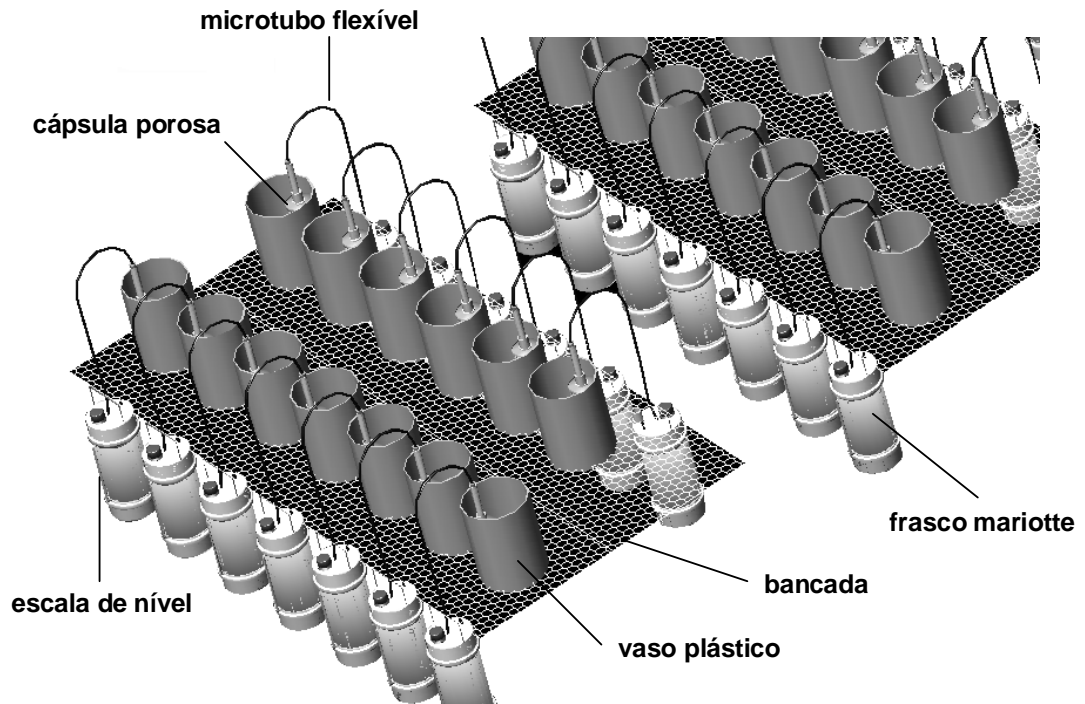


Figura 2 – Representação do sistema de irrigação subsuperficial por tensão controlada com cápsula de porcelana porosa

A eficiência do uso de água pelo capim-Braquiária, em função das doses de nitrogênio e de enxofre, foi calculada através da relação entre a produção de massa seca total, em gramas, e o consumo de água, em litros.

Todas as variáveis receberam o recomendado tratamento estatístico, com análise em superfície de resposta através do emprego do “Statistical Analysis System” (SAS, 1996). Inicialmente foi realizada a análise de variância para as combinações das doses de nitrogênio e enxofre e, em função do nível de significância do teste F para essas combinações, efetuou-se o estudo de regressão polinomial (superfície de resposta) por meio do procedimento RSREG. Nos casos em que a interação nitrogênio e enxofre não foi significativa, efetuou-se o estudo de regressão de primeiro e segundo grau por meio do comando GLM. Utilizou-se o nível de significância de 5 % em todos os testes estatísticos.

No caso do estudo de regressão polinomial, as doses de nitrogênio e de enxofre responsáveis pelos máximos valores foram obtidas por meio da saída dos resultados da análise estatística. Para o estudo de regressão de segundo grau, as doses de nitrogênio ou de enxofre responsáveis pelos máximos valores foram obtidas por meio de derivada.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Área foliar

A interação entre doses de nitrogênio e de enxofre para a área foliar do capim-Braquiária foi significativa no primeiro e no segundo corte, e em ambos os casos os resultados ajustaram-se a modelo polinomial de regressão. No entanto, para o terceiro corte foi verificada significância apenas para o efeito das doses de nitrogênio, com ajuste ao modelo quadrático de regressão.

No primeiro corte, por meio do estudo de superfície de resposta, constatou-se a área foliar máxima do capim-Braquiária nas respectivas doses de nitrogênio e de enxofre de 368 e 35 mg dm⁻³ (Figura 3). Assim, a máxima área foliar ocorreu quando a relação nitrogênio:enxofre na adubação foi de 10,5:1.

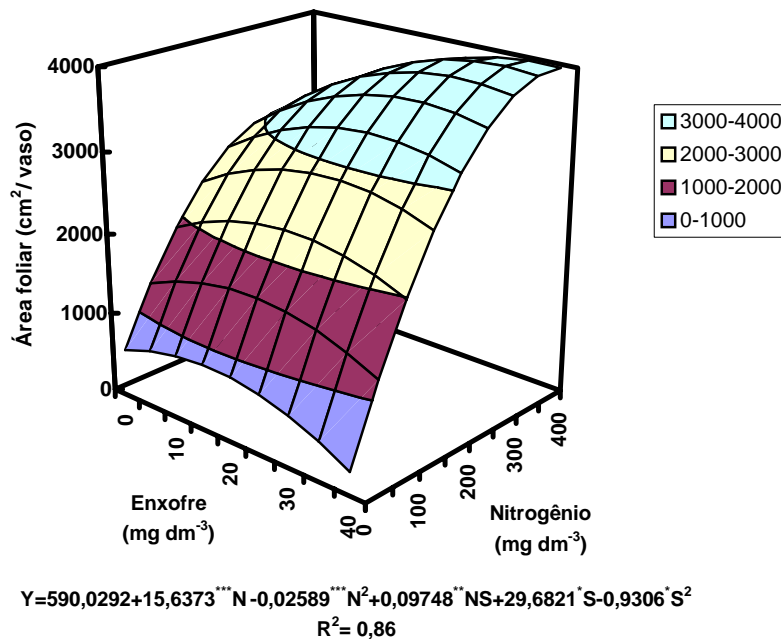


Figura 3 – Área foliar do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função da adubação com combinações de doses de nitrogênio e de enxofre
 ***; ** e * Significativo a 0,1; 1 e 5%, respectivamente.

No segundo corte da gramínea, as doses de nitrogênio e de enxofre responsáveis pela máxima área foliar do capim foram de 328 e 45 mg dm⁻³ (Figura 4), respectivamente, e a relação entre as doses de nitrogênio e de enxofre foi de 7:1. Observa-se que a dose de enxofre para maximizar a área foliar no segundo corte excedeu a mais alta dose utilizada no intervalo

experimental. Esse resultado corrobora o de Batista (2002) que, estudando o capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) submetido a doses de nitrogênio e de enxofre, verificou aumento na área foliar com as doses de nitrogênio e enxofre, obtendo o máximo valor de área foliar também na relação nitrogênio:enxofre na adubação de 7:1, no segundo corte do capim.

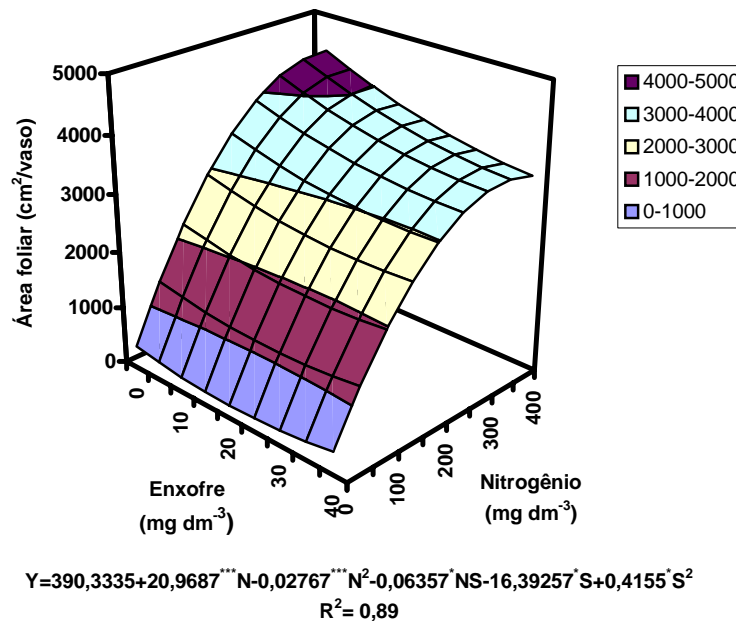


Figura 4 – Área foliar do capim-Braquiária no segundo corte, em função da adubação com combinações de doses de nitrogênio e de enxofre
 ***; ** e * Significativo a 0,1; 1 e 5%, respectivamente.

No terceiro corte do capim-Braquiária a área foliar foi significativamente influenciada pelas doses de nitrogênio, obtendo-se a máxima área foliar na dose de 317 mg dm⁻³ (Figura 5), o que confirma a importância do suprimento de nitrogênio para incrementar da área foliar do capim.

Os resultados permitem verificar que, na ausência de aplicação desses nutrientes a área foliar representou 15 e 11 % daquelas obtidas como máximo, respectivamente para o primeiro e segundo cortes. No terceiro crescimento a área foliar obtida no tratamento sem adubação com nitrogênio, representou 10 % da máxima área foliar do capim-Braquiária.

Vários fatores podem ser limitantes para aumentar a área foliar do capim. Dentre esses fatores, o déficit de água associado à falta de nitrogênio são os mais comuns, e tanto um como o outro diminuem progressivamente a taxa fotossintética das folhas, a eficiência de conversão, a

intercepção de luz, e conseqüentemente, a área foliar do vegetal (NABINGER, 1997). De acordo com Hodgson (1990), a disponibilidade de água e de nutrientes atua na velocidade com que a planta alcança o índice de área foliar máximo.

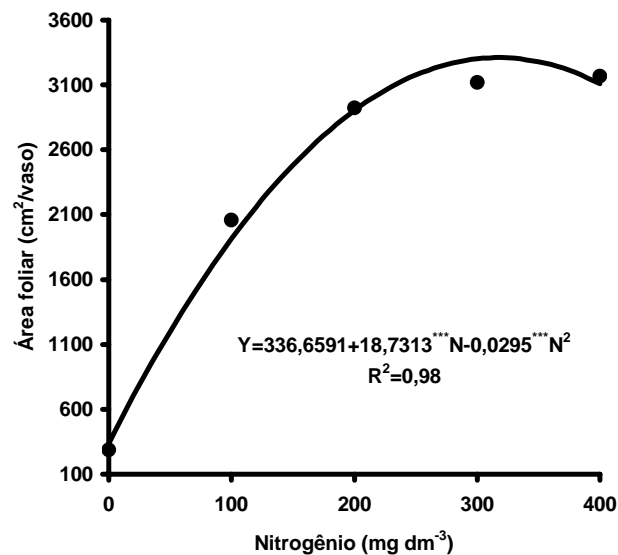


Figura 5 – Área foliar do capim-Braquiária no terceiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
^{***} Significativo a 0,1 %.

De acordo com Gastal e Nelson (1994), 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. Esses autores verificaram alta correlação entre a quantidade de nitrogênio contida nessa região e a taxa de expansão foliar. Também, Santos Júnior e Monteiro (2003) verificaram que a área foliar do capim-Marandu foi alterada positivamente pela aplicação de doses de nitrogênio.

No presente trabalho, pode-se observar que no início da recuperação do capim-Braquiária existe uma dependência do enxofre à medida que se incrementa a dose de nitrogênio. Mattos e Monteiro (2003) também verificaram interação significativa entre as doses de nitrogênio e de enxofre para a área foliar, visando recuperar o capim-Braquiária em degradação, quando demonstraram a necessidade de incremento na dose de enxofre sempre que o nitrogênio era fornecido em doses mais elevadas. A não dependência do enxofre para a área foliar no terceiro crescimento, possivelmente está associada à reserva desse nutriente no capim, a qual teria sido suficiente para suprir a sua exigência nutricional.

2.3.2 Produção de massa seca da parte aérea

A resposta do capim-Braquiária em produção de massa seca da parte aérea foi diferenciada do primeiro para o segundo e terceiro corte. A interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre foi significativa para produção de massa seca da parte aérea no primeiro corte da gramínea, ajustando-se a modelo polinomial de regressão no estudo de superfície de resposta (Figura 6).

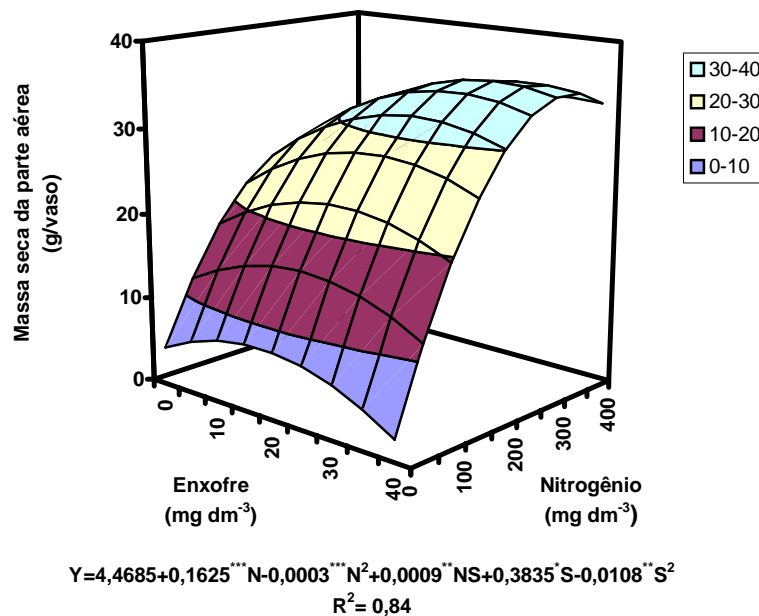


Figura 6 – Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função da adubação com combinações de doses de nitrogênio e de enxofre ***; ** e * Significativo a 0,1; 1 e 5%, respectivamente.

No estudo de superfície de resposta para produção de massa seca da parte aérea no primeiro corte observou-se que as doses de nitrogênio e de enxofre para a máxima produção de massa seca foram de 307 e 31 mg dm⁻³, respectivamente com a relação N:S na adubação de 10:1. Essa relação aproxima-se daquela encontrada para área foliar nesse mesmo crescimento do capim (10,5:1). Verifica-se ainda que, em condições de baixa disponibilidade nitrogênio e de enxofre, as plantas tiveram desenvolvimento reduzido da parte aérea. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Rodrigues (2002) e Mattos e Monteiro (2003), indicando que o incremento de nitrogênio induz à necessidade de suprir mais enxofre para maximizar as respostas do capim-Braquiária.

No entanto, para o segundo e terceiro cortes foi verificada significância apenas para as doses de nitrogênio, com ajustes a modelos quadráticos de regressão (Figuras 7 e 8). No segundo e terceiro cortes ocorrem efeitos isolados do nitrogênio na produção de massa seca, sendo as doses de 366 e 288 mg dm⁻³ responsáveis pelas máximas produções do capim-Braquiária.

Hoffmann (1992) obteve a máxima produção de massa seca para o capim-Braquiária nas doses isoladas de nitrogênio e de enxofre de 437 e 76 mg kg⁻¹, respectivamente. Faquin et al. (1995) observaram, para o capim-Braquiária, que as máximas produções de massa seca foram obtidas nas doses de enxofre de 65 e 100 mg kg⁻¹, respectivamente no primeiro e no segundo cortes.

Aumento na produção de massa seca da parte aérea do capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana), com o incremento na adubação nitrogenada, foi constatado por Colozza (1998), que obteve o ponto de máxima produção de massa seca nas doses 171 e 332 mg kg⁻¹, respectivamente para o primeiro e para o segundo cortes do capim. Resultados semelhantes também foram relatados por Premazzi e Monteiro (2002) que, ao avaliar o crescimento do capim-Tifton 85 (*Cynodon* sp), obtiveram os máximos valores estimados de produção de massa seca da parte aérea com o suprimento de nitrogênio de 217 e 205 mg kg⁻¹ de solo, no primeiro e no segundo cortes, respectivamente.

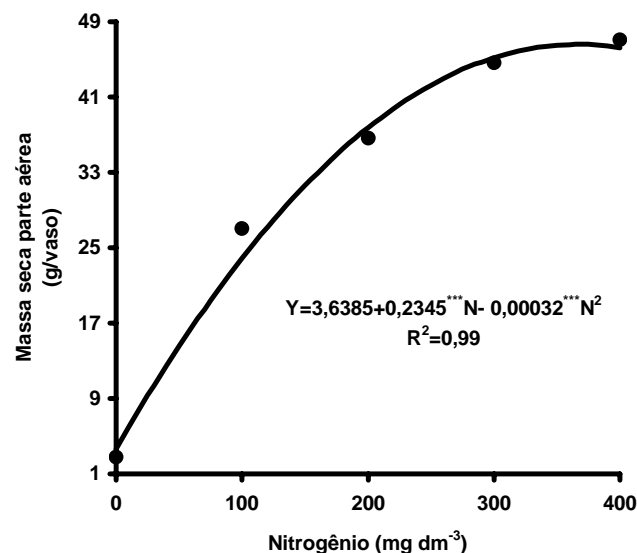


Figura 7 – Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária, no segundo corte em função da adubação com doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1 %.

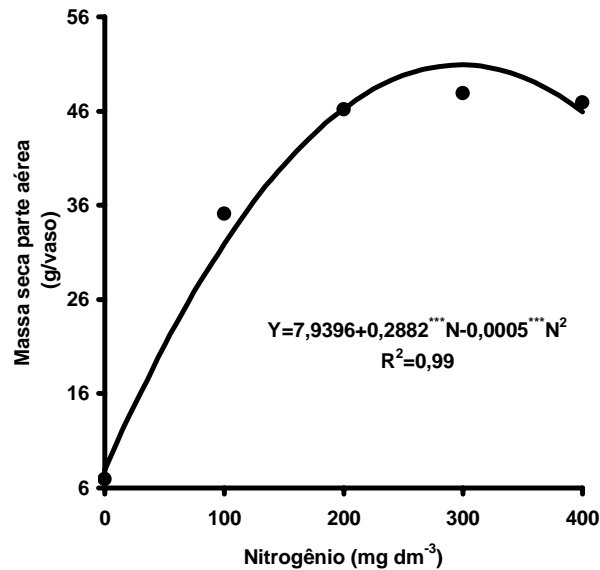


Figura 8 – Produção de massa seca da parte aérea do capim-Braquiária terceiro em função da adubação com doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1 %.

2.3.3 Consumo de água

A interação entre as doses de nitrogênio e enxofre foi significativa para o consumo de água por ocasião do primeiro crescimento do capim-Braquiária (Figura 9). No estudo da superfície de resposta para o consumo de água no primeiro crescimento do capim-Braquiária, pode-se observar que o máximo consumo de água ocorreu nas respectivas doses de nitrogênio e de enxofre de 302 e 39 mg dm⁻³, com relação N:S na adubação de 8:1.

No entanto, para o segundo e terceiro crescimentos foi verificada significância apenas para as doses de nitrogênio, as quais se ajustaram a modelos de regressão de segundo grau (Figuras 10 e 11). Os máximos consumos de água nas doses de nitrogênio de 347 e 281 mg dm⁻³, respectivamente.

Cabe destacar que o consumo de água pelo capim-Braquiária apresentou resposta semelhante à produção de massa seca e à área foliar. As doses necessárias para a obtenção dos máximos valores dessas duas variáveis foram bem próximas. Isso ocorreu, provavelmente, em função da evapotranspiração da cultura ser influenciada principalmente pela área foliar e conseqüentemente pela maior produção de massa seca. Como as unidades experimentais eram

vasos com área exposta de solo relativamente pequena, certamente ocorreram perdas mínimas de água por evaporação do solo, sendo a saída de água do sistema controlada principalmente pela superfície das folhas do capim. Esses resultados corroboram os relatados por Freire (1991) e Silva et al. (2001), que observaram aumento no consumo de água com o incremento das doses de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays*) e milheto (*Pennisetum americanum*), respectivamente.

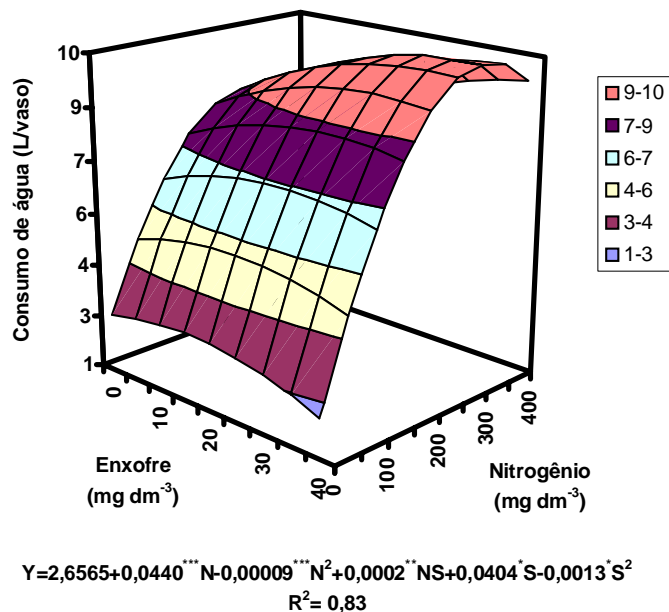


Figura 9 – Consumo de água pelo capim-Braquiária no primeiro crescimento, em função da adubação com combinações de doses de nitrogênio e de enxofre
^{***}; ^{**} e ^{*} Significativo a 0,1; 1 e 5%, respectivamente.

De acordo com Hanson e Orloff (1998) e Oliveira et al. (2003), existe uma relação positiva entre a produção de massa seca e a evapotranspiração da cultura, existindo uma estreita e positiva relação entre a produção de massa seca e a eficiência no uso de água, independente do ambiente em estudo. Vale ressaltar que, no presente trabalho, a maior produção de massa seca do capim-Braquiária foi obtida mediante o incremento das doses de nitrogênio e de enxofre no primeiro crescimento e de doses isoladas de nitrogênio no segundo e no terceiro crescimentos, tendo a água a mesma disponibilidade em todas as unidades experimentais.

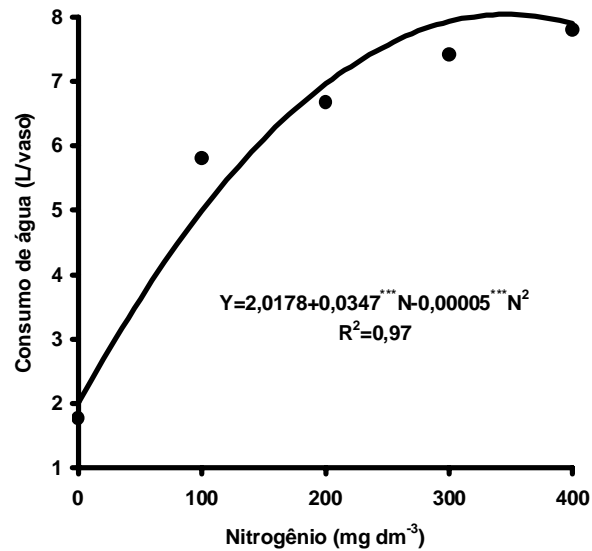


Figura 10 – Consumo de água pelo capim-Braquiária no segundo crescimento, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1%.

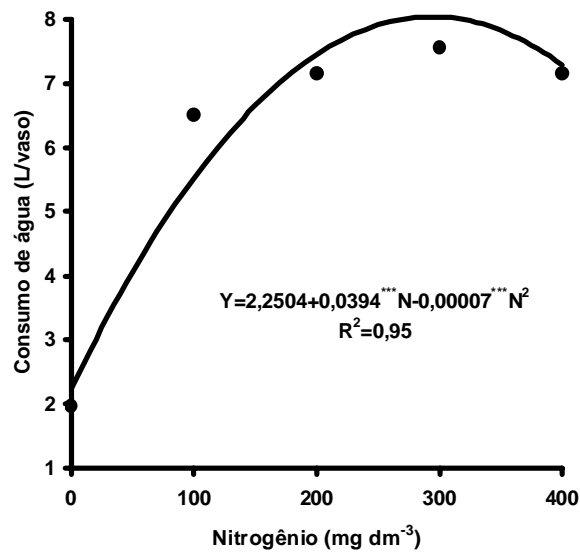


Figura 11 – Consumo de água pelo capim-Braquiária no terceiro crescimento, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1%.

A transpiração é uma forma eficiente de dissipar o calor proveniente do sol. O calor dissipa-se porque as moléculas de água que escapam para a atmosfera têm energia maior que a

média, o que promove quebra das ligações que as seguram no líquido. Quando tais moléculas escapam, elas deixam para trás uma massa de moléculas com energia menor que a média e, portanto, um corpo líquido mais frio. Quase metade do ganho líquido de calor do sol é dissipado pela transpiração. Além disso, a corrente de água absorvida pela planta é uma importante via de condução de minerais dissolvidos do solo até a superfície radicular, para que ocorra a absorção (TAIZ; ZEIGER, 2004), sendo muito significativo para o nitrogênio e enxofre os quais são absorvidos por fluxo de massa.

2.3.4 Eficiência no uso de água

No primeiro crescimento do capim-Braquiária ocorreu significância para a interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre na eficiência de uso da água pelo capim-Braquiária, com ajuste dos resultados a modelo polinomial de regressão. No segundo e terceiro crescimentos a eficiência no uso de água pelo capim mostrou significância apenas para as doses de nitrogênio, que foi representada por modelos quadráticos de regressão. Verificou-se, por meio do estudo de superfície de resposta, que as doses de nitrogênio e de enxofre para a máxima eficiência no uso de água ocorreram respectivamente, nas doses de 304 e 25 mg dm⁻³, com relação N:S na adubação de 11:1 (Figura 12).

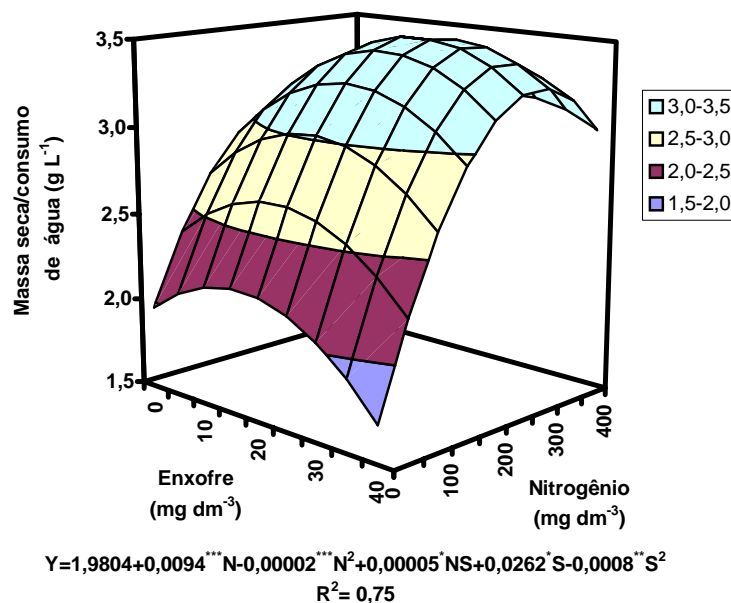


Figura 12 – Eficiência do capim-Braquiária no uso de água no primeiro crescimento, em função da adubação com combinações de doses de nitrogênio e de enxofre
 ***; ** e * Significativo a 0,1; 1 e 5%, respectivamente.

Esses resultados indicam a contribuição positiva do nitrogênio e do enxofre na eficiência no uso de água pelo capim-Braquiária, com maior produção de massa seca por unidade de consumo de água, à medida que se incrementaram as doses desses dois nutrientes. Assim, quando se compara a condição em que não se realizou aplicação de nitrogênio e enxofre com aquelas que receberam doses desses dois nutrientes, observa-se que na presença desses nutrientes o capim aproveitou melhor a água disponível no solo para produzir maior quantidade de massa seca.

Pesquisas têm mostrado maior eficiência no uso de água com o incremento no suprimento de nitrogênio, com conseqüente aumento na produção de gramíneas (LAHIRI, 1980; FREIRE, 1991). Com relação à interação entre o nitrogênio e o enxofre para a eficiência no uso de água, não se tem encontrado trabalho que mostre esse efeito em gramíneas forrageiras.

No presente trabalho está demonstrado que a eficiência no uso de água pode ser melhorada mediante inclusão do enxofre na adubação. Dessa forma, pode-se verificar aumento na relação massa seca:consumo de água, em função das doses de nitrogênio e de enxofre aplicadas, confirmando assim a hipótese proposta nesta pesquisa.

No segundo e terceiro crescimentos o nitrogênio desempenhou papel isolado na eficiência no uso de água, com a máxima eficiência obtida nas doses de 317 e 305 mg dm⁻³, respectivamente (Figuras 13 e 14).

Pode-se observar que no segundo e terceiro crescimentos a máxima eficiência no uso de água pelo capim foi superior àquela observada no primeiro crescimento. Assim, no segundo e no terceiro crescimentos do capim a relação massa seca:consumo de água foi até próximo de 7, enquanto que no primeiro crescimento essa relação atingiu valor próximo à de 3,5. Isso significa que o capim-Braquiária utilizou a água de forma mais eficiente após o primeiro crescimento, o que possivelmente está associado à recuperação do sistema radicular, que a partir do segundo crescimento passou a destinar mais energia para o desenvolvimento da parte aérea.

Em estudo relativo aos efeitos do estresse hídrico e da adubação nitrogenada em parâmetros de crescimento, concentração de nitrogênio e eficiência no uso de água pelo milho, Freire (1991) verificou que a adubação nitrogenada promoveu maior ajustamento osmótico nas plantas constantemente estressadas, com conseqüente maior acumulação relativa de massa seca e maior eficiência do uso de água.

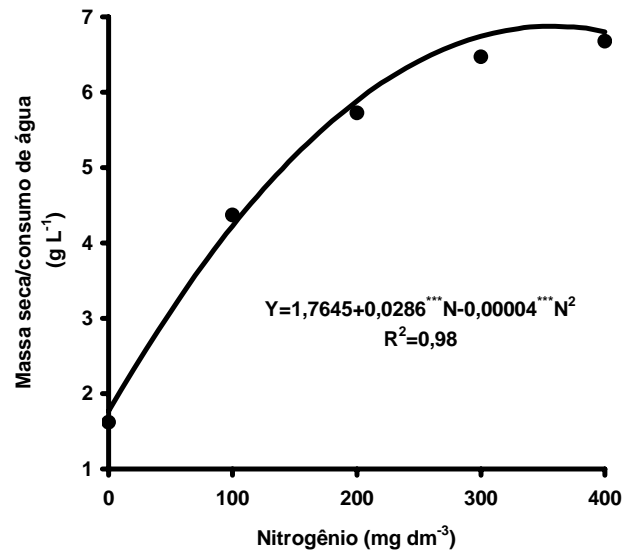


Figura 13 – Eficiência do capim-Braquiária no uso de água no segundo crescimento, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1%.

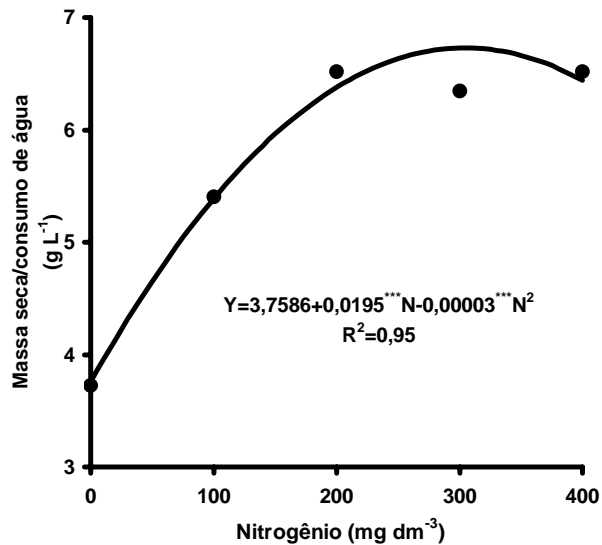


Figura 14 – Eficiência do capim-Braquiária no uso de água no terceiro crescimento, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1%.

Mattos et al. (1997) constataram que as doses de nitrogênio juntamente com a irrigação proporcionaram acréscimo na produção total de massa seca do milho e teosinto (*Euchlaena*

mexicana). Trabalho realizado por Pieterse et al. (1997), com cultivares de *Panicum maximum*, comparando doses de nitrogênio, mostrou que a eficiência de uso do adubo nitrogenado dependeu da umidade do solo. Esses autores demonstraram a importância do nitrogênio e da disponibilidade de água no solo para a produção das gramíneas. No presente trabalho a umidade do solo foi controlada por meio do sistema autoirrigante, não sendo desse modo o fornecimento de água uma fonte de variação no estudo.

Os resultados desse trabalho estão bem próximos daqueles obtidos por Silva et al. (2001), que relataram maior produção de massa seca pelo milho com menor consumo de água à medida que aumentaram a dose fornecida de nitrogênio, e que a máxima eficiência do uso de água ocorreu na dose de nitrogênio de 350 mg dm^{-3} .

De maneira geral, pode-se observar que na recuperação do capim-Braquiária a adubação com enxofre foi mais efetiva no primeiro crescimento em todas as variáveis estudadas, com exceção da área foliar. Isso provavelmente está associado à reserva de enxofre feita pela planta no primeiro crescimento, que teria sido suficiente para o segundo e o terceiro crescimentos, o que pode ter ocorrido devido à recuperação do sistema radicular do capim, que a partir do segundo crescimento direcionou energia para o desenvolvimento da parte aérea.

2.4 Conclusões

A área foliar, a produção de massa seca, o consumo de água e a eficiência no uso de água pelo capim-Braquiária, no seu primeiro crescimento após a adubação, dependem da combinação de doses de nitrogênio e de enxofre;

O nitrogênio tem efeito isolado, na produção, e uso da água pelo capim-Braquiária no segundo e no terceiro crescimentos da forrageira;

O fornecimento simultâneo de nitrogênio e enxofre na adubação, em relação de 7:1 a 11:1, contribui de forma positiva, na recuperação do capim-Braquiária, aumentando a área foliar, a produção de massa seca e melhorando a eficiência no uso de água.

Referências

BATAGLIA, O.C. Sistema de irrigação em vasos para experimentos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 81-86, 1989.

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

BONFIM-SILVA, E.M. **Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf. Cv. Marandu em solos de referência de Pernambuco.** 2002. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

CARVALHO, M.C.S. **Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo.** 1999. 114 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

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

FAQUIN, V. HOFFMANN, C.R.; EVANGELISTA, A.R.; GUEDES, G.A.A. O potássio no crescimento da braquiária e do colômbio em amostras de um Latossolo da região noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 87-97, 1995.

FREIRE, F.J. **Efeito do estresse hídrico e da adubação nitrogenada em parâmetros de crescimento de milho (*Zea mays* L.), teor de nitrogênio e eficiência no uso de água.** 1991. 156 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1991.

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

HANSON, B.; ORLOFF, S. Double yield with half the water: Is it possible? In: CALIFORNIA-NEVADA ALFAFA SYMPOSIUM, 1998, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998. p. 75-87.

HOFFMAN, C.R. **Nutrição mineral e crescimento de braquiária e de colômbio, sob influência das aplicações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em Latossolo de região noroeste do Paraná.** 1992. 204p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

- LAHIRI, A. N. Interaction of water stress and mineral nutrition on growth and yield. In: TURNER, N.C.; KRAMER, P.L. **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. New York: John Wiley, 1980. p. 341-352.
- LITTEL, R.C.; MOTT, G.O. Computer assisted design and analysis of response surface experiments in agronomy. **Soil and Crop Society of Florida Proceedings**, Ona, v.34, p.94-97, 1975.
- MATTOS, J.L.S.; PINTO, J.C.; OLIVEIRA, L.E.M.; MORAIS, A.R.; Influência da disponibilidade de água e nitrogênio sobre características morfológicas de gramíneas forrageiras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, p. 495-501, 1997
- MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição de capim-Braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 60, p. 1-10, 2003.
- MONTANHEIRO, M.N.; SAITO, S.N.T.; REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L. Controle de tensões de água no solo em vasos com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17. 1979,. Manaus, AM. **Anais...** Campinas: SBCS, 1979. p. 68.
- NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 213-215.
- OLIVEIRA, W.S.; OLIVEIRA, P.P.A; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.O.; TSAI, S.M. Disponibilidade hídrica relacionada ao conteúdo de nitrogênio e à produtividade da alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, p. 1275-1286, 2003.
- PIETERSE, P. A.; RETHMAN, N. F. G.; VAN BOSCH, J. Production, water use efficiency and quality of two cultivares of *Panicum maximum* at different levels of nitrogen fertilisation. **Tropical Grasslands**, Peack Crossing, v. 31, p. 117-123, 1997.
- PREMAZZI, L.M.; MONTEIRO, F.A. Produção de capim-Tifton-85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 1-16, 2002.

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

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

SAS Institute. **The SAS system for Windows**, Release 6.08 SAS Institute: Cary, NC, 1996, 633p.

SILVA, T.J.A.; BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA NETO, M.M.; MÉLO, R.F. Níveis de nitrogênio e seus efeitos na evapotranspiração do milho cultivado em um solo da zona da mata de Pernambuco. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 2001, Varadero. **Anais...** Varadero: SLACS, 2001. 1 CD-ROM.

SORIA, L.T.; COELHO, R.D.; HERLING, V.R.; PINHEIRO, V. Respostas do capim-Tanzânia à aplicação de nitrogênio e lâminas de irrigação: produção de forragem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, p. 430-436, 2003.

SOUZA NETO, J.M.; PEDREIRA, C.G.S. Caracterização do grau de degradação de pastagem In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 7-29.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

3 NITROGÊNIO E ENXOFRE EM CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DO CAPIM-BRAQUIÁRIA PROVENIENTE DE ÁREA DE PASTAGEM EM DEGRADAÇÃO

Resumo

Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-Braquiária proveniente de área de pastagem em degradação

A reconstituição da fertilidade do solo é um dos caminhos para se recuperar a capacidade produtiva de pastagem em degradação. O nitrogênio é o grande responsável pelo aumento da produtividade das gramíneas forrageiras e o seu efeito tem mostrado ser dependente do enxofre pela forte interação entre ambos. Desse modo, objetivou-se avaliar os efeitos de combinações de doses de nitrogênio com as de enxofre para as características produtivas do capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*), coletado em cilindros com plantas mais solo em uma pastagem em degradação em área de Neossolo Quartzarênico. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em Piracicaba, SP, no período de novembro de 2003 a março de 2004. Foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 mg dm⁻³) e cinco doses de enxofre (0; 10; 20; 30 e 40 mg dm⁻³), combinadas em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5² fracionado. Foram realizados três cortes nas plantas, em intervalos de 30 dias. As doses de nitrogênio e de enxofre foram determinantes para o número de perfilhos, produção de massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais bainhas no primeiro crescimento do capim e para a relação lâminas foliares:colmos mais bainhas no segundo crescimento do capim. A adubação com nitrogênio teve efeito isolado no número de perfilhos e na produção de massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais bainhas no segundo e no terceiro crescimento do capim. O número de folhas do capim-Braquiária foi influenciado pelas doses de nitrogênio e de enxofre de forma isolada, no primeiro crescimento, e pelas doses de nitrogênio no segundo e no terceiro crescimento. As relações entre as doses de nitrogênio e as de enxofre para obtenção das máximas produções de massa seca foram, de maneira geral, em torno de 10:1. O incremento na adubação nitrogenada proporcionou recuperação do sistema radicular do capim, aumentando a produção de massa, o comprimento e a superfície das raízes do capim-Braquiária.

Palavras-chave: perfilhos, folhas, relação folhas:colmos, *Brachiaria decumbens*

Abstract

Nitrogen and sulphur for productive characteristics of signal grass from area of degrading pasture

Restoring soil fertility is one way to recover the productivity of a degrading pasture. Nitrogen is the main nutrient for increasing the yield of forage grasses and its effect may depend on sulphur supply due to the interaction between these nutrients. The objective was to evaluate the effects of combined rates of nitrogen and sulphur on signal grass (*Brachiaria decumbens*) productive characteristics. This grass was collected in cylinders with soil + plants in a degrading pasture established in an Entisol. The experiment was carried out in a greenhouse, at Piracicaba, SP, State, Brazil, from November 2003 to March 2004. Five rates of nitrogen (0; 100; 200; 300 and 400 mg dm⁻³) were combined with five rates of sulphur (0; 10; 20; 30 and 40 mg dm⁻³) in a 5²

fractional factorial, based on a central composite design. Plants were harvested following three periods of 30 days growth. The combination between nitrogen and sulphur rates affected the numbers of tillers, dry matter yield of leaf lamina and stems plus sheaths at the just harvest and the leaf lamina: stems plus sheaths ratio at the second harvest. Nitrogen rates had effects on the number of tillers and on dry matter yield of leaf lamina and stems plus sheaths at the second and third harvests. At the first growth, the number of the leaves of the grass was changed by both nitrogen and sulphur rates, and by nitrogen rates at the second and third growths. Maximum dry matter yields were reached when nitrogen and sulphur rates were applied at about 10:1 ratio. Nitrogen supply resulted in the recovery of the root system of signal grass through the increases in dry root weight, in root length and root surface.

Keywords: tillers, leaves, leaves:stems ratio, *Brachiaria decumbens*

3.1 Introdução

Os solos de melhor aptidão agrícola normalmente são ocupados pelas lavouras anuais de grãos ou pelas de grande valor industrial, para a produção de óleo, fibras, açúcar e outros (MACEDO, 1999), enquanto que os solos ocupados por pastagens são geralmente mais pobres em termos de fertilidade do solo e condições físicas.

A partir da década de 1970 os capins do gênero *Brachiaria* têm aumentado a participação nas pastagens brasileiras, sendo utilizados em substituição a outras espécies, em processo que foi liderado pelo capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*). Estima-se que as Braquiárias ocupem em torno de 95 milhões de hectares no país, e 7,6 milhões de hectares somente no Estado de São Paulo (FERREIRA et al., 1999; ANUALPEC, 2003). O capim-Braquiária está entre as forrageiras que vem se degradando nas pastagens, e estima-se em 30 a 40 milhões de hectares dessas pastagens já degradadas no Brasil. Assim, torna-se necessário buscar modo de recuperação dessas pastagens e, nesse contexto, a adubação enquadra-se como uma prática essencial.

A adubação tem sido indispensável na formação, na manutenção e na recuperação das pastagens e, de modo particular, a adubação nitrogenada tem sido uma das maiores necessidades nos casos de pastagens exclusivas de gramíneas, quando se trata da recuperação de áreas degradadas. Desse modo, todos os nutrientes das plantas podem ser limitantes numa dada condição de pastagem, mas tem sido freqüente a limitação por nitrogênio e enxofre (MYERES; ROBBINS, 1991; SOARES FILHO, 1993).

O fornecimento de nitrogênio junto ao enxofre passa a ser uma alternativa para a recuperação de áreas de pastagens degradadas, tendo em vista a forte interação entre esses nutrientes.

Partindo-se da hipótese que determinadas combinações de nitrogênio e enxofre na adubação são apropriadas para influenciar nas características produtivas do capim-Braquiária, a ponto de resultar em adequada recuperação desta pastagem em degradação, objetivou-se neste trabalho determinar a influência das combinações desses nutrientes, em características produtivas do capim-Braquiária em recuperação. Tais características são número de perfilhos e de folhas, massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais bainhas, relação lâminas foliares:colmos mais bainhas, massa seca de raízes e comprimento e superfície total do sistema radicular.

3.2 Desenvolvimento

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, em Piracicaba, Estado de São Paulo, no período de novembro de 2003 a março de 2004. Optou-se por realizar esse estudo em condições controladas, em vista da possibilidade de estudar uma série de combinações entre as doses de cada um dos nutrientes, de evitar a interferência de nutrientes extra-adubação no fornecimento desses dois nutrientes e garantir adequações de fornecimento de água e de temperatura ambiente para o normal desenvolvimento das plantas.

Coletaram-se amostras de capim-Braquiária + solo em cilindros de 15 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade numa pastagem em estágio de degradação, em Neossolo Quartzarênico na Fazenda Agrícola Brejo das Almas, no município de Santa Maria da Serra, SP. Essas amostras de solo junto com plantas foram colocadas em vasos plásticos, conforme técnica descrita por Mattos e Monteiro (2003).

As características químicas da amostra superficial (0-20 cm) do solo coletado na área de pastagem em degradação, antes da aplicação dos tratamentos, foram: pH (CaCl₂) = 5,43; M.O. e N-total = 28 e 1,75 g kg⁻¹, respectivamente; N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ = 8,40 e 2,80 mg kg⁻¹, respectivamente; P-resina e S-sulfato = 4,03 e 4,32 mg dm⁻³, respectivamente; S-total = 150 g kg⁻¹; K; Ca; Mg; H+Al; SB e CTC = 2,28; 14,60; 10,40; 28,20; 27,28 e 55, 48 mmol_c dm⁻³, respectivamente; V e m = 49,17 e 11,83 %, respectivamente.

Durante um período de 30 dias as plantas foram adaptadas, os vasos puderam compor blocos uniformes e foram distribuídos segundo o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Realizou-se um corte de uniformização a cinco centímetros do colo das plantas e foram aplicados os tratamentos.

Foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 mg dm⁻³) e cinco

doses de enxofre (0; 10; 20; 30 e 40 mg dm⁻³), as quais foram combinadas em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5² fracionado, de acordo com Littell e Mott (1975). Assim, empregaram-se 13 combinações de nitrogênio com enxofre (em mg dm⁻³): 0, 0; 0, 20; 0, 40; 100, 10; 100, 30; 200, 0; 200, 20; 200, 40; 300, 10; 300, 30; 400, 0; 400, 20 e 400, 40. O nitrogênio foi fornecido como nitrato de amônio (NH₄NO₃) e o enxofre como sulfato de cálcio (CaSO₄ · 2H₂O), sendo a quantidade de cálcio equilibrada em todas as parcelas experimentais pelo emprego de cloreto de cálcio (CaCl₂). Após o corte de uniformização das plantas foram aplicados: fósforo (CaH₂PO₄ e KH₂PO₄) de 200 mg dm⁻³, potássio (KH₂PO₄ e KCl) de 150 mg dm⁻³ e magnésio (MgCl₂ · 6H₂O) de 50 mg dm⁻³. As adubações com nitrogênio, enxofre e potássio foram repetidas após cada corte realizado, enquanto que a adubação com magnésio foi modificada para 20 mg dm⁻³ devido a não aplicação de fósforo (que levava junto o cálcio) a partir do primeiro corte das plantas e em consequência da diminuição no fornecimento de cálcio. A adubação básica com os micronutrientes foi efetuado com H₃BO₃ de 1,5 mg dm⁻³, CuCl₂ · 2H₂O de 2,5 mg dm⁻³, ZnCl₂ de 2,0 mg dm⁻³ e de Na₂MoO₄ · 2H₂O de 0,25 mg dm⁻³, realizada apenas após o corte de uniformização das plantas. As adubações com macronutrientes foram estabelecidas em função da análise de solo e as adubações com micronutrientes adaptadas de Mattos e Monteiro (2003).

A umidade dos vasos foi mantida por meio de um sistema autoirrigante, por tensão controlada composto por cápsula de porcelana porosa, adaptado de Bonfim-Silva (2002). Os valores de temperaturas máximas e mínimas durante o período experimental encontram-se na Figura 1. As leituras das temperaturas foram iniciadas a partir da aplicação dos tratamentos.

Foram realizados três cortes na parte aérea das plantas, a intervalos regulares de 30 dias de crescimento. A altura do corte foi de 5 cm do colo das plantas para o primeiro e segundo cortes e rente ao colo das plantas no terceiro corte. O número total de perfilhos e de folhas verdes expandidas foi determinado por ocasião dos cortes das plantas. Em cada um dos cortes procedeu-se à separação da parte aérea em lâminas foliares e colmos mais bainhas e após o terceiro corte coletaram-se as raízes. As frações da parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa a 65°C até massa constante. Para determinação da relação lâminas foliares:colmos mais bainhas dividiu-se a massa seca das lâminas foliares pela massa seca dos colmos mais bainhas.

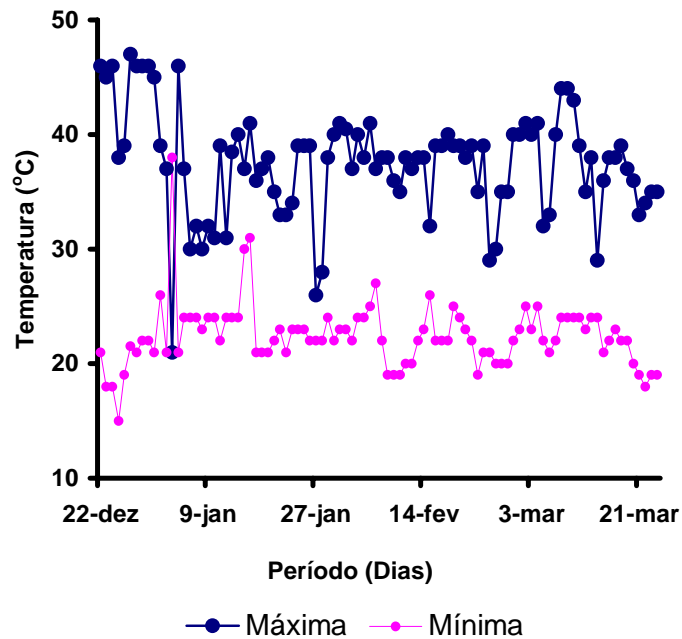


Figura 1 – Temperaturas diárias máximas e mínimas obtidas no compartimento da casa-de-vegetação, durante o período experimental

Para determinação do comprimento e da superfície radicular, uma sub-amostra de raízes (aproximadamente 20 %) foi coletada após as raízes serem separadas do solo e lavadas em água corrente sobre um conjunto de peneiras com malhas de 1,00 e 0,25 mm. As sub-amostras foram colocadas em copos plásticos contendo água desionizada e violeta de genciana (utilizada para coloração de raízes e radicelas). Em seqüência as raízes foram escaneadas e submetidas ao aplicativo SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo) versão 3,0. Após a obtenção das imagens as sub-amostras foram secadas utilizando o mesmo procedimento da parte aérea. Com base na massa seca da sub-amostra fez-se a correção do comprimento e superfície total do sistema radicular de cada vaso, em função da produção de massa seca total das raízes, conforme descrito por Crestana et al. (1994).

Todas as variáveis receberam o recomendado tratamento estatístico, com análise em superfície de resposta através do emprego do “Statistical Analysis System” (SAS, 1996). Inicialmente foi realizada a análise de variância para as combinações das doses de nitrogênio e de enxofre e, em função do nível de significância do teste F para essas combinações, efetuou-se o estudo de regressão polinomial (superfície de resposta) por meio do procedimento RSREG. Nos

casos em que a interação nitrogênio e enxofre não foi significativa efetuou-se o estudo de regressão de primeiro e segundo graus por meio do comando GLM. Utilizou-se o nível de significância de 5 % em todos os testes estatísticos.

No estudo de regressão polinomial, as doses de nitrogênio e de enxofre responsáveis pelos máximos valores foram obtidas por meio da saída de resultados da análise estatística. Para os casos de significância de regressão de segundo grau as doses de nitrogênio ou de enxofre responsáveis pelos máximos valores foram obtidas por meio de derivada.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Número de perfilhos

O número de perfilhos do capim-Braquiária apresentou valores diferenciados do primeiro para o segundo e terceiro crescimentos. A interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre foi significativa para o número total de perfilhos por ocasião do primeiro crescimento, ajustando-se ao modelo polinomial de regressão. No entanto, para o segundo e terceiro crescimentos foi verificada significância apenas para as doses de nitrogênio, com os resultados ajustando-se ao modelo quadrático de regressão. No primeiro crescimento, por meio do estudo de superfície de resposta, constatou-se que a dose de nitrogênio de 416 mg dm^{-3} , associada à dose de enxofre de 35 mg dm^{-3} (relação de 12:1) proporcionaria o máximo número de perfilhos e, portanto, a dose de nitrogênio para a máxima produção de perfilhos excedeu as doses do intervalo experimental. Pode-se observar na Figura 2 que o capim-Braquiária respondeu positivamente às doses de nitrogênio associadas às doses de enxofre.

Rodrigues (2002) verificou interação significativa entre as doses de nitrogênio e de enxofre no segundo período de crescimento do capim-Braquiária, para o número de perfilhos, demonstrando que quando se utilizam elevadas doses de nitrogênio é necessária mais elevada dose de enxofre para que o capim alcance maior perfilhamento. Faquin et al. (1995) obtiveram respostas significativas às aplicações de enxofre para o perfilhamento de *Brachiaria decumbens*, sendo que a dose de enxofre de 98 mg kg^{-1} proporcionou o número máximo de perfilhos.

De acordo com a equação de regressão de segundo grau a dose de nitrogênio de 325 mg dm^{-3} foi responsável pelo máximo perfilhamento do capim-Braquiária no segundo crescimento, obtendo-se um número máximo de 151 perfilhos por vaso (Figura 3). No terceiro crescimento a dose de nitrogênio que proporcionou a máxima produção de perfilhos foi de 297

mg dm^{-3} e o número de perfilhos então obtido foi de 120 por vaso (Figura 4).

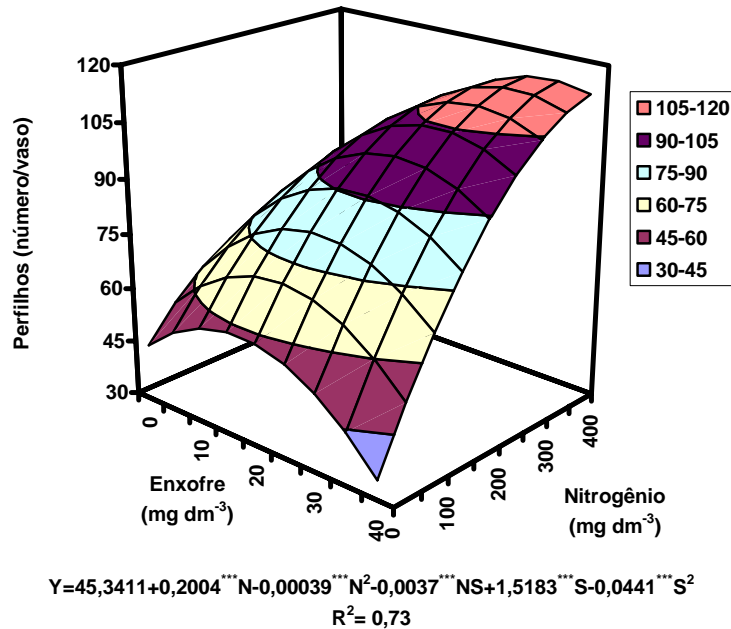


Figura 2 – Número total de perfilhos do capim-Braquiária, no primeiro crescimento, em função da combinação de doses de nitrogênio e de enxofre
 *** Significativo a 0,1 %.

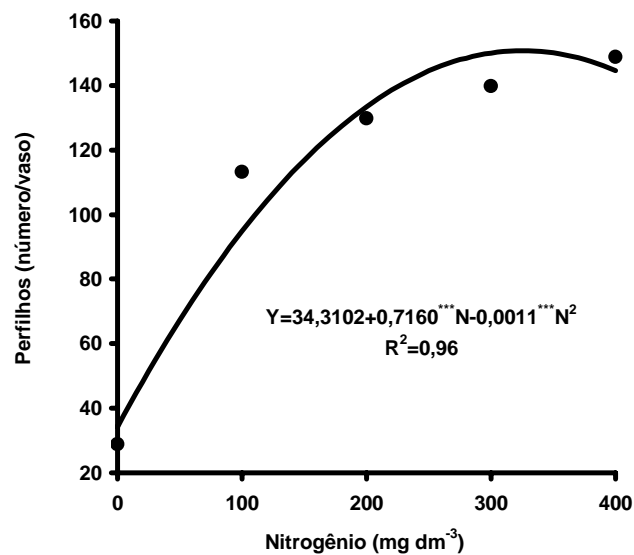


Figura 3 – Número total de perfilhos do capim-Braquiária, no segundo crescimento, em função das doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

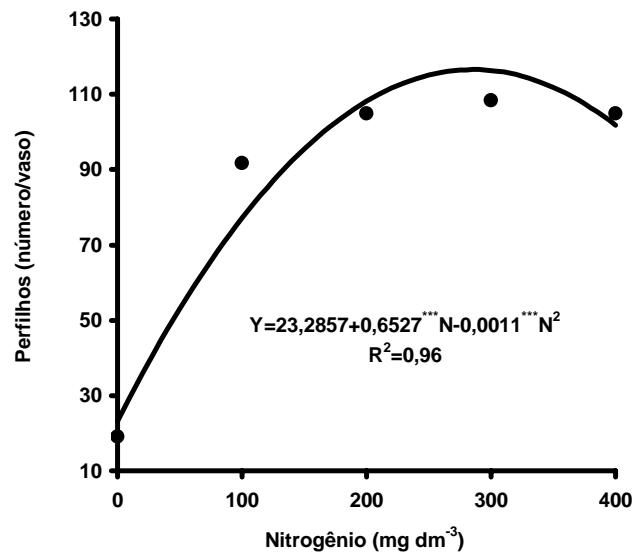


Figura 4 – Número total de perfilhos do capim-Braquiária, no terceiro crescimento, em função das doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

A importância do nitrogênio na produção de perfilhos do capim-Braquiária, como relatada no presente trabalho, está de acordo com o descrito por Santos (1997), Batista (2002), Lavres Júnior e Monteiro (2002), Mattos e Monteiro (2003) e Santos Júnior e Monteiro (2003).

De acordo com Langer (1963), o perfilhamento é principalmente regulado por genótipo, florescimento, luz, temperatura, fotoperíodo, umidade, nutrição mineral e cortes das plantas. Também pode ser considerado que a disponibilidade de nitrogênio no solo interfere no perfilhamento das plantas forrageiras, sendo este o nutriente mais importante no número de perfilhos (LAUDE, 1972). Esse nutriente também promove várias alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, como tamanho, peso e taxa de aparecimento de perfilhos, aparecimento de folhas e alongamento dos colmos, que são fatores intrínsecos na produção de massa seca e no valor nutritivo da planta forrageira (CORSI, 1984).

Alexandrino (2000), estudando crescimento e características químicas e morfológicas do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) submetido a cortes e a doses de nitrogênio, verificou grande diferença de perfilhamento ao longo do tempo de rebrotação em relação ao suprimento de nitrogênio, observando que as plantas não adubadas com nitrogênio quase não perfilharam ao longo do tempo.

3.3.2 Número de folhas

Na análise de variância para o número total de folhas verdes expandidas do capim-Braquiária não se verificou significância para a interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre aplicadas ao solo, nos três crescimentos das plantas. No entanto, foi verificada significância tanto para as doses de nitrogênio como para as doses de enxofre no primeiro crescimento e apenas para as doses de nitrogênio no segundo e terceiro crescimentos. Em todos esses casos, ocorreu ajuste a modelo quadrático de regressão.

No primeiro crescimento foi constatado efeito isolado das doses de nitrogênio e das doses de enxofre no aumento do número de folhas verdes expandidas, com máximas produções de 345 e 311 folhas por vaso, na dose de nitrogênio de 256 mg dm^{-3} e na doses de enxofre de 22 mg dm^{-3} respectivamente (Figuras 5 e 6).

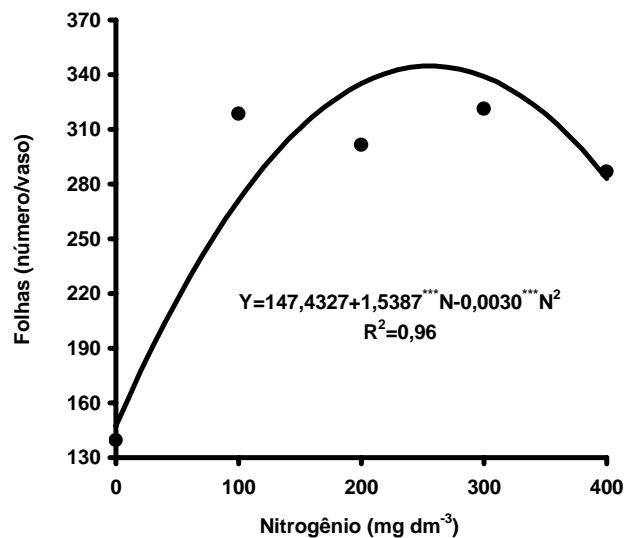


Figura 5 – Número total de folhas do capim-Braquiária, no primeiro crescimento, em função das doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1 %.

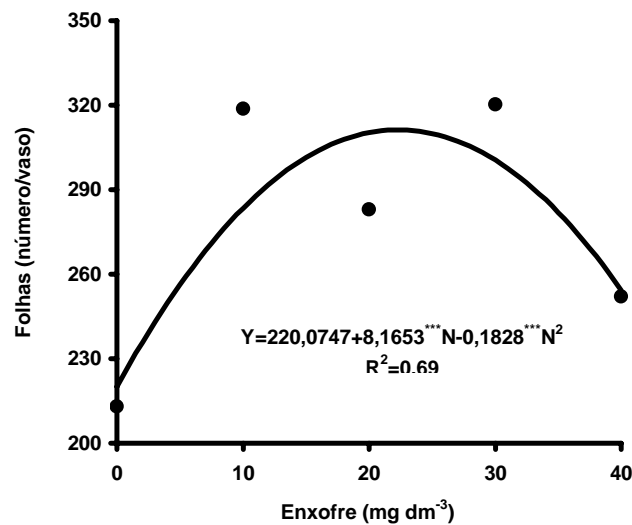


Figura 6 – Número total de folhas do capim-Braquiária, no primeiro crescimento, em função das doses de enxofre

*** Significativo a 0,1 %.

As produções máximas de folhas no segundo e terceiro crescimentos foram de 410 e 372 folhas por vaso nas doses de nitrogênio de 300 e 285 mg dm⁻³, respectivamente. Constatou-se no tratamento que não recebeu nitrogênio, que a produção total de folhas representou 43; 22 e 15 %, das máximas obtidas, respectivamente em cada um dos três crescimentos do capim (Figuras 5, 7 e 8), indicando a importância da adubação nitrogenada para a recuperação do mesmo uma vez que o número de folhas está relacionado à produção de perfilhos, que por sua vez é um dos grandes responsáveis pela persistência da pastagem.

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Ruggieri et al. (1994), que observaram aumento no número de folhas do capim-Marandu, em todos os cortes realizados, com o incremento das doses de nitrogênio, mostrando a importância desse nutriente para produção da gramínea forrageira.

Estudo com capim-Marandu realizado por Schiavuzzo et al. (1999), avaliando respostas a doses de nitrogênio, também demonstrou que a produção de folhas verdes expandidas no primeiro crescimento da gramínea foi influenciada pelo fornecimento de nitrogênio na solução.

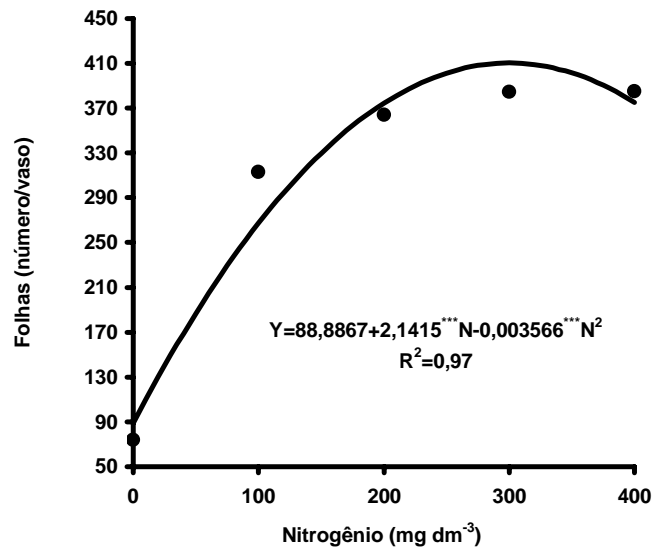


Figura 7 – Número total de folhas do capim-Braquiária, no segundo crescimento, em função das doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1 %.

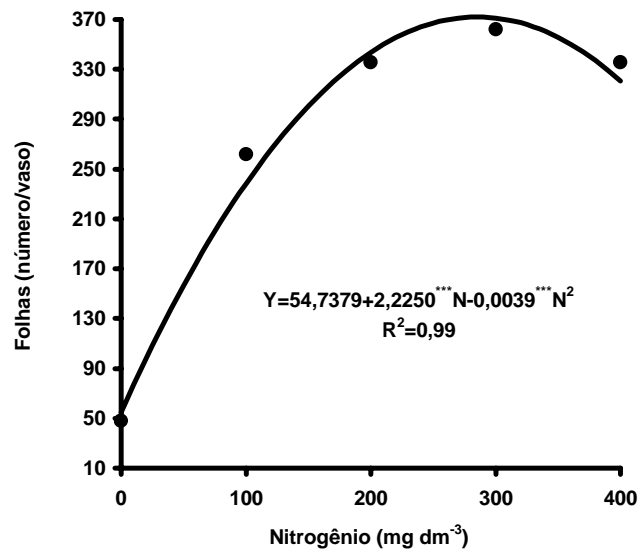


Figura 8 – Número total de folhas do capim-Braquiária, no terceiro crescimento, em função das doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1 %.

Lavres Júnior e Monteiro (2002), desenvolvendo trabalho com combinações de doses de nitrogênio e de potássio em capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv Mombaça), constataram que a produção total de folha, em função do fornecimento do nutriente na solução nutritiva, apresentou o máximo número no primeiro e segundo crescimentos nas doses de nitrogênio de 324 e 336 mg L⁻¹.

Batista (2002), em estudo de superfície de resposta da produção de folhas verdes expandidas pelo capim-Marandu, demonstrou que as máximas produções foram obtidas nas doses de nitrogênio de 358 e 379 mg L⁻¹, respectivamente para o primeiro e segundo crescimentos.

Lavres Júnior et al. (2004), considerando os componentes de produção e morfogênese do capim-Aruana (*Panicum maximum* cv Aruana) em respostas ao nitrogênio, verificaram que a taxa de aparecimento de folhas verdes expandidas foi influenciada pelas doses de nitrogênio, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão.

A capacidade de perfilhamento é uma característica altamente desejável em plantas forrageiras e o potencial de perfilhamento influencia a produção, a qualidade e a persistência das espécies perenes. Assim, maior número de perfilhos significa maior número de folhas e, conseqüentemente, maior área foliar e produção de massa seca (JACQUES, 1994).

Esse aumento no número de folhas pelo incremento da adubação nitrogenada, como observado no presente trabalho, é muito importante para a recuperação do capim, tendo em vista que as folhas são órgãos fotossintetizantes, onde há a captura da energia luminosa e a sua utilização para coordenar as reações químicas que são vitais para a vida da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). O número de folhas por perfilho e o tamanho da folha são componentes importantes para o índice de área foliar, que é o principal responsável pela interceptação de luz (CHAPMAN; LAMAIRE, 1993). Assim, a necessidade do equilíbrio entre o fornecimento de nitrogênio e de enxofre passa a ser um fator relevante para a produção de fotossintetizados pelas plantas.

3.3.3 Massa seca das lâminas foliares

A produção de massa seca das lâminas foliares do capim-Braquiária apresentou comportamento diferenciado do primeiro para o segundo e o terceiro cortes das plantas. A interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre foi significativa para a produção de lâminas foliares por ocasião do primeiro crescimento, ajustando-se a modelo polinomial de regressão no

estudo de superfície de resposta. No entanto, para o segundo e terceiro cortes foi verificada significância apenas para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados ao modelo quadrático de regressão.

No estudo da superfície de resposta para a produção de lâminas foliares no primeiro corte (Figura 9), constatou-se que as doses de nitrogênio e de enxofre para a máxima produção de massa seca de lâminas foliares foram de 303 e de 29 mg dm⁻³ (relação N:S na adubação de 10:1), respectivamente.

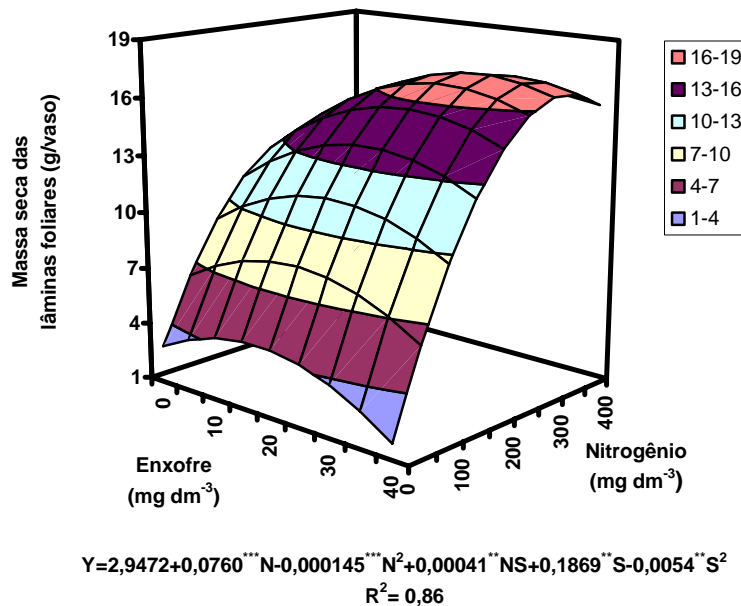


Figura 9 - Massa seca das lâminas foliares do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função das combinações das doses de nitrogênio e de enxofre
 *** ** Significativo a 0,1 e 1%, respectivamente.

Para o segundo e terceiro cortes o nitrogênio teve efeito isolado e desempenhou papel fundamental na produção das lâminas foliares do capim-Braquiária. As doses de nitrogênio de 371 e 305 mg dm⁻³, respectivamente, foram responsáveis pelas máximas produções de massa seca das lâminas foliares (Figuras 10 e 11).

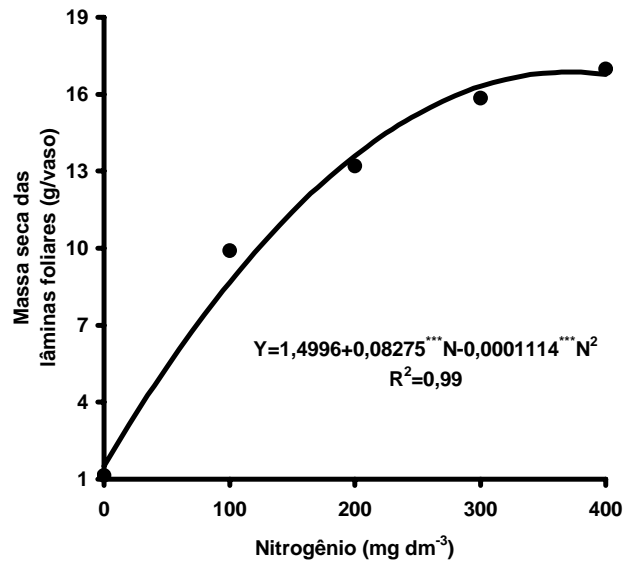


Figura 10 - Massa seca das lâminas foliares do capim-Braquiária, no segundo corte, em função das doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

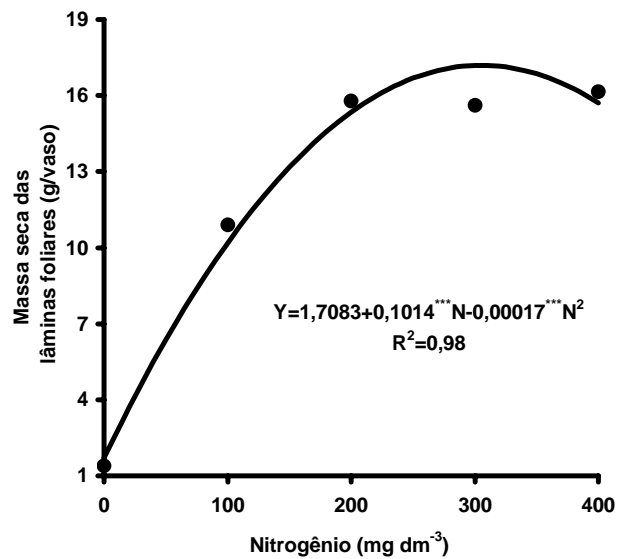


Figura 11 - Massa seca das lâminas foliares do capim-Braquiária, no terceiro corte, em função das doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), o crescimento vegetal pode ser analisado em termos de número de células ou tamanho geral (massa seca). O crescimento total da planta pode ser considerado como a soma dos padrões locais de expansão celular. Essas medições são realizadas por meio da produção de massa seca. Assim, foi verificado que de forma similar ao número de folhas, a adubação com nitrogênio e enxofre favoreceu o aumento da massa das lâminas foliares, indicando que o incremento na adubação nitrogenada contribuiu efetivamente no aumento da produção e conseqüentemente na recuperação do capim.

3.3.4 Massa seca dos colmos mais bainhas

Para a produção de massa seca dos colmos mais bainhas do capim-Braquiária o comportamento foi semelhante ao da produção de lâminas foliares, com interação significativa entre as doses de nitrogênio e de enxofre apenas para o primeiro corte, para o qual os resultados mostraram ajuste ao modelo polinomial de regressão. No segundo e terceiro crescimentos, verificou-se significância apenas para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados ao modelo quadrático de regressão.

No primeiro corte (Figura 12) foi possível observar que as doses combinadas de nitrogênio e de enxofre para a máxima produção de colmos mais bainhas foram de 308 e de 31 mg dm⁻³, respectivamente. As máximas produções ocorreram para a relação nitrogênio:enxofre na adubação de 10:1, o que é similar ao encontrado para a produção de lâminas foliares.

No segundo e terceiro cortes (Figuras 13 e 14) as respectivas doses de nitrogênio responsáveis pelas máximas produções de colmos mais bainhas foram de 364 e 292 mg dm⁻³. A produção de massa seca dos colmos mais bainhas seguiu o mesmo comportamento da produção de massa seca das lâminas foliares do capim nos três cortes, indicando que o fornecimento de nitrogênio estimula não só o aparecimento e desenvolvimento das folhas, como também o desenvolvimento dos colmos.

De acordo com Alexandrino (2000), a baixa acumulação de massa seca de colmo para as plantas, na ausência da adubação nitrogenada, deve-se primeiramente ao menor alongamento do colmo e ao baixo perfilhamento. A produção de massa seca de colmos mais bainhas é um componente relevante para a produção de forragem, por ser um órgão armazenador das substâncias orgânicas nas gramíneas, o que pode interferir na capacidade de rebrotação dos capins.

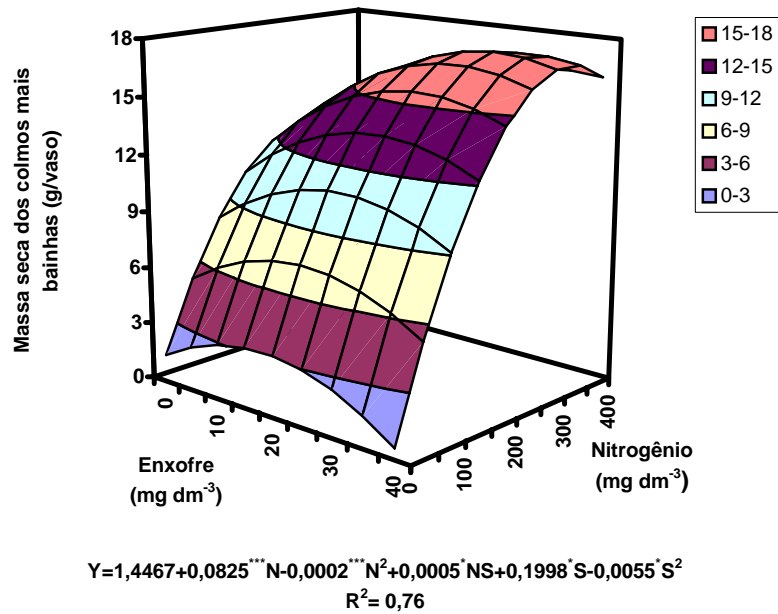


Figura 12 - Massa seca dos colmos mais bainhas do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função das combinações das doses de nitrogênio e de enxofre
 *** e * Significativo a 0,1 e 5%, respectivamente.

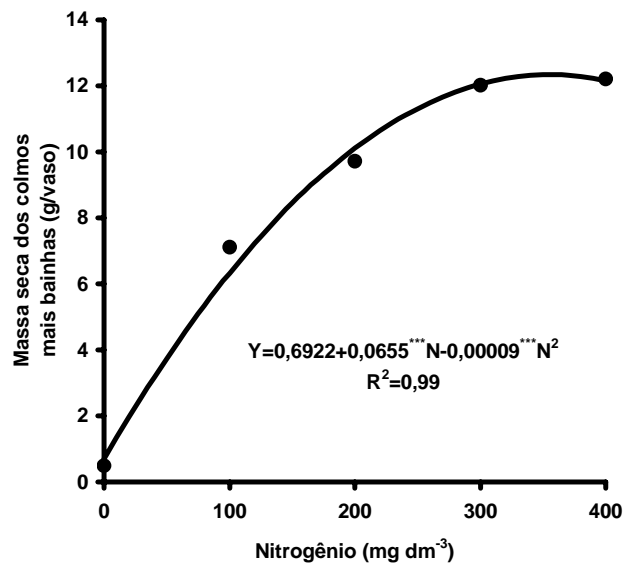


Figura 13 - Massa seca dos colmos mais bainhas do capim-Braquiária, no segundo corte, das doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1%.

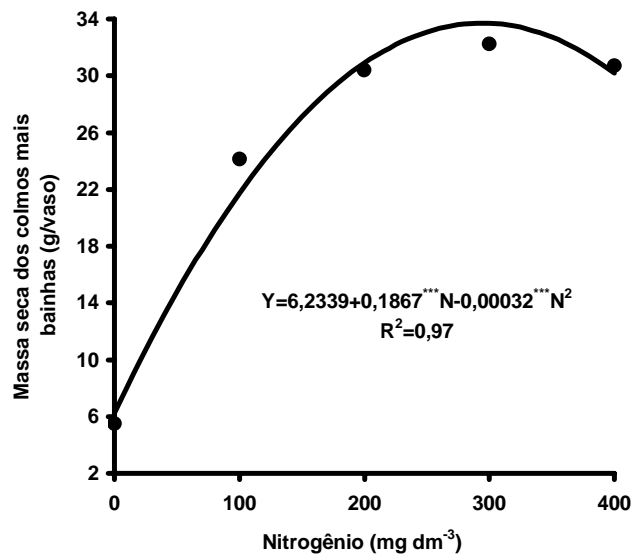


Figura 14 - Massa seca dos colmos mais bainhas do capim-Braquiária, no terceiro corte em função das doses de nitrogênio
*** Significativo a 0,1%.

3.3.5 Relação lâminas foliares: colmos mais bainhas

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).

Nos três cortes do capim-Braquiária, a relação lâminas foliares:colmos mais bainhas apresentou comportamento diferenciado. No primeiro e terceiro cortes a análise de variância revelou significância somente para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo quadrático de regressão. No segundo corte essa relação mostrou significância para a interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre.

No primeiro corte verificou-se, por meio da regressão quadrática, que a dose de nitrogênio para a mínima relação lâminas foliares:colmos mais bainhas foi de 293 mg dm⁻³, com valor da

relação de 0,96 (Figura 15).

No segundo corte, a relação lâminas foliares:colmos mais bainhas foi influenciada pelas doses conjuntas de nitrogênio e de enxofre, ajustando-se a modelo polinomial de regressão (Figura 16). De acordo com a superfície de resposta a mínima relação lâminas foliares:colmos mais bainhas foi de 1,00, ocorrendo na dose de nitrogênio de 287 mg dm⁻³ associada à dose de enxofre de 17 mg dm⁻³ (relação N:S entre as doses de 17:1).

Este decréscimo na relação lâminas foliares:colmo mais bainhas encontrados no primeiro e no segundo cortes, estão de acordo com os resultados apresentados por Pinto et al. (1994) e Lavres Júnior et al. (2004) para gramíneas forrageiras. Assim, o incremento na adubação, principalmente com nitrogênio, aumenta mais a produção de colmos mais bainhas que a de folhas das gramíneas forrageiras, que conseqüentemente diminui a relação lâminas foliares:colmos mais bainhas. O limite crítico dessa relação é considerado igual a 1,00 e esse nível crítico considera a quantidade e a qualidade de forragem produzida (ANDRADE, 1997).

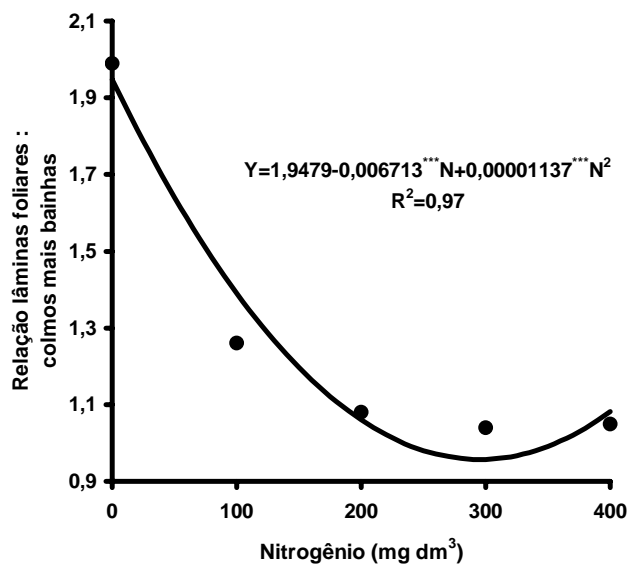


Figura 15 – Relação lâminas foliares:colmos mais bainhas do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função das doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1%.

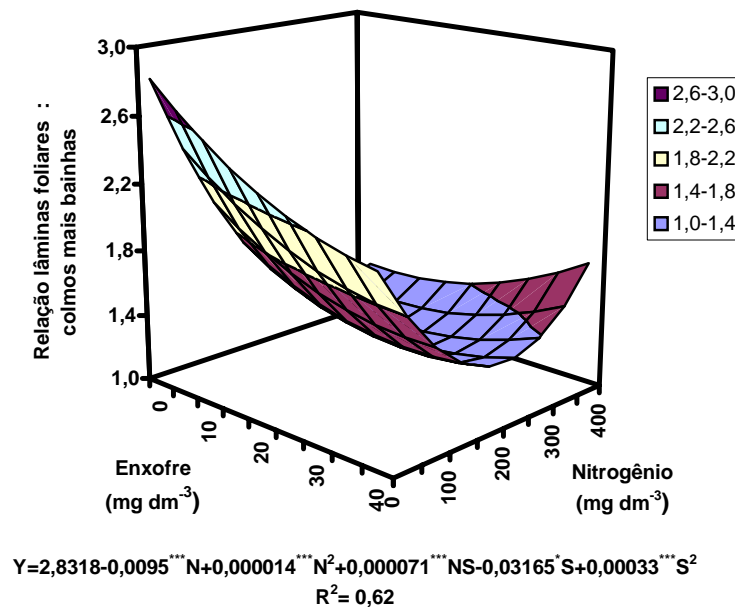


Figura 16 – Relação lâminas foliares:colmos mais bainhas do capim-Braquiária, no segundo corte, em função da combinação de doses de nitrogênio e de enxofre
 *** e * Significativo a 0,1 e 5%, respectivamente.

Gomide (1994) relatou que a maior produção de colmos pode ser amenizada cortando-se as plantas em intervalos menores de tempo, o que proporciona maior relação lâminas foliares:colmos mais bainhas. O aumento da produção 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 existem casos em que contribuí para a diminuição da relação lâminas foliares:colmos mais bainhas.

No terceiro corte, o comportamento da relação lâminas foliares:colmos mais bainhas foi bem diferente dos demais cortes, pois foi verificado aumento da relação com as doses de nitrogênio aplicadas. Observou-se significância apenas para as doses de nitrogênio, com ajuste a modelo quadrático de regressão. A máxima relação lâminas foliares:colmos mais bainhas foi obtida na dose de nitrogênio de 287 mg dm⁻³ com um valor de relação de 0,54. Quando o nitrogênio não foi aplicado, a relação lâminas foliares:colmos mais bainhas foi de 0,28 (Figura 17).

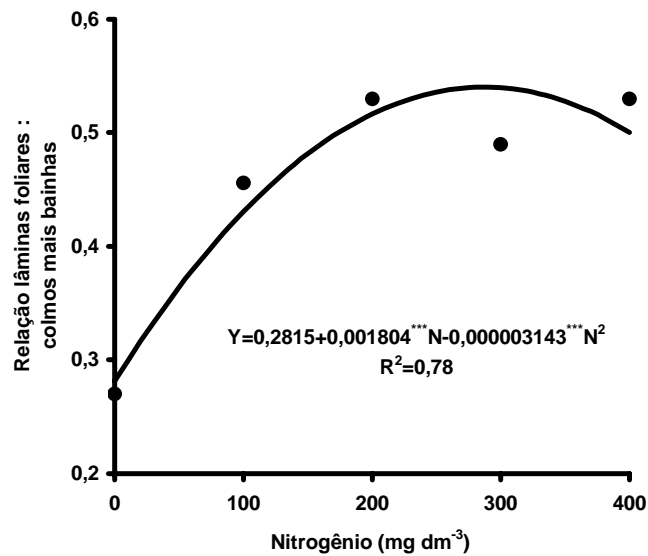


Figura 17 – Relação lâminas foliares:colmos mais bainhas do capim-Braquiária, no terceiro corte, em função das doses de nitrogênio no solo

*** Significativo a 0,1%.

Uma característica importante a ser considerada no presente trabalho é que os dois primeiros cortes do capim foram realizados à altura de 5 cm do colo das plantas, enquanto o terceiro corte foi realizado rente ao colo das plantas e, desse modo, maior massa de colmos foi coletada, incluindo-se mesmo aqueles remanescentes dos cortes anteriores que foram então somados ao terceiro corte. Isso provavelmente contribuiu para a baixa relação folhas:colmos mais bainhas no terceiro corte do capim, relação esta que ficou abaixo do nível crítico.

De acordo com Martha Júnior et al. (2004), a relação laminas foliares:colmos mais bainhas do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia) na primavera aumentou linearmente com o tempo, depois da adubação nitrogenada, quando o pastejo foi intenso (baixo resíduo pós-pastejo). Esse baixo resíduo pós-pastejo é o responsável pela capacidade de rebrota, o que teria sido simulado pelos cortes a 5 cm do colo da planta efetuado no presente trabalho.

Existe a preocupação em se otimizar a produção de massa seca do capim, com forragem de qualidade, a qual pode ser influenciada por uma série de fatores. Com a maturidade das plantas o valor nutritivo é diminuído, face ao aumento na lignificação e diminuição na proporção lâminas foliares:colmos mais bainhas (VAN SOEST, 1994), além do aumento na proporção de parede celular (WILKINS, 1969). Assim, o estado nutricional é fator importante a ser considerado, particularmente quando se trata de uma pastagem degradada ou em degradação.

3.3.6 Massa seca, comprimento e superfície total do sistema radicular

Na produção de massa seca das raízes não se verificou significância para a interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre, mas sim para as doses de nitrogênio. No estudo dos efeitos das doses de nitrogênio, a produção de massa seca das raízes teve ajuste ao modelo quadrático de regressão (Figura 18). Com base na equação de regressão pode-se verificar que a máxima produção de massa seca das raízes foi obtida na dose de nitrogênio de 275 mg dm⁻³.

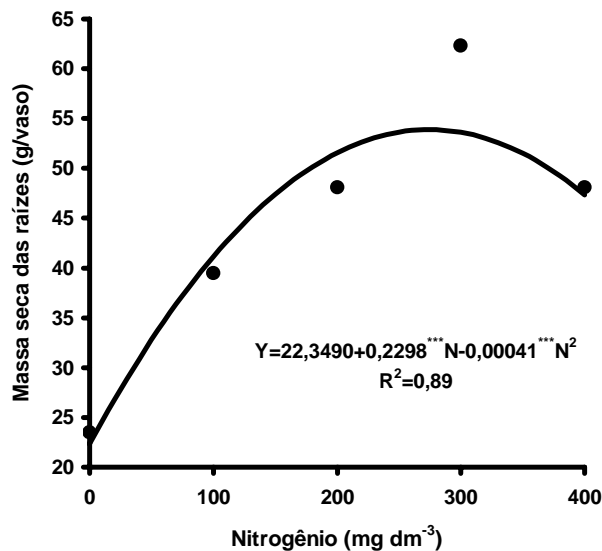


Figura 18 – Produção de massa seca das raízes do capim-Braquiária, no terceiro corte, em função das doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1%.

Estudo realizado por Santos (1997), com doses de nitrogênio, o capim-Braquiária mostrou que a máxima produção de massa seca de raízes foi obtida na dose de nitrogênio de 453 mg L⁻¹. Rodrigues (2002), avaliando as raízes de capim-Braquiária proveniente de uma área de pastagem em degradação, verificou que a interação nitrogênio e enxofre não foi significativa, mas que houve efeito isolado apenas para as doses de nitrogênio, assim como no presente trabalho.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004) o crescimento vegetal pode ser analisado em termos de número de células ou tamanho geral (massa seca). O crescimento total da planta pode ser considerado como a soma dos padrões locais de expansão celular. Essas medições são realizadas por meio da produção de massa seca. Assim, foi verificado que assim como o número de folhas, a adubação com nitrogênio e enxofre favoreceu o aumento da massa das lâminas foliares,

indicando que o incremento na adubação nitrogenada contribuiu efetivamente no aumento da produção e conseqüentemente na recuperação do capim. Esses resultados também corroboram os de Batista (2002), com capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio e de enxofre, em que não se obteve interação significativa para as doses de nitrogênio e de enxofre, em termos de massa seca de raízes, mas encontrando-se ajuste ao modelo quadrático para as doses de nitrogênio.

A massa seca de raízes, no entanto, apesar de ser a característica mais estudada em trabalhos de pesquisa para avaliação do desenvolvimento radicular, tem a limitação de abranger material morto, o que pode gerar dificuldade na interpretação dos resultados. A produção de massa seca do sistema radicular, considerado de forma isolada, não contribui essencialmente para avaliação do crescimento e da nutrição da planta, pois raízes velhas e espessas têm grande contribuição para a produção de massa seca, mas pouco participam na absorção de água e nutrientes (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Um fator importante a ser considerado no presente trabalho é que as plantas foram coletadas em cilindros numa pastagem em estágio de degradação, estabelecida há aproximadamente 30 anos, e este método de coleta teve a finalidade de manter o máximo da integridade do sistema radicular, o que traz quantidades consideráveis de raízes espessas e até possivelmente mortas, que não puderam ser retiradas das unidades experimentais, tendo em vista que a condução do experimento foi realizada com amostras indeformadas.

A presença de sistema radicular bem desenvolvido tem papel importante como indicador da persistência das plantas em pastagens. As raízes da planta forrageira sofrem os efeitos do manejo inadequado e podem, assim, ser um importante indicador de degradação da pastagem. Entre os vários fatores que afetam o crescimento radicular, a fertilidade do solo e o manejo do pastejo estão entre os principais (SOUZA NETO; PEDREIRA, 2004).

No comprimento total do sistema radicular do capim verificou-se que a interação entre as doses de nitrogênio e as doses de enxofre não foi significativa, tendo revelado efeito significativo apenas para as doses de nitrogênio, com o ajuste dos resultados ao modelo quadrático de regressão (Figura 20). Pelo estudo dessa equação de regressão verificou-se que a dose 262 mg dm^{-3} foi responsável pelo máximo valor neste parâmetro e que, na ausência de nitrogênio o comprimento total de raízes representou apenas 49% do máximo obtido. Esses resultados estão de acordo com os observados por Batista (2002) com o capim-Marandu, quando o máximo comprimento total das raízes ocorreu na dose de nitrogênio de $399,6 \text{ mg L}^{-1}$.

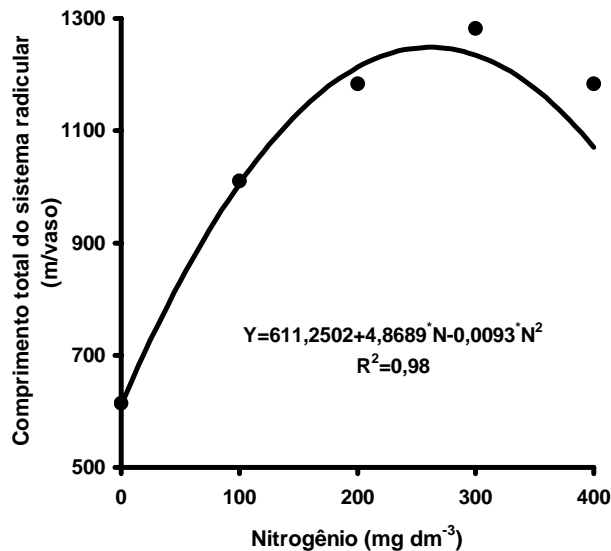


Figura 19 – Comprimento total do sistema radicular do capim-Braquiária, no terceiro corte, em função das doses de nitrogênio
* Significativo a 5 %.

Na superfície total do sistema radicular verificou-se que a interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre não foi significativa, mas foi obtido efeito significativo apenas para as doses de nitrogênio, conforme o observado para produção de massa seca de raízes e comprimento radicular. No estudo das doses de nitrogênio, os resultados de superfície radicular total do capim-Braquiária ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 20). Assim, verificou-se que a dose 269 mg dm⁻³ foi responsável pela máxima superfície total do sistema radicular e que, na ausência da adubação nitrogenada essa superfície representou 43 % daquela obtida na dose que proporcionou o máximo valor.

Esses resultados estão de acordo com os relatados por outros autores em avaliação da distribuição do sistema radicular de gramíneas forrageiras com o processamento de imagens digitais, os quais indicaram que o incremento na adubação nitrogenada proporcionou aumento no comprimento e na superfície radicular das gramíneas forrageiras (LAVRES JÚNIOR; MONTEIRO, 2002; SANTOS JÚNIOR; MONTEIRO, 2003).

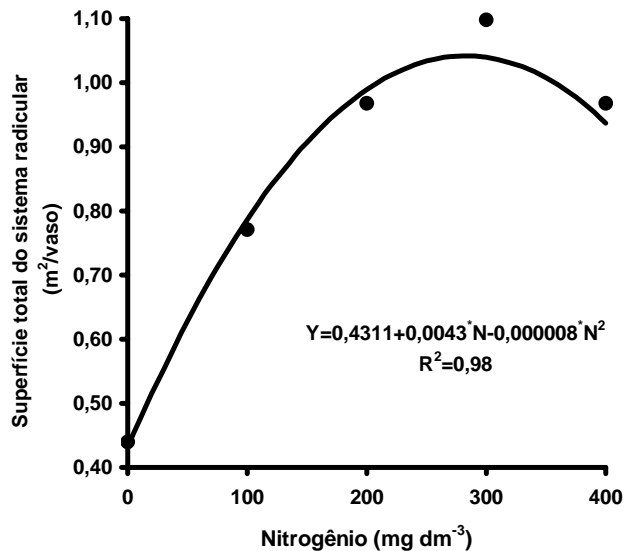


Figura 20 – Superfície total do sistema radicular do capim-Braquiária, no terceiro corte, em função das doses de nitrogênio

* Significativo a 5%, respectivamente.

O desenvolvimento do sistema radicular pode sofrer grande influência das condições ambientais, como também dos fatores edáficos ou do substrato onde as raízes estão presentes, refletindo assim no desenvolvimento da parte aérea da planta (LAVRES JÚNIOR; MONTEIRO, 2002). Nessa gama de influências, a disponibilidade de nutrientes exerce papel fundamental no estabelecimento, desenvolvimento e na recuperação do sistema radicular. Esse desenvolvimento do sistema radicular pode ser um indicador da condição de uma pastagem, pois a quantidade de raízes varia em função do grau de degradação. O comprimento e a superfície das raízes têm sido apontados como atributos representativos do vigor do sistema radicular, sendo encontradas altas correlações entre esses atributos das raízes e absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular das plantas forrageiras (CORSI et al., 2001).

No presente trabalho, pode-se observar que o nitrogênio proporcionou aumento na massa seca, no comprimento e na superfície total do sistema radicular, contribuindo efetivamente para a recuperação do capim-Braquiária. Deve ser destacado que quanto maior o comprimento e a superfície do sistema radicular, maior volume de solo explorado pelas raízes e conseqüentemente, maior a absorção de água e nutrientes.

3.4 Conclusões

As doses combinadas de nitrogênio e de enxofre são determinantes para o número de perfilhos, produção de massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais bainhas no primeiro corte do capim e para a relação lâminas foliares:colmos mais bainhas no segundo crescimento do capim;

A adubação com nitrogênio tem efeito isolado para o número de perfilhos, produção de massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais bainhas no segundo e no terceiro corte do capim;

O número de folhas do capim-Braquiária é influenciado pelas doses de nitrogênio e de enxofre de forma isolada, no primeiro corte e pelas doses de nitrogênio no segundo e no terceiro corte;

As relações entre as doses de nitrogênio e as de enxofre para obtenção das máximas produções de massa seca, de maneira geral, estão em torno de 10:1;

O incremento na adubação nitrogenada proporciona recuperação do sistema radicular do capim, aumentando a produção de massa, o comprimento e a superfície das raízes do capim-Braquiária.

Referências

ALEXANDRINO, E. **Crescimento e características químicas e morfológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a cortes e diferentes doses de nitrogênio.** 2000. 132 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

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

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

BONFIM-SILVA, E.M. **Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf. Cv. Marandu em solos de referência de Pernambuco.** 2002. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

CHAPMAN, D.F.; LAMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: NZGA, 1993. p. 95-104.

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

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; PAGOTO, D.S. Sistema radicular: dinâmica e respostas a regime de desfolha. In: MATTOS, W.R.S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros.** Piracicaba: FEALQ, 2001, cap. 56, p. 838-852.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 365-371, 1994.

FAQUIN, V. HOFFMANN, C.R.; EVANGELISTA, A.R.; GUEDES, G.A.A. O potássio no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um Latossolo da região noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 87-97, 1995.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Anualpec 2003**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2003. p.55-56: Pastagens garantem o futuro da pecuária leiteira.

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

JACQUES, A.V.A. Caracteres morfo-fisiológicos e suas implicações com o manejo. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F. (Ed.). **Capim-Elefante**: produção e utilização. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1994. p. 331-347.

LANGER, R.H.M. Tillering in herbage grasses. **Herbage Abstract**, Wallington, v. 33, p. 141-148, 1963.

LAUDE, H.M. External factors tiller development In: YOUNGNER, U.B., McKELL, C.M. (Ed.). **The biology and utilization of grasses.** New York: Academic Press, 1972. cap. 11, p. 146-154.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-Mombaça. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 102-114, 2002.

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.

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

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação In: SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL. 1999, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBCS, 1999. p. 137-150.

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

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

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

MYERS, R.K.; ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics: maitaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, Peack Crossing, v. 25, p. 104-110, 1991.

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

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

RUGGIERI, A.C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Características de crescimento e produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. cv. Marandu em função de níveis de nitrogênio e regimes de corte. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 51, p. 149-155, 1994.

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

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

SAS Institute. **The SAS system for Windows**, Release 6.08 SAS Institute: Cary, NC, 1996, 633p.

SCHIAVUZZO, P.F. LAVRES JÚNIOR, J. MONTEIRO, F.A. Respostas fisiológicas do capim-marandu ao suprimento de nitrogênio. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 7., 1999,. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1999. p. 313.

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

SOUZA NETO, J.M.; PEDREIRA, C.G.S. Caracterização do grau de degradação de pastagem In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 7-29.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WILKINS, R.J. The potentials digestibility of cellulose in forage and farces. **Journal of Agricultural Science**, Alberdeen, v. 73, n. 1, p. 57-64, 1969.

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

4 SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO E ENXOFRE E NUTRIÇÃO NESSES NUTRIENTES NO CAPIM-BRAQUIÁRIA PROVENIENTE DE ÁREA DE PASTAGEM EM DEGRADAÇÃO

Resumo

Suprimento de nitrogênio e enxofre e nutrição nesses nutrientes no capim-Braquiária proveniente de área de pastagem em degradação

O nitrogênio e o enxofre têm proporcionado alteração no aspecto nutricional das gramíneas forrageiras quanto a esses dois nutrientes. Objetivou-se avaliar os efeitos de combinações de doses de nitrogênio com doses de enxofre nas características nutricionais desses dois nutrientes no capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*), coletado em cilindros com planta mais solo, proveniente de uma área de pastagem em degradação em Neossolo Quartzarênico. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em Piracicaba, SP, no período de novembro de 2003 a março de 2004. Foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 mg dm⁻³) e cinco doses de enxofre (0; 10; 20; 30 e 40 mg dm⁻³), as quais foram combinadas em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5² fracionado. Foram realizados três cortes nas plantas. O capim-Braquiária tem dependência da combinação de doses de nitrogênio e de enxofre para o valor SPAD apenas no primeiro crescimento, com efeito isolado das doses de nitrogênio no segundo e no terceiro crescimentos. As concentrações de nitrogênio e de enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas e na parte aérea atingiram máximos valores quando maiores doses foram aplicadas ao solo. As concentrações de nitrogênio e de enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas responderam de forma semelhante à parte aérea total do capim-Braquiária, em termos de doses de nitrogênio e de enxofre supridas ao solo. A baixa relação N:S observada na ausência da aplicação do nitrogênio indicou maior deficiência de nitrogênio do que de enxofre. A aplicação principalmente de nitrogênio, mas também de enxofre, influenciou o estágio nutricional do capim-Braquiária, em termos desses dois nutrientes.

Palavras-chave: concentração, relação nitrogênio:enxofre, *Brachiaria decumbens*

Abstract

Nitrogen and sulphur supply and plant nutrition for these nutrients in Signal grass from an area of degrading pasture

Nitrogen and sulphur supply has changed the nutritional status of the forage grasses as far as these nutrients are concern. The objective was to determine the effects of combined rates of nitrogen and sulphur on the nutritional status of these nutrients in Signal grass (*Brachiaria decumbens*) taken from an aerea of degrading pasture in an Entisol. The experiment was conducted in a greenhouse, at Piracicaba – SP, State, Brazil, from November 2003 to March 2004. Five rates of nitrogen (0; 100; 200; 300 and 400 mg dm⁻³) were combined with five rates of sulphur (0; 10; 20; 30 and 40 mg dm⁻³) in a response surface methodology based on a central composite design from a fractional 5² factorial. Plants were harvested three times. SPAD values changed with combined rates of nitrogen and sulphur at the first growth, and with nitrogen rates at the second and third growths. Nitrogen and sulphur concentrations in the newly expanded leaf

lamina: and in plant tops reached their maximum when maximum rates of these of these nutrients were applied. Responses to the nitrogen and sulphur applications were similar between the newly expanded leaf lamina and plant tops. Very low N:S ratio was found in plant tissues when nitrogen was not applied suggested higher demand for nitrogen than for sulphur. The application mainly of nitrogen, but also of sulphur, affected the nutritional status of signal grass and the recovery of this grass.

Keywords: concentration, nitrogen:sulphur ratio, *Brachiaria decumbens*

4.1 Introdução

As gramíneas do gênero *Brachiaria* ocupam posição de destaque na pecuária brasileira, mas, a exploração extrativista dos agropecuaristas tem levado essas pastagens à degradação (RODRIGUES, 2002). Assim, torna-se necessário buscar meios de recuperar essas pastagens, e a reconstituição da fertilidade do solo é uma prioridade.

O suprimento de nutrientes constitui-se em importante fator na nutrição de forragem, tendo em vista que a disponibilidade de nutrientes exerce grande influência na nutrição da planta, que por sua vez reflete na produção e na recuperação do capim. Nesse contexto, a deficiência de nitrogênio tem sido apontada como uma das principais causas de degradação de pastagens e, por outro lado, também existe a necessidade de se atentar para o enxofre, principalmente quando se aplica dose mais elevada de nitrogênio (BATISTA, 2002; SILVEIRA; MONTEIRO, 2003).

O nitrogênio é o grande responsável pela melhoria nas características nutricionais das gramíneas forrageiras e o seu efeito tem mostrado ser dependente do enxofre (MATTOS; MONTEIRO, 2003). O enxofre, assim como o nitrogênio, é de extrema importância para a nutrição da forrageira, por ser componente dos aminoácidos cisteína, cistina e metionina. Além disso, faz parte da ferredoxina, molécula transferidora de elétrons envolvida na fotossíntese (MENGEL; KIRKBY, 2001). O equilíbrio entre a quantidade de nitrogênio e de enxofre no solo e na planta é importante porque reflete no estado nutricional do vegetal.

Na ocorrência da deficiência de enxofre na planta ocorre redução na concentração de nitrogênio, restringindo o crescimento da mesma. A membrana celular também necessita de enxofre em suas funções, pois os sulfolipídios, que são essenciais para a composição da mesma, estão intimamente envolvidos na organização de clorofila na lamela do cloroplasto. O enxofre também faz parte de compostos que transmitem sabores e odores aos vegetais, os quais são importantes na aceitabilidade da forrageira pelos animais. Desse modo, o fornecimento adequado de enxofre para as plantas forrageiras deverá além de visar a maximização da produção, também

aumentar o conteúdo de aminoácidos sulfurados no capim (VITTI; NOVAIS, 1986).

Com base na hipótese que determinadas combinações de nitrogênio e enxofre na adubação são apropriadas para influenciar as características nutricionais do capim-Braquiária, a ponto de resultar em adequada recuperação desta pastagem em degradação, objetivou-se avaliar a influência das combinações de doses de nitrogênio e de enxofre em características nutricionais desses nutrientes no capim-Braquiária em degradação.

4.2 Desenvolvimento

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação em Piracicaba, Estado de São Paulo, no período de novembro de 2003 a março de 2004. Optou-se por realizar esse experimento em condições controladas em vista da possibilidade de estudar uma ampla série de combinações entre doses de cada um dos nutrientes, evitando interferências de animais em pastejo, além de garantir o fornecimento de água e de temperatura ambiente adequados para o desenvolvimento das plantas.

Coletaram-se amostras de capim-Braquiária + solo em cilindros de 15 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade, em um Neossolo Quartzarênico, numa pastagem em degradação, na Fazenda Agrícola Brejo das Almas, no município de Santa Maria da Serra, SP. Essas amostras de solo e plantas foram colocadas em vasos plásticos, conforme técnica descrita por Mattos e Monteiro (2003). Durante o período de 30 dias as plantas foram adaptadas e os vasos homogeneizados nos blocos experimentais, utilizando o critério de uniformidade das plantas e local de coleta das amostras em campo. Realizou-se um corte de uniformização das plantas a 5 cm do colo das plantas e, em seguida, foram aplicados os tratamentos.

As características químicas da amostra superficial (0-20 cm) do solo coletado na área de pastagem em degradação, antes da aplicação dos tratamentos foram: pH (CaCl₂) = 5,43; M.O. e N-total = 28 e 1,75 g kg⁻¹, respectivamente; N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ = 8,40 e 2,80 mg kg⁻¹, respectivamente; P - resina e S - sulfato = 4,03 e 4,32 mg dm⁻³, respectivamente; S - total = 150 g kg⁻¹; K; Ca; Mg; H+Al; SB e CTC = 2,28; 14,60; 10,40; 28,20; 27,28 e 55,48 mmol_c dm⁻³, respectivamente; V e m = 49,17 e 11,83 %, respectivamente.

Foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 mg dm⁻³) e cinco de enxofre (0; 10; 20; 30 e 40 mg dm⁻³), as quais foram combinadas em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5²

fracionado, de acordo com Littell e Mott (1975). Assim, empregaram-se as seguintes 13 combinações de nitrogênio com enxofre (em mg dm^{-3}): 0, 0; 0, 20; 0, 40; 100, 10; 100, 30; 200, 0; 200, 20; 200, 40; 300, 10; 300, 30; 400, 0; 400, 20 e 400, 40. O nitrogênio foi fornecido como nitrato de amônio (NH_4NO_3) e o enxofre como sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sendo a quantidade de cálcio equilibrada em todas as parcelas experimentais pelo emprego de cloreto de cálcio (CaCl_2). Após o corte de uniformização foram aplicados: fósforo (CaH_2PO_4 e KH_2PO_4) de 200 mg dm^{-3} , potássio (KH_2PO_4 e KCl) de 150 mg dm^{-3} e magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) de 50 mg dm^{-3} . As adubações com nitrogênio, enxofre e potássio foram repetidas após cada corte das plantas, enquanto a adubação com magnésio foi de 20 mg dm^{-3} . A adubação básica com os micronutrientes foi realizada com aplicação de reagentes analíticos nas seguintes fontes e quantidades: H_3BO_3 de $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de $2,5 \text{ mg dm}^{-3}$, ZnCl_2 de $2,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de $0,25 \text{ mg dm}^{-3}$, realizada uma vez após o corte de uniformização. As adubações com macronutrientes foram estabelecidas em função da análise de solo e as adubações com micronutrientes adaptadas de Mattos e Monteiro (2003). As adubações foram realizadas em forma de solução, com exceção do CaH_2PO_4 que foi aplicado na forma de pó devido a sua baixa solubilidade.

Os vasos foram distribuídos segundo o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições e a temperatura média na casa-de-vegetação durante o período experimental de 30°C . As leituras de temperaturas foram iniciadas a partir da aplicação dos tratamentos. A umidade dos vasos foi mantida por meio de um sistema autoirrigante por tensão controlada composto por cápsula de porcelana porosa, adaptado de Bonfim-Silva (2002).

Aos 20 dias após cada aplicação das combinações de nitrogênio e enxofre foi realizada a leitura das unidades SPAD (com o emprego do clorofilômetro SPAD-502) em cinco lâminas da segunda folha completamente desenvolvida do ápice para a base das plantas, em cada unidade experimental no primeiro, segundo e no terceiro crescimento. Assim, os espectros de absorção foram determinados com base na quantidade de luz transmitida pela folha amostrada em dois comprimentos de onda, sendo nas áreas do vermelho em 650 nm e em infravermelho em 940 nm , onde os picos de absorção são máximos e mínimos, respectivamente. A luz transmitida é convertida em sinais elétricos, que são digitalizados e microprocessados para cálculo em valor SPAD da medida de clorofila (MINOLTA CAMERA CO, 1989).

Foram realizados três cortes na parte aérea das plantas, a cada 30 dias após a aplicação das

doses dos nutrientes. A altura de corte foi de 5 cm do colo da planta para o primeiro e segundo cortes e rente ao colo da planta no terceiro corte. Em cada um dos cortes procedeu-se à separação da parte aérea em lâminas foliares e colmos mais bainhas. Após o terceiro corte das plantas, as raízes foram separadas do solo e lavadas em água corrente sobre um conjunto de peneiras com malhas de 1,00 e 0,25 mm. O material vegetal coletado nos três cortes foi secado em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até massa constante, sendo posteriormente pesado em balança de precisão.

As concentrações de nitrogênio total e de enxofre total foram determinadas no material vegetal nos três cortes, segundo a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974), nas lâminas de folhas recém-expandidas (parte diagnóstica) e nos demais componentes da parte aérea do capim (composta de folhas em expansão, lâminas de folhas maduras, colmos mais bainhas e inflorescências). Foram obtidas por cálculos as médias ponderadas das concentrações de nitrogênio total e de enxofre total na parte aérea do capim. A relação N:S em cada parte foi obtida por meio de cálculo.

Todos os resultados receberam o recomendado tratamento estatístico, com análise em superfície de resposta através do emprego do “Statistical Analysis System” (SAS, 1996). Inicialmente foi realizada a análise de variância para as combinações das doses de nitrogênio e de enxofre e, em função da significância da interação entre essas doses no teste F, efetuou-se o estudo de regressão polinomial (superfície de resposta) por meio do procedimento RSREG. Nos casos em que a interação entre doses de nitrogênio e de enxofre não foi significativa, efetuou-se o estudo de regressão de primeiro e segundo grau, por meio do comando GLM. Utilizou-se o nível de significância de 5 % em todos os testes estatísticos.

No caso do estudo de regressão polinomial, as doses de nitrogênio e de enxofre responsáveis pelos máximos valores foram obtidas por meio da saída de resultados da análise estatística. Para o estudo de regressão de segundo grau as doses de nitrogênio ou de enxofre responsáveis pelos máximos valores foram obtidas por meio de derivada.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Leituras do valor SPAD

No primeiro crescimento, a análise de variância para o valor SPAD nas lâminas recém-expandidas foi significativa para interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre, ajustando-se

a modelo polinomial de regressão. Por meio do estudo de superfície de resposta constatou-se que a dose de nitrogênio de 526 mg dm⁻³ associadas à dose de enxofre de 14 mg dm⁻³, proporcionariam os máximos valores de leituras SPAD (Figura 1).

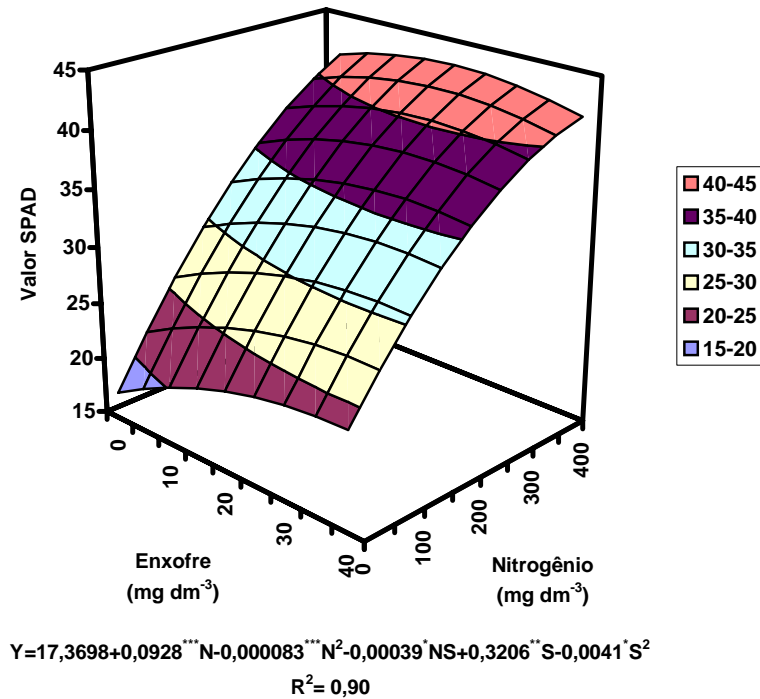


Figura 1 - Leituras do valor SPAD do capim-Braquiária, no primeiro crescimento, em função das adubações com combinação de doses de nitrogênio e de enxofre
 ***, ** e * Significativo a 0,1; 1 e 5%, respectivamente.

Pode-se observar que a dose de nitrogênio para o máximo valor SPAD nesse primeiro crescimento empregada no experimento excedeu a maior dose do intervalo experimental e que o enxofre mesmo em baixa dose já proporcionaria o máximo valor de leitura SPAD. Esses resultados concordam com os de Batista (2002), no segundo crescimento do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv Marandu), em que os máximos valores de leituras SPAD foram observados em dose de nitrogênio que também excedeu a maior dose do intervalo experimental.

Mattos e Monteiro (2003), observando valores SPAD para o capim-Braquiária nas doses de nitrogênio de 50, 100 e 200 mg dm⁻³, verificaram que o máximo valor SPAD foi obtido quando se aplicou a dose de enxofre de 47 mg dm⁻³.

Os resultados de valor SPAD observados no primeiro crescimento do capim-Braquiária demonstram a necessidade do equilíbrio na relação N:S. Esse equilíbrio entre as doses de

nitrogênio e de enxofre foi também verificado por Batista (2002), Rodrigues (2002) e Mattos e Monteiro (2003).

No segundo e terceiro crescimentos houve efeito significativo para as leituras do valor SPAD apenas para as doses de nitrogênio, com os resultados ajustando-se a modelo linear de regressão nos dois crescimentos do capim (Figuras 2 e 3).

Os maiores valores SPAD foram observados no segundo e terceiro crescimentos do capim, na maior dose de nitrogênio empregada no experimento (400 mg dm^{-3}), sendo os valores SPAD de 47 e 42, respectivamente.

Santos (1997) verificou os máximos valores SPAD de 50 e 52 nas lâminas de folhas recém-expandidas, para o primeiro e segundo crescimento do capim-Braquiária, os quais corresponderam às doses de 330 e 442 mg L^{-1} . Colozza (1998) encontrou valores críticos de SPAD entre 32 e 52 para o capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). Lavres Júnior e Monteiro (2002), em estudo com capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e de potássio, obtiveram no segundo crescimento do capim valores médios de 20 e 39 unidades SPAD para condição de dose mais baixa, e na mais alta de nitrogênio o máximo valor SPAD ocorreu na dose de nitrogênio de 486 mg L^{-1} .

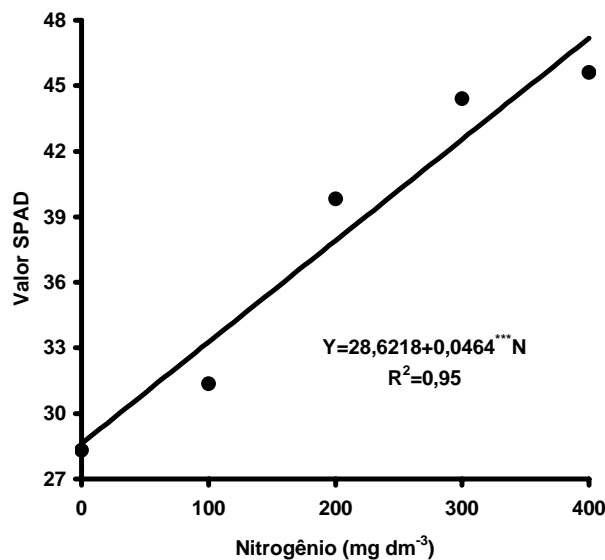


Figura 2 - Leituras do valor SPAD do capim-Braquiária, no segundo crescimento, em função da adubação com doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1 %.

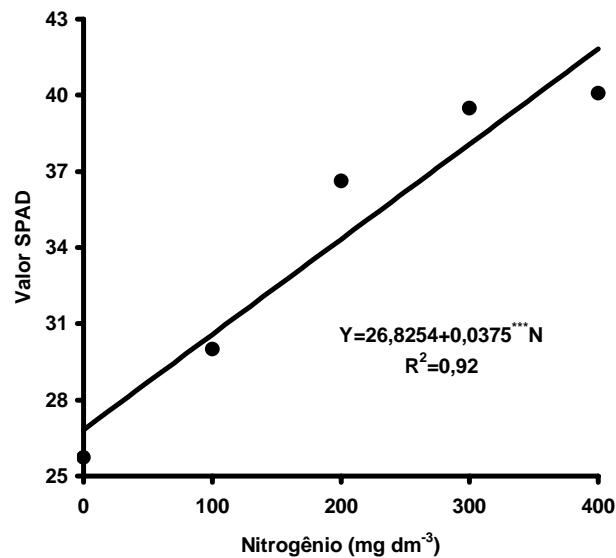


Figura 3 - Leituras do valor SPAD do capim-Braquiária, no terceiro crescimento, em função da adubação com doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1 %.

4.3.2 Concentração de nitrogênio nas folhas recém-expandidas

A análise de variância para a concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária não apresentou significância para interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre, nos três cortes estudados. No entanto, foi observada resposta significativa nessa variável apenas para as doses de nitrogênio nos três cortes do capim.

A concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas no primeiro, segundo e terceiro corte ajustou-se a modelo de regressão de primeiro grau (Figuras 4, 5, 6). Desse modo, a máxima concentração de nitrogênio nessas lâminas foliares foi obtida quando a maior dose de nitrogênio foi aplicada. A variação nessa concentração entre a condição em que não se aplicou nitrogênio e a maior dose do nutriente esteve entre 8,98 e 25,41; 15,33 e 28,17; 13,92 e 30,99 g kg⁻¹, respectivamente, para o primeiro, segundo e o terceiro corte.

Santos (1997) observou variação linear na concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas no primeiro corte do capim-Braquiária em implantação e submetido a doses de nitrogênio em solução nutritiva, com variação entre 12,6 e 27,5 g kg⁻¹.

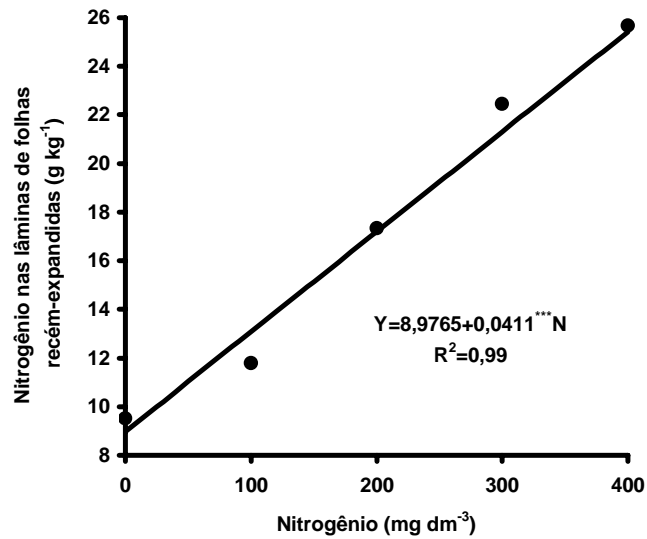


Figura 4 - Concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

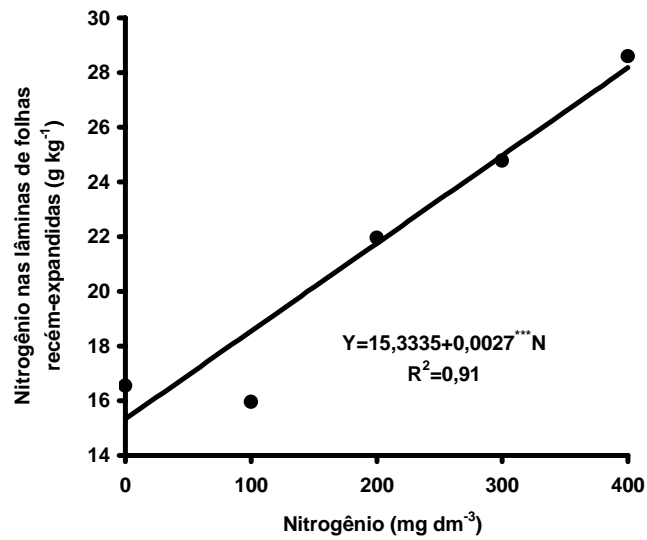


Figura 5 - Concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária, no segundo corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

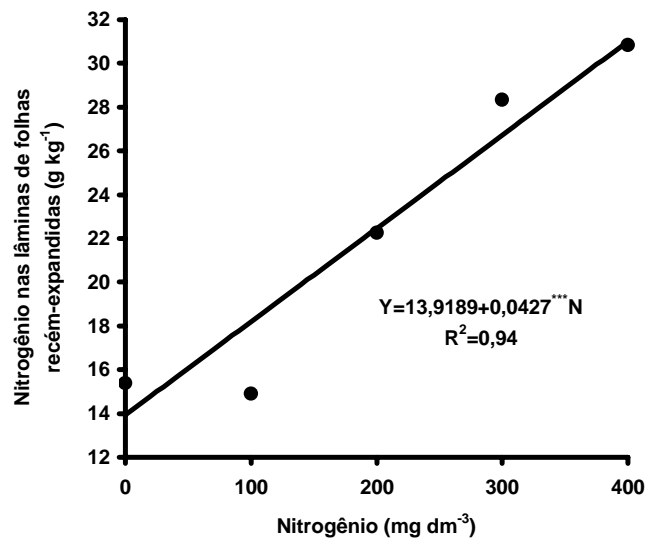


Figura 6 - Concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária, no terceiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

A concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária em função da aplicação de nitrogênio, foi estudada por Rodrigues (2002), que verificou variação de 11,31 a 36,35 g kg⁻¹ na concentração observada nas condições de não aplicação do nutriente e na dose de nitrogênio de 992,7 mg kg⁻¹, na qual se obteve o ponto de máxima concentração. Mattos e Monteiro (2003) observaram incremento linear na concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária até a dose de nitrogênio de 200 mg dm⁻³ (máxima dose do intervalo experimental).

Batista (2002), estudando a interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre para o capim-Marandu, verificou que as concentrações de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas, no primeiro corte, ajustaram-se a modelo quadrático de regressão, com máxima concentração de 31,0 g kg⁻¹. No segundo corte do capim, a concentração de nitrogênio nessa parte da planta ajustou-se a modelo de regressão de primeiro grau, com intervalo de 9,5 e 16,9 g kg⁻¹ entre a menor e a maior dose de nitrogênio.

Em estudos realizados por Colozza et al. (2000), com capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana) submetido a doses de nitrogênio, foi observado que à medida que se aumentou a dose de nitrogênio ocorreu o incremento da concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim, com ajuste dos resultados a modelo linear de regressão.

4.3.3 Concentração de nitrogênio na parte aérea total

A concentração de nitrogênio na parte aérea total do capim-Braquiária não apresentou significância para a interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre, nos três cortes. No entanto, houve efeito isolado das doses de nitrogênio, com ajuste a modelo de regressão de primeiro grau (Figuras 7, 8 e 9).

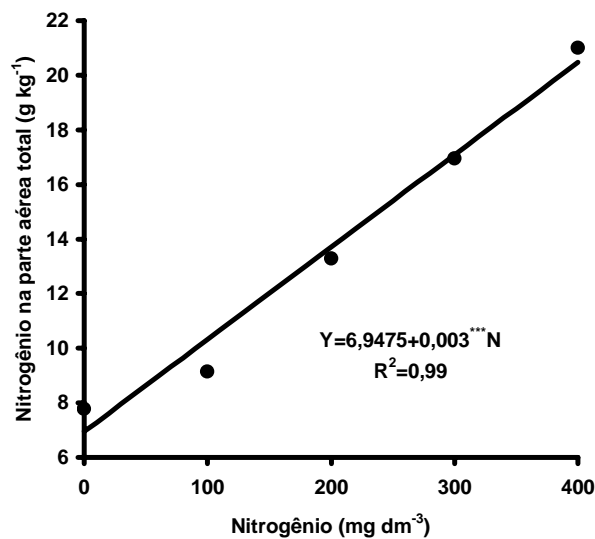


Figura 7 - Concentração média de nitrogênio na parte aérea do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

Pode-se observar que a variação dessas concentrações entre a não aplicação de nitrogênio e a maior dose empregada (400 mg dm⁻³) foi de 6,95 e 20,99; 12,22 e 22,96; 6,82 e 20,58 g kg⁻¹, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro cortes do capim. Na ausência da aplicação de nitrogênio a concentração desse nutriente representou 33; 53 e 33 % da maior dose do intervalo experimental, respectivamente nos três cortes do capim-Braquiária. Foram observados sintomas visuais de deficiência de nitrogênio, caracterizado pela clorose generalizada das folhas velhas, tendo isto sido constatado pela baixa concentração nas plantas que não receberam adubação com nitrogênio.

Esses resultados corroboram os encontrados por Hoffmann (1992), para capim-Braquiária com doses de nitrogênio variando de 0 a 500 mg kg⁻¹ em um Latossolo Vermelho Escuro, no qual observou a variação na concentração de nitrogênio, na parte aérea do capim, de 6,0 a 26,8 g kg⁻¹, respectivamente para as doses de 0 a 500 mg kg⁻¹.

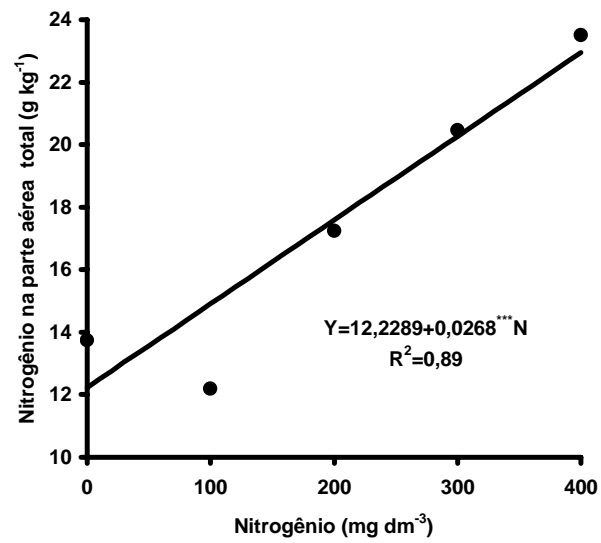


Figura 8 - Concentração média de nitrogênio na parte aérea do capim-Braquiária, no segundo corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

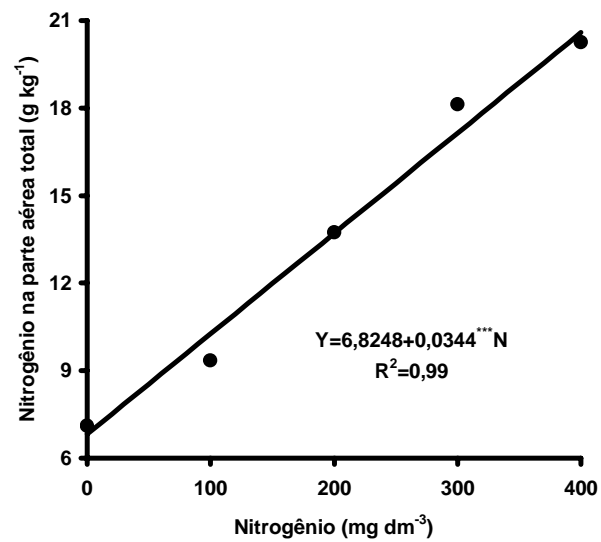


Figura 9 - Concentração média de nitrogênio na parte aérea total do capim-Braquiária, no terceiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

Carvalho et al. (1991) observaram que a concentração de nitrogênio no capim-Braquiária foi incrementada linearmente com a aplicação das doses de nitrogênio, atingindo valores de 17 a 21 g kg⁻¹ de massa seca.

Fonseca et al. (1984) verificaram, em pastagem estabelecida de capim-Coastcross (*Cynodon dactylon*) submetida a doses de nitrogênio de 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹, aumento linear na concentração de nitrogênio na parte aérea até a máxima dose empregada.

Premazzi e Monteiro (2002), em estudos com capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp), submetido a doses de nitrogênio, demonstraram variação na concentração de nitrogênio na parte aérea de 7,84 a 23,24 g kg⁻¹, para amplitude das doses de nitrogênio de 0 a 240 mg kg⁻¹.

Um aspecto importante a ser considerado no presente trabalho é a capacidade responsiva do capim-Braquiária à adubação nitrogenada, elevando a concentração de nitrogênio para valores considerados adequados para o desenvolvimento da forrageira e contribuindo efetivamente para a recuperação da pastagem.

Soares Filho et al. (1992), ponderaram que a maioria das pastagens de capim-Braquiária do Estado de São Paulo encontrava-se em estágio de degradação devido ao esgotamento da fertilidade do solo, associado ao manejo inadequado da forrageira. Assim, todos os nutrientes podem ser limitantes numa dada condição de pastagem, mas no caso de degradação tem sido freqüente a limitação por nitrogênio (SOARES FILHO, 1993; RODRIGUES, 2002; MATTOS; MONTEIRO, 2003).

4.3.4 Concentração de nitrogênio nas raízes

Na concentração de nitrogênio nas raízes do capim-Braquiária a interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre não foi significativa. No entanto, respostas significativas foram observadas apenas para o estudo isolado das doses de nitrogênio, com ajuste a modelo de regressão de primeiro grau (Figura 10).

Pode-se observar que na não aplicação de nitrogênio, a concentração desse nutriente nas raízes foi de 5,85 g kg⁻¹, enquanto que a maior concentração foi de 8,41, observada na dose 300 mg dm⁻³. Observou-se que a maior dose do intervalo experimental resultou em concentração de 1,44 vezes maior do que a concentração nas raízes das plantas que não receberam adubação com nitrogênio. Na verdade, em presença de maior quantidade de nitrogênio no solo, as raízes também passam funcionar como órgão armazenador desse nutriente (COLOZZA, 1998). Os resultados no

presente trabalho estão situados abaixo daqueles observados por Santos (1997) para implantação desse capim, cuja concentração máxima do nitrogênio nas raízes foi de $10,90 \text{ g kg}^{-1}$. Colozza (1998) observou concentrações de nitrogênio de $6,55$ a $19,37 \text{ g kg}^{-1}$ nas raízes de capim-Mombaça (também em fase de implantação), respectivamente para ausência de aplicação de nitrogênio e para a dose de 400 mg kg^{-1} em Latossolo Vermelho-Amarelo.

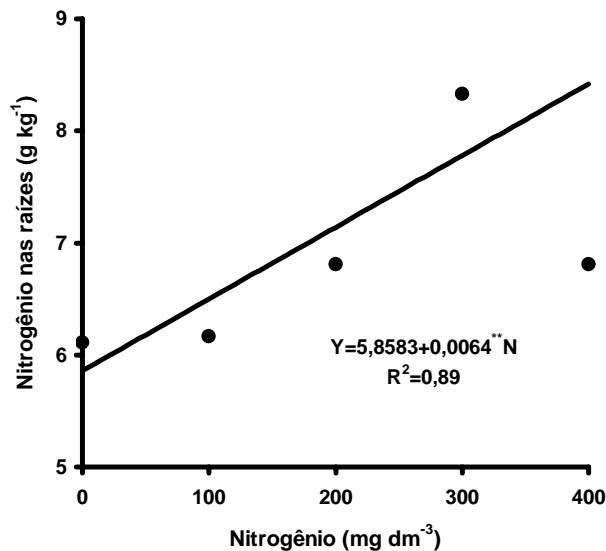


Figura 10 - Concentração nitrogênio nas raízes do capim-Braquiária, no terceiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 ** Significativo a 1 %.

Lavres Júnior e Monteiro (2002) constataram que a concentração de nitrogênio nas raízes do capim-Mombaça variou numa amplitude de $10,1$ a $16,5 \text{ g kg}^{-1}$ na variação das combinações com mais baixa dose de nitrogênio e de potássio às de mais altas doses desses dois nutrientes. No entanto, a concentração mais elevada de nitrogênio nas raízes foi de $24,5 \text{ g kg}^{-1}$, encontrada nas doses de nitrogênio e de potássio de $462,0$ e $19,5 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente.

Batista (2002) demonstrou, por meio de regressão polinomial que a concentração de nitrogênio no tecido radicular do capim-Marandu variou de $2,4$ a $29,5 \text{ g kg}^{-1}$, no intervalo de doses de nitrogênio em solução nutritiva de 14 a 462 mg L^{-1} . Observou que o aumento nas doses de nitrogênio implicou em elevação na concentração desse nutriente nas raízes do capim com as mais elevadas concentrações de nitrogênio ocorrendo nas mais altas doses do nitrogênio e baixas

doses de enxofre.

Pode-se observar que em trabalhos com formação de capins (SANTOS, 1997; COLOZZA, 1998; BATISTA, 2002; LAVRES JÚNIOR; MONTEIRO, 2002) a concentração de nitrogênio nas raízes chegou a valores bem mais elevados que os observados no presente trabalho. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que quando se implanta o capim e se fornece o nitrogênio, está se garantindo um adequado desenvolvimento das raízes e conseqüentemente maior capacidade de absorção, que resulta em maior concentração no tecido. No presente trabalho, as condições iniciais das raízes já eram limitantes para a absorção de nutrientes, uma vez que a disponibilidade de nitrogênio era baixa, e o sistema radicular possuía um desenvolvimento inadequado. Vale ressaltar, que com a aplicação de nitrogênio, a eficiência na absorção de nutrientes tende a aumentar à medida que surgirem novas raízes.

4.3.5 Concentração de enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas

A análise de variância não revelou significância para interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre na concentração de enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária, nas amostragens à época do primeiro, segundo e terceiro cortes do capim. No entanto, houve efeito isolado das doses de enxofre no primeiro e no segundo cortes do capim, com, ajuste dos resultados a modelo de regressão de primeiro grau (Figuras 11 e 12). Na amostragem do terceiro corte não houve efeito significativo para as doses de enxofre aplicadas ao solo. Observou-se que o intervalo de concentrações de enxofre nessas lâminas foliares variou entre 1,10 a 1,58 e 1,87 a 2,19 g kg⁻¹, respectivamente para o primeiro e segundo cortes. As concentrações de enxofre no presente trabalho estão próximas daquelas encontradas por Santos (1997), para capim-Braquiária submetido a doses desse nutriente em solução nutritiva.

Gallo et al. (1974), estudando as concentrações médias dos macronutrientes no capim-Braquiária, obtiveram concentração de enxofre de 1,42 g kg⁻¹ nas partes mais novas do capim. Entretanto, Mattos e Monteiro (2003) observaram no capim-Braquiária concentração de enxofre de 2,81 g kg⁻¹ nas lâminas de folhas recém-expandidas, que ocorreu na dose superior a maior dose do intervalo experimental (60 mg dm⁻³ foi a maior dose do intervalo experimental).

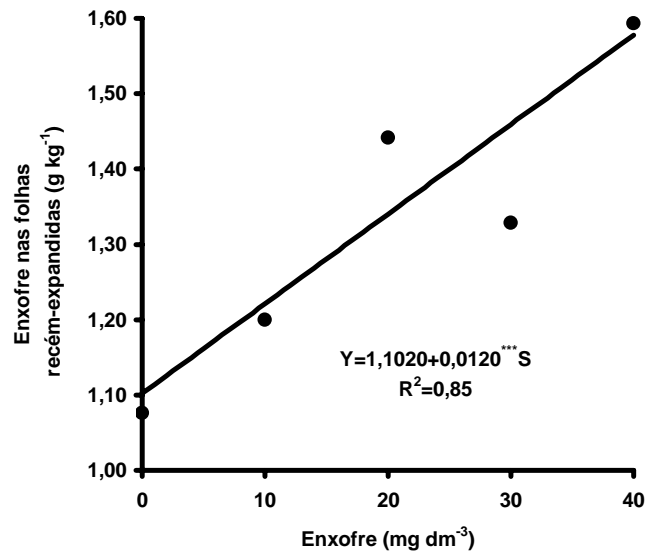


Figura 11 - Concentração de enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função da adubação com doses de enxofre
*** Significativo a 0,1 %.

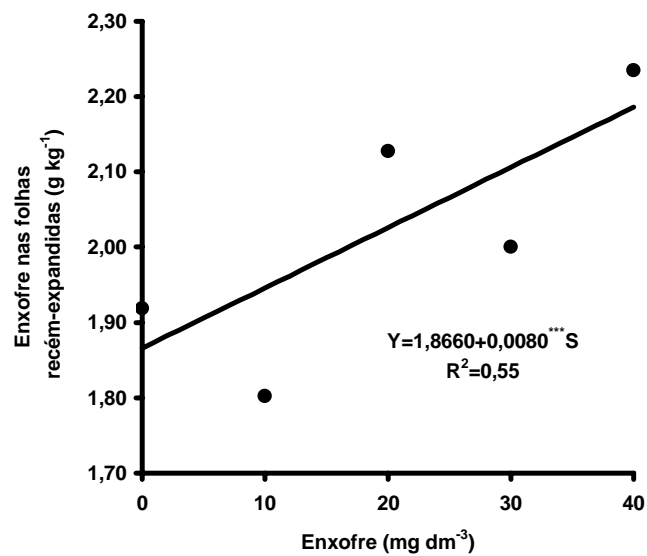


Figura 12 - Concentração de enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária no segundo corte, em função da adubação com doses de enxofre
*** Significativo a 0,1 %.

No terceiro corte a não significância para as doses de enxofre pode ter ocorrido devido a reserva desse nutriente nos colmos mais bainhas remanescentes dos cortes anteriores, e também pelas raízes terem sido suficientes para atender a demanda nutricional do capim (conforme descrito no Capítulo 3).

4.3.6 Concentração de enxofre na parte aérea

A interação entre o nitrogênio e o enxofre não apresentou significância para a concentração média de enxofre na parte aérea total do capim-Braquiária nos três cortes realizados. Para esta variável só foi possível observar significância do efeito das doses de enxofre aplicadas ao solo, com ajuste dos resultados a modelo de regressão de primeiro grau, no primeiro e no segundo cortes do capim (Figuras 13 e 14). No material coletado no terceiro corte foi observada significância para a concentração de enxofre na parte aérea, em função das doses de enxofre, com ajuste a modelo linear de regressão, porém com baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,43$). Os coeficientes de determinação para a relação entre concentração de enxofre na parte aérea e as doses de enxofre foram diminuindo a cada corte do capim, indicando uma diminuição da influência das doses de enxofre nessa concentração. A variação na concentração de enxofre na parte aérea entre a não aplicação de enxofre e a maior dose empregada foi de 1,12 a 1,79 e 1,72 a 2,31 g kg^{-1} , respectivamente, para o primeiro e segundo cortes do capim.

Hofmann (1992), estudando capim-Braquiária cultivado em um Latossolo Vermelho-Escuro, observou que a concentração de enxofre no capim-Braquiária variou de 0,6 a 3,4 g kg^{-1} no intervalo de doses enxofre de 0 a 160 mg kg^{-1} . Faquin et al. (1998) cultivaram os capins Marandu e Andropogon em um Latossolo variação Una de Minas Gerais e encontraram concentrações de 0,2 a 0,5 g kg^{-1} para ambos os capins, os quais foram acompanhados de sintomas típicos de deficiência desse elemento. Rodrigues (2002), trabalhando com o capim-Braquiária em estudo com doses de calcário, nitrogênio e enxofre, verificou que a concentração de enxofre no tecido em função das doses de enxofre foi de 0,90 a 2,44 g kg^{-1} . Monteiro et al. (1995), cultivando capim-Marandu em solução nutritiva, verificaram concentrações de 2,40 e 1,00 g kg^{-1} , respectivamente para o tratamento completo e de omissão de enxofre.

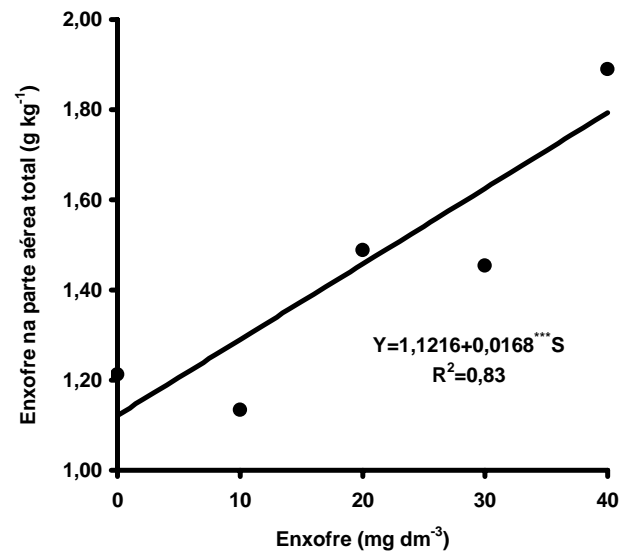


Figura 13 - Concentração média de enxofre na parte aérea total do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função da adubação com doses de enxofre
*** Significativo a 0,1 %.

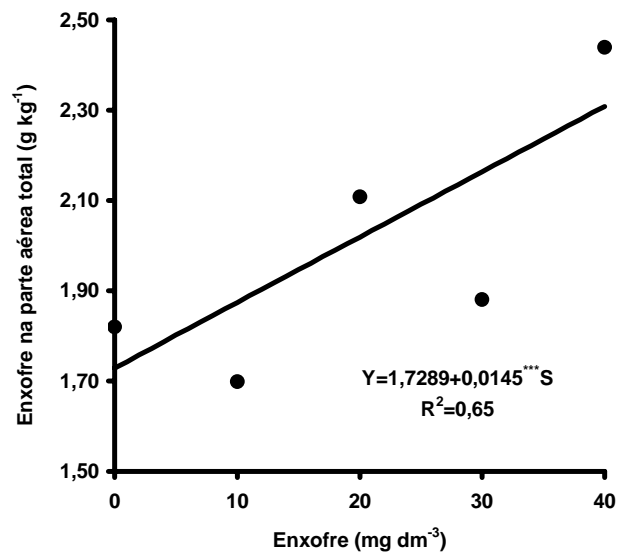


Figura 14 - Concentração média de enxofre na parte aérea total do capim-Braquiária, no segundo corte, em função da adubação com doses de enxofre
*** Significativo a 0,1 %.

4.3.7 Concentração de enxofre nas raízes

No estudo da interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre aplicadas ao solo não se observou significância para a concentração de enxofre nas raízes do capim-Braquiária. No entanto, essa significância foi observada para o estudo isolado das doses de nitrogênio, com ajuste a modelo quadrático de regressão (Figura 15). Essa variação na concentração esteve no intervalo de 2,29 a 1,61 g kg⁻¹, respectivamente para a ausência da aplicação do nitrogênio e para a dose de nitrogênio de 260 mg dm⁻³ (que proporcionou a mínima concentração de enxofre). Considerando que a máxima produção de raízes foi obtida na dose 275 mg dm⁻³ (conforme descrito no Capítulo 3), pode-se considerar que provavelmente a concentração de enxofre diminuiu devido ao efeito de diluição. Esses resultados estão próximos dos observados por Batista (2002) para capim-Marandu, que constatou redução na concentração de enxofre nas raízes com o incremento na dose de nitrogênio na solução nutritiva, variação esta, segundo modelo linear de regressão.

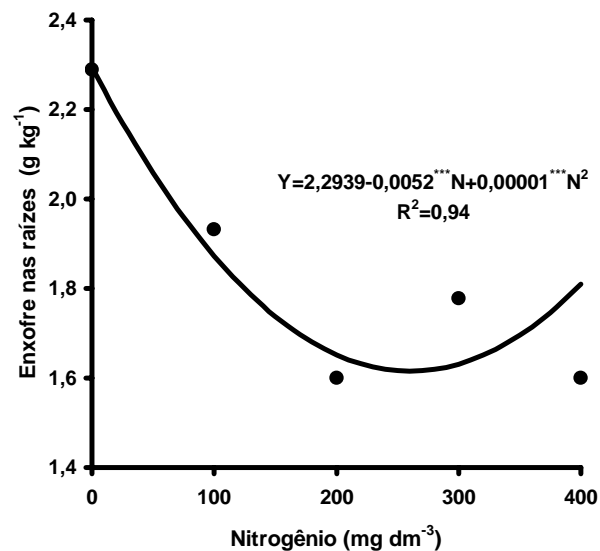


Figura 15 - Concentração de enxofre nas raízes do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
*** Significativo a 0,1 %.

4.3.8 Relação nitrogênio:enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas

A relação nitrogênio:enxofre (N:S) nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária não apresentou significância para interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre, nos três cortes da forrageira. No entanto, houve significância de maneira isolada das doses de nitrogênio, ajustando-se a modelo quadrático de regressão no primeiro e terceiro cortes e a modelo linear no segundo corte (Figuras 16, 17 e 18). Para o primeiro e terceiro crescimentos, as máximas relações N:S foram de 16,30:1 e de 16,19:1, obtidas nas doses de nitrogênio de 329,37 e de 394,83 mg dm⁻³, respectivamente.

Nos três cortes a relação N:S manteve-se em torno de 7:1 em plantas desenvolvidas sem adubação com nitrogênio. Considerando que a relação N:S adequada para o capim deve estar em torno de 14 a 15:1 (MONTEIRO; CARRIEL, 1987), o valor observado nesse estudo mostra que existia maior deficiência de nitrogênio que de enxofre. Isso possivelmente mostra a razão das plantas terem respondido mais à adubação com nitrogênio do que com enxofre.

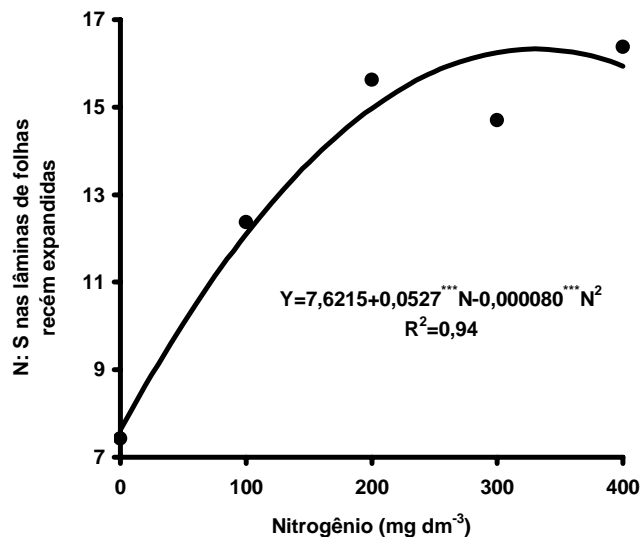


Figura 16 - Relação nitrogênio:enxofre (N:S) nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1 %.

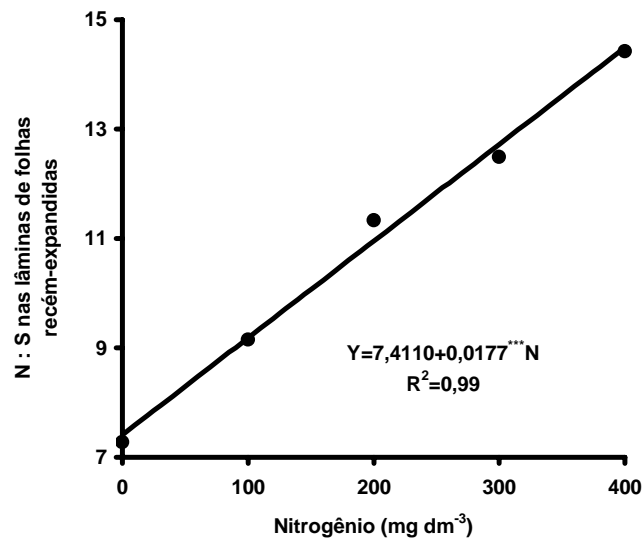


Figura 17 - Relação nitrogênio:enxofre (N:S) nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária, no segundo corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

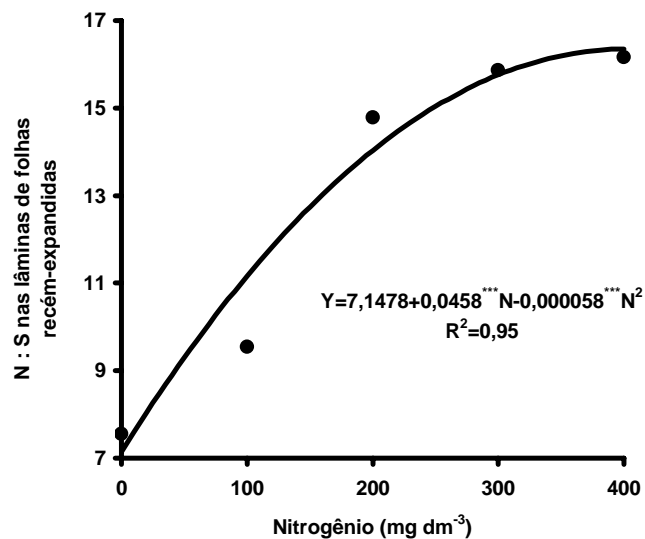


Figura 18 - Relação nitrogênio:enxofre (N:S) nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Braquiária no terceiro corte em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

Esses resultados estão de acordo com os discutidos por Braga (2001) para capim-Mombaça submetido a doses de nitrogênio e intervalos de corte, tendo ressaltado que a relação N:S respondeu de forma quadrática à aplicação de nitrogênio atingiu o ponto de máximo na dose de nitrogênio de 380 kg ha^{-1} . Batista (2002) relatou que a aplicação de baixa dose de nitrogênio resultou em crescimento reduzido e em uma estreita relação N:S (2,8:1) nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-Marandu, enquanto alta dose de nitrogênio na presença de baixa dose de enxofre proporciona deficiência de enxofre concomitantemente à larga relação N:S (37:2,1), naquelas lâminas foliares do capim.

4.3.9 Relação nitrogênio:enxofre na parte aérea

A relação nitrogênio:enxofre na parte aérea total do capim-Braquiária não apresentou significância para interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre, nos três cortes da gramínea. Entretanto, houve significância nos três cortes de maneira isolada das doses de nitrogênio, com ajuste de resultados a modelo quadrático de regressão no primeiro corte (Figura 19) e a modelo de regressão de primeiro grau no segundo e terceiro cortes (Figuras 20 e 21). Pode-se observar que no primeiro corte a máxima relação N:S foi de 13,7:1, obtida na dose de nitrogênio de $398,27 \text{ mg dm}^{-3}$. Dentro do intervalo experimental observou-se variação na relação N:S de 12,9:1 e 14,2:1 na maior dose de nitrogênio, respectivamente, para o segundo e terceiro cortes.

A relação N:S na parte aérea total ficou próxima daquela considerada ideal com a dose de nitrogênio perto da maior dose do intervalo experimental para gramíneas forrageiras que seria em torno de 14:1 a 15:1 quando a planta atinge a maturidade, sendo que a relação N:S de 20:1 revelaria deficiência de enxofre (MONTEIRO; CARRIEL 1987). A aplicação de gesso, fornecendo enxofre associado às doses de nitrogênio, a um solo do cerrado, resultou em respostas acentuadas do capim-Colonião (*Panicum maximum* cv. Colonião) ao enxofre, mas somente, quando o nitrogênio também foi empregado na adubação (HADDAD, 1983).

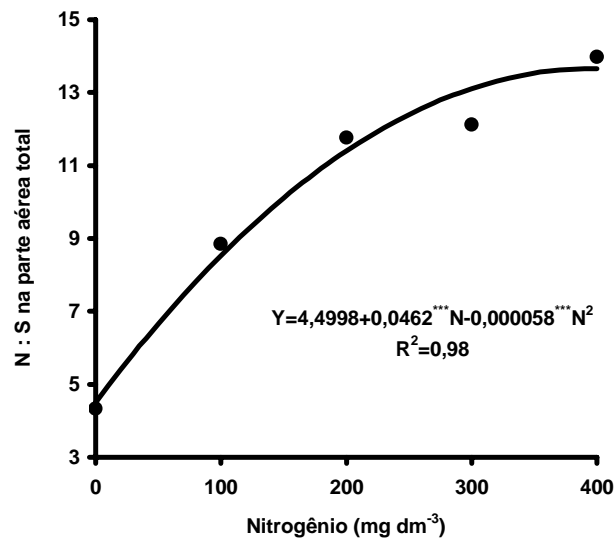


Figura 19 - Relação nitrogênio:enxofre (N:S) na parte aérea total do capim-Braquiária, no primeiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

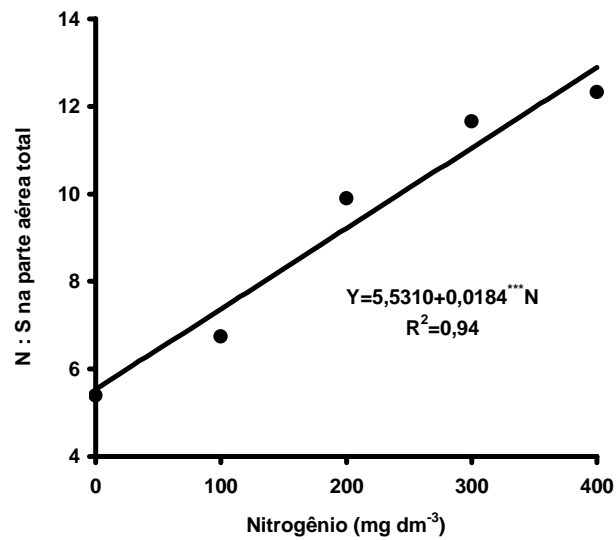


Figura 20 - Relação nitrogênio:enxofre (N:S) na parte aérea total do capim-Braquiária, no segundo corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

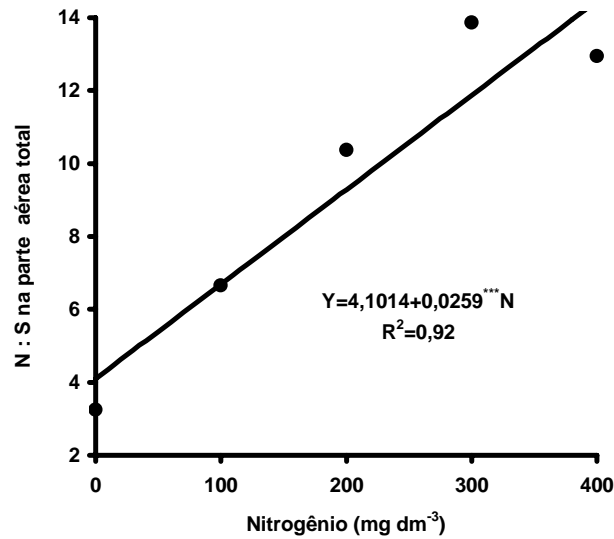


Figura 21 - Relação nitrogênio:enxofre (N:S) na parte aérea total do capim-Braquiária no terceiro corte em função da adubação com doses de nitrogênio
 *** Significativo a 0,1 %.

Braga (2001), estudando respostas do capim-Mombaça a doses de nitrogênio e intervalos de corte, relatou que a relação N:S variou de forma quadrática à aplicação de nitrogênio, atingindo o seu ponto de máximo na dose de nitrogênio de 380 kg ha⁻¹, observando aumento na relação com a elevação da dose de nitrogênio. A relação de 15:1, considerada como adequada, estaria mais próxima da dose mais elevada de nitrogênio que foi de 500 kg ha⁻¹.

O que pode ser verificado no presente trabalho é que para a avaliação do estado nutricional da planta, faz-se necessário considerar além dos resultados da análise foliar para concentração de enxofre, considerar também a relação N:S no tecido vegetal, conforme discutido por Monteiro et al. (2004).

4.3.10 Relação nitrogênio:enxofre nas raízes

A interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre não foi significativa para relação N:S nas raízes do capim-Braquiária. Porém, respostas significativas foram observadas para o estudo isolado das doses de nitrogênio, com ajuste a modelo de regressão de primeiro grau (Figura 22).

Considerando a situação de não aplicação de nitrogênio e aquela da máxima dose

nitrogênio do intervalo experimental, observou-se variação na relação N:S de 3,21:1 a 5,37:1, respectivamente. Esses resultados diferem dos observados por Monteiro (1986) em trabalho com *Paspalum* submetido à aplicação de enxofre, no qual observou que tanto na aplicação, como na não aplicação desse nutriente, a relação N:S do capim foi de 4,1:1. No entanto, esses resultados discordam dos de Batista (2002), que não obteve significância para relação N:S nas raízes do capim-Marandu tanto em termos de interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre, como para o estudo isolado das doses de nitrogênio.

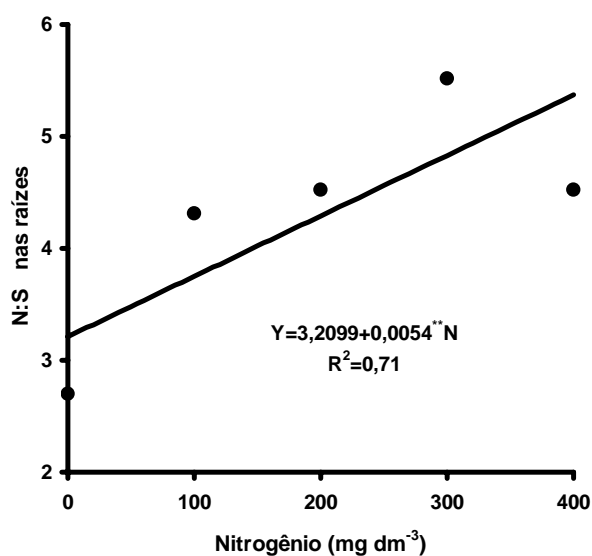


Figura 22 - Relação nitrogênio:enxofre (N:S) nas raízes do capim-Braquiária, coletadas após o terceiro corte, em função da adubação com doses de nitrogênio
** Significativo a 1 %.

4.4 Conclusões

O capim-Braquiária tem dependência da combinação de doses de nitrogênio e de enxofre para o valor SPAD apenas no primeiro crescimento, com efeito isolado das doses de nitrogênio no segundo e no terceiro crescimentos;

As concentrações de nitrogênio e de enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas e na parte aérea atingem máximos valores quando maiores doses são aplicadas ao solo;

As concentrações de nitrogênio e de enxofre nas lâminas de folhas recém-expandidas respondem de forma semelhante à parte aérea total do capim-Braquiária, em termos de doses de nitrogênio e de enxofre supridas ao solo;

A baixa relação N:S observada na ausência da aplicação do nitrogênio indica maior

deficiência de nitrogênio do que de enxofre;

A aplicação principalmente de nitrogênio, mas também de enxofre, influencia o estado nutricional do capim-Braquiária e sua recuperação.

Referências

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

BONFIM-SILVA, E.M. **Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf. Cv. Marandu em solos de referência de Pernambuco.** 2002. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

BRAGA, G.J. **Respostas do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) a doses de nitrogênio e intervalos de corte.** 2001. 121 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2001.

CARVALHO, M.C.S. **Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo.** 1999. 114 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

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

COLOZZA, M.T. **Rendimento e diagnose foliar dos capins aruana e mombaça cultivados em Latossolo Vermelho-Amarelo adubado com doses de nitrogênio.** 1998. 127 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

COLOZZA, M.T.; KIEHL, J.C.; WERNER, J.A.; SCHAMMASS, E.A. Respostas de *Panicum maximum* cultivar Aruana a doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 57, p. 21-32, 2000.

FAQUIN, V. ; MORIKAWA, C. K. ; FURTINI NETO, A. E. ; CURI, N. ; WERNEK JR, M. R. ; MARQUES, E. S. . Nutrição em Macro e Micronutrientes de Gramíneas Forrageiras Cultivadas em Latossolo da Região dos Campos das Vertentes (MG). **Pasturas Tropicales**, Cali-Colômbia: CIAT, v. 20, n. 2, p. 13-17, 1998.

FERRARI NETO, J. **Limitações nutricionais para o Colonião (*Panicum maximum* Jacq) e (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em Latossolo da região noroeste do Estado de Paraná.**, 1991. 126p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.

FERREIRA, C.R.R.P.T.; VEGRO, C.L.R.; BORTOLETO, E.E.; FRANCISCO, V.L.F. S. Caracterização da pecuária bovina no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 29, p. 7-30, 1999.

FONSECA, I. FLORES, E.; PACHECO, O. fertilization nitrogenada em bermuda cruzada n.1 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis*) em suelos pardos grisaceos. **Ciência y Técnica em la Agricultura, Suelos y Agroquímica**, Cienfuegos, v.7, p.55-62, 1984.

GALLO, J.R.; HIROGE, R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; MATTOS, H.B.; SARTINI, H.J.; FONSECA, M.P. Composição química inorgânica de forrageiras do estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 31, p. 115-137, 1974.

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

HOFFMAN, C.R. **Nutrição mineral e crescimento de braquiária e de colonião, sob influência das aplicações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em Latossolo de região noroeste do Paraná.** 1992. 204p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-Mombaça. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 102-114, 2002.

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

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

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

MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osak: 1989. 22 p.

MONTEIRO, F.A. **Sulphur fertilization and nutrient distribution in a florida spodsol profile under whit Clover-Pensacola Bahiagrass**. 1986. 182 p. Thesis (PhD) – University of Florida.

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

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

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

PREMAZZI, L.M.; MONTEIRO, F.A. Produção de capim-Tifton-85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 1-16, 2002.

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

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

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

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

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

SAS Institute. **The SAS system for Windows**, Release 6.08 SAS Institute: Cary, NC, 1996, 633p.

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

SOARES FILHOS, C.V.; MONTEIRO, F.A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* . 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicais**, v.14, n.2. p.1-6, 1992.

SILVEIRA, C.P.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio com doses de enxofre para a produção de massa seca do capim-Mombaça. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 11., 2003. Piracicaba. **Anais...** São Paulo: USP, 2003. 1 CD Room

VITTI, G.C.; NOVAIS, N.J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1985, Nova Odessa. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1986. p. 191-231.

5 NITROGÊNIO E ENXOFRE NA ADUBAÇÃO E NO SOLO CULTIVADO COM CAPIM-BRAQUIÁRIA EM DEGRADAÇÃO

Resumo

Nitrogênio e enxofre na adubação e no solo cultivado com capim-Braquiária em degradação

Existe carência de conhecimentos dos efeitos da adubação de nitrogênio e de enxofre em áreas de pastagens, em termos de parâmetros de fertilidade do solo. Objetivou-se estudar o efeito da adubação com nitrogênio e enxofre no pH do solo e nos teores de matéria orgânica, nitrogênio total, nitrogênio mineral (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺), enxofre total e enxofre-sulfato em solo com capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*) em degradação. Coletaram-se amostras de solo + plantas em cilindros de 15 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade num Neossolo Quartzarênico de uma pastagem com capim-Braquiária em estado de degradação. Foi conduzido um experimento em casa-de-vegetação, em Piracicaba, SP, com três períodos de crescimento das plantas, de novembro de 2003 a março de 2004. Foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 mg dm⁻³) e cinco de enxofre (0; 10; 20; 30 e 40 mg dm⁻³), combinadas em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5² fracionado. A interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre não foi significativa para o pH e para os teores de matéria orgânica, nitrogênio total, nitrogênio nítrico, nitrogênio amoniacal, enxofre total e enxofre-sulfato no solo. Após três intensivos cortes do capim-Braquiária, o pH do solo diminuiu menos de uma unidade com emprego de alta dose de nitrogênio como nitrato de amônio. O teor de matéria orgânica no solo não variou após três períodos de crescimento do capim-Braquiária recebendo adubação com nitrogênio e enxofre em cada um deles. A adubação com nitrato de amônio aumentou linearmente os teores de nitrogênio total, nitrogênio nítrico e nitrogênio amoniacal no solo com capim-Braquiária em recuperação. O teor de nitrogênio na forma amoniacal foi superior ao da forma nítrica no solo com capim-Braquiária, adubado ou não com doses de nitrogênio e de enxofre. A adubação com sulfato de cálcio aumentou linearmente os teores de enxofre-total e de enxofre-sulfato no solo com capim-Braquiária em recuperação.

Palavras-chave: nitrato, amônio, sulfato, *Brachiaria decumbens*

Abstract

Nitrogen and sulphur in the fertilization and in the soil with Signal grass under degradation

Knowledge is scarce on the effects of nitrogen and sulphur fertilization on the soil fertility characteristics in pasture areas. The objective was to evaluate the effects of nitrogen and sulphur applications on soil parameters, such as pH and concentrations of organic matter, total nitrogen, inorganic nitrogen (N-NO₃⁻ and N-NH₄⁺), total sulphur, sulphate-sulphur in a Signal grass (*Brachiaria decumbens*) under degradation. Samples of plants + soil were collected in cylinders of 15 cm diameter and 20 cm depth from an Entisol. The experiment was carried out in a greenhouse, at Piracicaba, SP, State, Brazil, during three plant growth periods from November 2003 at March 2004. Five rates of nitrogen (0; 100; 200; 300 and 400 mg dm⁻³) were combined with five rates of sulphur (0; 10; 20; 30 and 40 mg dm⁻³) were combined in a response surface methodology based on a central composite design modified from a fractional 5² factorial. The interaction between nitrogen and sulphur rates was not significant for soil pH and soil

concentrations of organic matter, total nitrogen, nitrate, ammonium, total sulphur and sulphate-sulphur. After three intensive harvests of the grass, soil pH decreased less than one unit following nitrogen applications as ammonium nitrate. Organic matter concentration did not change with the nitrogen and sulphur applications. Ammonium nitrate supply resulted in linear increases in total nitrogen, nitrate and ammonium in the soil with Signal grass under recovery. Ammonium concentration was higher than nitrate in the soil with Signal grass, fertilized or not with nitrogen or sulphur rates. Application of calcium sulphate resulted in linear increases in total sulphur and sulphate-sulphur in the soil with the recovering Signal grass.

Keywords: nitrate, amonium, sulphate, *Brachiaria decumbens*

5.1 Introdução

A forma extrativista de exploração pecuária têm sido apontada como uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas no Brasil, levando os pecuaristas a uma cíclica substituição de espécies forrageiras no sentido das menos exigentes, a exemplo da *Brachiaria decumbens*. Isso tem conduzido ao esgotamento da fertilidade do solo e ao incremento das áreas de pastagens degradadas.

O uso de adubação visando a recuperação das pastagens tem preferência em relação à reforma de pastagens, que dependendo do grau de degradação proporciona menor custo e redução de tempo para a utilização da área como o pastejo (CARVALHO, 1999). Assim, a adubação com nitrogênio e enxofre insere-se nesse contexto como uma alternativa para melhoria da fertilidade do solo e, conseqüentemente, para o aumento do potencial de produção de pastagem até então em degradação, tendo em vista a interação entre esses nutrientes na adubação, na nutrição e na produção do capim (RODRIGUES, 2002; MATTOS; MONTEIRO, 2003).

Nesse contexto, há necessidade de mais conhecimento sobre a dinâmica desses nutrientes no solo, e há demanda por pesquisas visando o estudo das formas do nitrogênio e de enxofre no solo. A dinâmica desses nutrientes tem sido pouco abordada no solo, devido ao nitrogênio e ao enxofre estarem sujeitos a grande número de processos, que resultam em transformações de formas orgânicas em inorgânicas e vice-versa (RAIJ, 1991). Esses processos podem resultar em ganhos ou perdas do sistema como um todo, e estas transformações são complexas do ponto de vista bioquímico, e são influenciadas pelos principais fatores ambientais do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Desse modo, objetivou-se estudar o efeito das combinações de doses de nitrogênio e de enxofre nas características químicas do solo, como pH, matéria orgânica, nitrogênio total,

nitrogênio mineral, enxofre total e enxofre-sulfato em solo cultivado capim-Braquiária em degradação.

5.2 Desenvolvimento

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, em Piracicaba, SP, no período de novembro de 2003 a março de 2004. A coleta do solo mais plantas foi realizada na Fazenda Agrícola Brejo das Almas no município de Santa Maria da Serra, SP. Foram coletadas amostras em cilindros de 15 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade de uma pastagem de capim-Braquiária em estágio de degradação, as quais foram colocadas em vasos plásticos, em casa-de-vegetação, conforme a técnica descrita por Mattos e Monteiro (2003).

As características químicas da amostra superficial (0-20 cm) do solo coletado na área de pastagem em degradação, antes da aplicação dos tratamentos foram: pH (CaCl_2) = 5,43; M.O. e N-total = 28 e 1,75 g kg^{-1} , respectivamente; N- NH_4^+ e N- NO_3^- = 8,40 e 2,80 mg kg^{-1} , respectivamente; P - resina e S-sulfato = 4,03 e 4,32 mg dm^{-3} , respectivamente; S-total = 150 g kg^{-1} ; K; Ca; Mg; H+Al; SB e CTC = 2,28; 14,60; 10,40; 28,20; 27,28 e 55,48 mmol_c dm^{-3} , respectivamente; V e m = 49,17 e 11,83 %, respectivamente.

Três períodos de crescimento do capim-Braquiária foram conduzidos, durante os quais foi acompanhada a dinâmica dos nutrientes. Para o nitrogênio foram realizadas as determinações do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (BREMNER, 1996) e do nitrogênio amoniacal (N- NH_4^+) e o nitrogênio nítrico (N- NO_3^-) pelo método de destilação a vapor descrito por Cantarella e Trivelin (2001). O enxofre-sulfato foi extraído pela solução de fosfato de cálcio e o enxofre total determinado pelo método azul de metileno (TABATABAI, 1996). A determinação do pH foi realizada em CaCl_2 pelo método descrito por Quaggio e Raij (2001). A matéria orgânica do solo foi determinada por colorimetria pelo método descrito por Cantarella e Quaggio (2001).

As determinações de N total, N inorgânico (N- NH_4^+ e N- NO_3^-), S-sulfato e S total foram realizadas tanto no solo coletado antes da instalação do experimento como nas amostras obtidas nas épocas dos cortes das plantas. As determinações do pH e da matéria orgânica foram realizadas no momento da coleta das amostras de solo para caracterização da área experimental e após último corte das plantas.

Um dia antes da aplicação dos tratamentos realizou-se amostragem de solo dos vasos, com a coleta de amostras aleatória em cinco vasos por bloco, as quais foram juntadas formando

uma amostra composta para análise de caracterização química do solo. Após cada corte (em intervalos de 30 dias) foi realizada nova amostragem, coletando-se uma porção de solo de cada um dos 52 vasos, com auxílio de uma sonda com 1 cm de diâmetro e à profundidade de 20 cm.

A determinação do nitrogênio mineral do solo foi realizada com amostras de terra úmida. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, e esses fechados e armazenados imediatamente à temperatura de -15°C . Devido à dificuldade de se medir o volume das amostras úmidas, optou-se em pesar uma quantidade correspondente a 10 g de terra seca. O acompanhamento da dinâmica dos nutrientes foi realizado nos três crescimentos do capim. Foram utilizadas cinco doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 mg dm^{-3}) e cinco doses de enxofre (0; 10; 20; 30 e 40 mg dm^{-3}), as quais foram combinadas em estudo de superfície de resposta baseado em desenho experimental composto central modificado de um fatorial 5^2 fracionado, de acordo com Littell e Mott (1975). Assim, empregaram-se 13 combinações de nitrogênio com enxofre (em mg dm^{-3}): 0, 0; 0, 20; 0, 40; 100, 10; 100, 30; 200, 0; 200, 20; 200, 40; 300, 10; 300, 30; 400, 0; 400, 20 e 400, 40. O nitrogênio foi fornecido como nitrato de amônio (NH_4NO_3) e o enxofre como sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sendo a quantidade de cálcio equilibrada em todas as parcelas experimentais pelo emprego de cloreto de cálcio (CaCl_2). Após o corte de uniformização das plantas foram aplicados: fósforo (CaH_2PO_4 e KH_2PO_4) de 200 mg dm^{-3} , potássio (KH_2PO_4 e KCl) de 150 mg dm^{-3} e magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) de 50 mg dm^{-3} . As adubações com nitrogênio, enxofre e potássio foram repetidas após cada corte das plantas, enquanto a adubação com magnésio foi de 20 mg dm^{-3} , devido a não aplicação de fósforo a partir do primeiro crescimento e em consequência da diminuição no fornecimento de cálcio após o primeiro corte das plantas. A adubação básica com os micronutrientes foi realizada com aplicação de reagentes com as seguintes fontes e quantidades: H_3BO_3 de 1,5 mg dm^{-3} , $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de 2,5 mg dm^{-3} , ZnCl_2 de 2,0 mg dm^{-3} e $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de 0,25 mg dm^{-3} , realizada uma vez, após o corte de uniformização. As adubações com macronutrientes foram estabelecidas em função da análise de solo e as adubações com micronutrientes adaptadas de Mattos e Monteiro (2003). As adubações foram realizadas em forma de solução, com exceção do CaH_2PO_4 que foi aplicado na forma de pó devido a sua baixa solubilidade. A umidade do solo foi mantida por meio de um sistema autoirrigante por tensão controlada, composto por cápsula de porcelana porosa, adaptado de Bonfim-Silva (2002), com umidade próxima a 80 % da capacidade máxima de retenção de água do solo.

Todos os resultados receberam o recomendado tratamento estatístico, com análise em superfície de resposta através do emprego do “Statistical Analysis System” (SAS, 1996). Inicialmente foi realizada a análise de variância para as combinações das doses de nitrogênio e de enxofre e, em função do nível de significância do teste F, efetuou-se o estudo de regressão polinomial (superfície de resposta) por meio do procedimento RSREG. Como para todas as variáveis estudadas no solo a interação entre nitrogênio e enxofre não foi significativa, efetuou-se o estudo de regressão de primeiro e segundo grau, por meio do comando GLM. Utilizou-se o nível de significância de 5 % em todos os testes estatísticos. Para o estudo de regressão de segundo grau as doses de nitrogênio ou de enxofre responsáveis pelos máximos valores foram obtidas por meio de derivada.

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 pH do solo

No final do terceiro crescimento do capim-braquiária foi constatado que a elevação das doses de nitrogênio ocasionou decréscimo no pH do solo em CaCl_2 , com os resultados ajustando-se a modelo quadrático de regressão (Figura 1). Observa-se que a dose de $305,88 \text{ mg dm}^{-3}$ proporcionou o menor valor de pH no solo, sendo este valor de 4,13 e, comparando-se com o valor de pH na ausência da aplicação de nitrogênio que foi de 4,92, nota-se que houve diminuição de pH de 0,79.

Esses resultados corroboram os observados por Campos (2004), em estudo com sulfato de amônio na cultura do milho (*Zea mays*) em solo sob pastagem de capim-Braquiária, onde observou decréscimo no valor de pH do solo com aplicação de doses de nitrogênio. Blevins et al. (1977), em estudo com nitrogênio na cultura do milho, observou após cinco anos de cultivo o decréscimo de uma unidade de pH (de 5,7 para 4,7) com a adição de dose de nitrogênio de 220 kg ha^{-1} .

Colozza (1998) observou alteração no pH em CaCl_2 do solo em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico cultivado com capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). O solo recebeu doses de nitrogênio de 0 a 400 mg kg^{-1} , e após 63 dias, houve decréscimo no pH de 4,6 para 3,8.

O que pode ser considerado é que na coleta do material em campo (coleta de cilindros com solo + plantas) para a instalação do experimento o solo continha uma quantidade

considerável de raízes que já estavam em estágio de decomposição, além da renovação do sistema radicular no decorrer da condução do experimento. Isso incrementado pelo efeito das doses de nitrogênio, contribuindo com resíduos vegetais no processo de mineralização e formação de substâncias húmicas pelos microrganismos, pode ter contribuído possivelmente para a acidificação do solo (BONHNEN, 2000).

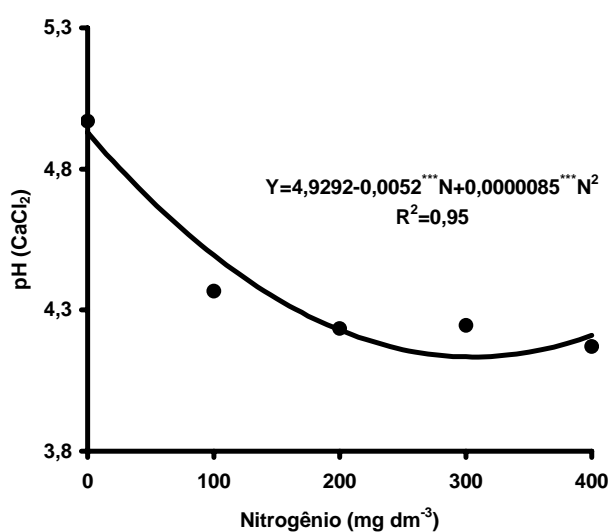


Figura 1 – Valores de pH do solo em CaCl₂ cultivado com capim-Braquiária, à época do terceiro crescimento, em função das doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1%.

5.3.2 Teor de matéria orgânica no solo

Respostas significativas não foram observadas nas amostras de solo coletadas após cada um dos cortes em função do emprego das doses de nitrogênio e de enxofre nos três crescimentos do capim. Isso provavelmente pode estar associado ao tempo de condução do experimento que não foi suficiente para alteração expressiva da matéria orgânica, bem como a alta relação carbono:nitrogênio (C:N) do capim que normalmente está próxima ou superior a 40:1 (CAMPOS, 2004), associado ao equilíbrio das taxas de adições e perdas. Assim, parte do carbono presente nos resíduos pode ser liberada para a atmosfera como CO₂ e o restante pode ser incorporado na matéria orgânica do solo.

A matéria orgânica do solo é um atributo chave quando se pretende avaliar a qualidade do

solo (GREGORICH et al., 1994). Nas regiões tropicais, a importância da matéria orgânica é bem mais significativa que nas regiões temperadas, pois nas regiões tropicais ela é a principal responsável pela capacidade de troca de cátions, principalmente em Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média, e há grande dependência da matéria orgânica para as cargas negativas do solo (MACEDO, 1995).

A não variação verificada no teor de matéria orgânica do solo no presente trabalho corrobora os resultados de Colozza (1998), observados em amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, cultivado com capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana) e capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), após 68 dias do plantio.

5.3.3 Nitrogênio total no solo

Para o teor de nitrogênio total no solo foi observado efeito significativo para as doses de nitrogênio aplicadas ao solo em cada um dos três períodos de crescimentos do capim, com ajuste dos resultados a modelo linear de regressão (Figuras 2, 3 e 4). Comparando-se o teor de nitrogênio na condição de não aplicação de adubação nitrogenada com aquela em que se forneceu a maior dose desse nutriente, observou-se um aumento de 1,19; 1,44 e 1,24 vezes respectivamente nos três crescimentos do capim-Braquiária.

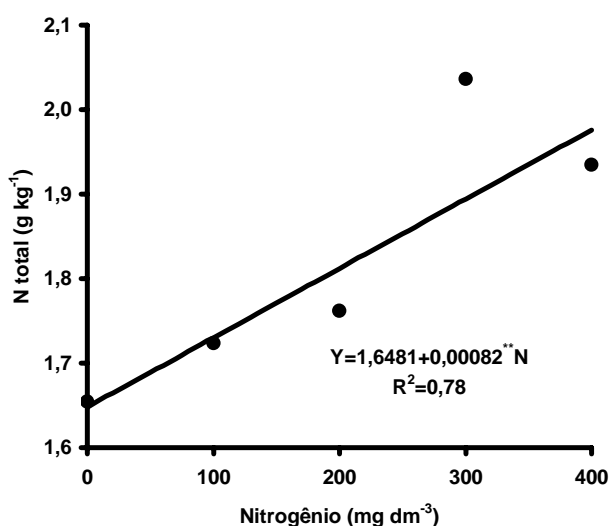


Figura 2 – Teor de nitrogênio total no solo à época do primeiro corte do capim-Braquiária, em função das doses de nitrogênio

** Significativo a 1%.

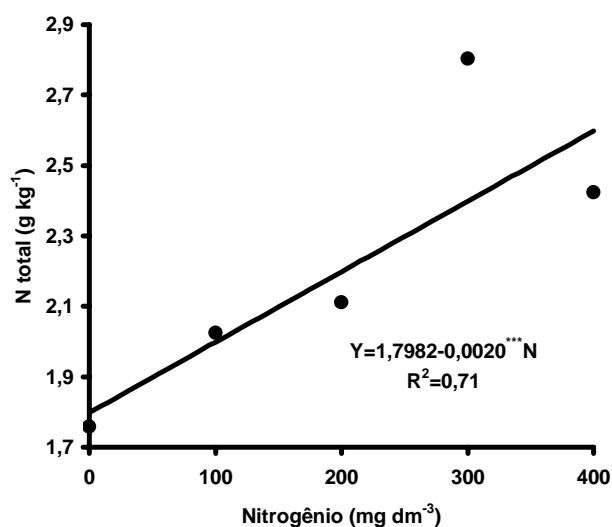


Figura 3 – Teor de nitrogênio total no solo à época do segundo corte do capim-Braquiária em função das doses de nitrogênio

** Significativo a 1%.

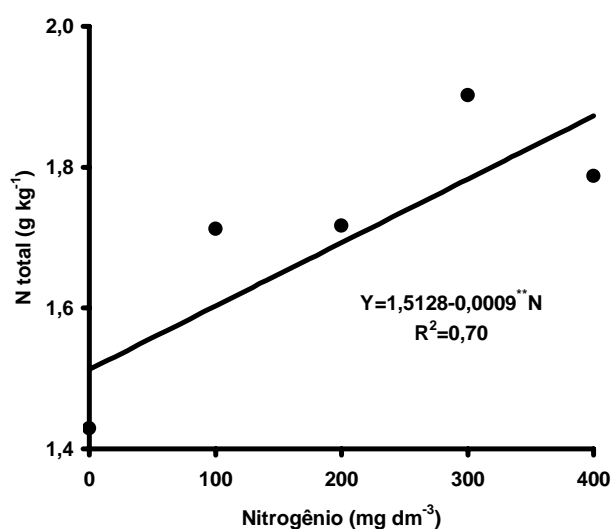


Figura 4 – Teor de nitrogênio total no solo à época do terceiro corte do capim-Braquiária em função das doses de nitrogênio

** Significativo a 1%.

Campos (2004) observou que o teor de nitrogênio total no solo variou com o aumento das doses do adubo nitrogenado em cobertura e ocasionou redução nesse teor no tratamento sem adubação com nitrogênio na pré-semeadura, devido, provavelmente, à mineralização e extração

do nutriente pelas plantas. No entanto, no presente trabalho, como o nitrogênio foi aplicado no início do experimento e reaplicado a cada um dos cortes das plantas, pode-se observar que após os três cortes do capim houve incremento no teor de nitrogênio total no solo com o aumento das doses de nitrogênio, independentemente da extração do nutriente pelas plantas.

5.3.4 Teores de amônio e de nitrato no solo

Para o teor de amônio (N-NH_4^+) no solo após o primeiro crescimento do capim-Braquiária não foi observado efeito significativo para as doses de nitrogênio aplicadas ao solo. No entanto, nas amostras coletadas após o segundo e o terceiro cortes do capim, foi observado efeito significativo para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo de regressão de primeiro grau (Figuras 5 e 6). Comparando-se o teor de nitrogênio do solo na situação de não aplicação de nitrogênio com a da maior dose desse nutriente, constatou-se aumento de 6,06 e 3,76 vezes, respectivamente, para o solo após segundo e o terceiro cortes do capim.

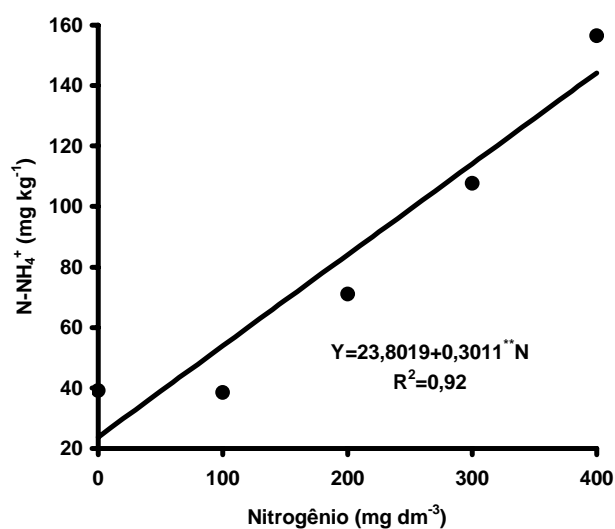


Figura 5 – Teor de N-NH_4^+ no solo à época do segundo corte do capim-Braquiária, em função das doses de nitrogênio

** Significativo a 0,1%.

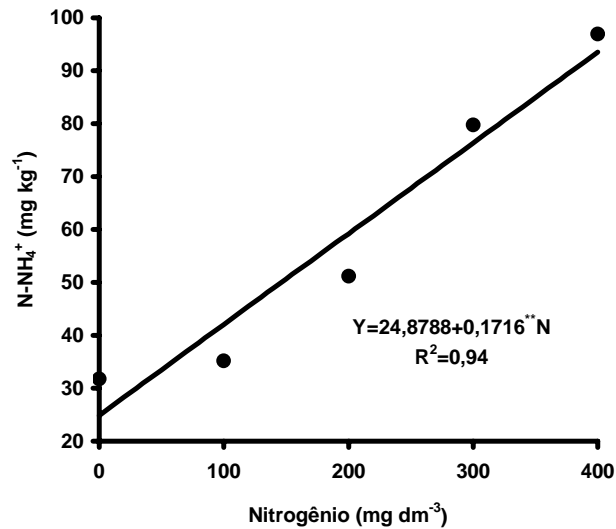


Figura 6 – Teor de N-NH_4^+ no solo à época do terceiro corte do capim-Braquiária, em função das doses de nitrogênio
 ** Significativo a 1%.

Para o teor de nitrato (N-NO_3^-) no solo após o primeiro e o segundo crescimentos do capim-Braquiária não foi observado efeito significativo para as doses de nitrogênio aplicadas. No entanto, após o terceiro corte das plantas, foi verificado efeito significativo para as doses de nitrogênio, com ajuste dos resultados a modelo de regressão de primeiro grau (Figura 7). Comparando-se o teor de N-NO_3^- na condição que não se efetuou adubação com aquela do emprego da maior dose de nitrogênio, observa-se aumento de 10,7 vezes, para as amostras coletadas após o terceiro corte do capim. Esses resultados corroboram os de Carvalho (1999), que estudando práticas de recuperação de pastagem de capim-Braquiária, constatou aumento no teor de N-NO_3^- no solo. Colozza (1998) observou que a aplicação de nitrogênio na forma de nitrato de amônio no intervalo de doses entre 0 e 300 mg kg^{-1} causou alteração significativa no teor N-NO_3^- no solo, de forma similar aos os resultados do presente trabalho.

O teor de N-NH_4^+ foi superior ao teor de N-NO_3^- no solo. Carvalho (1999), observou aumento de 9,2 vezes no teor N-NH_4^+ em relação ao teor de N-NO_3^- no solo. Outros autores também verificaram a predominância da forma amoniacal em relação à forma nítrica em solos sob pastagem em regiões tropicais (NEILL et al., 1997; CAMPOS, 2004). Solos em áreas de pastagens e de florestas geralmente contêm maiores concentrações de N-NH_4^+ do que N-NO_3^- . Isto tem sido atribuído à inibição da nitrificação devido a substâncias excretadas por raízes de

gramíneas e monoterpenos liberados pelas árvores em solos florestais, sendo que o baixo pH também contribui para isso (NIELL, 1997; VASCONCELLOS, 2001; MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Entre os fatores que influenciam o processo de nitrificação, existem aqueles que controlam os teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- no solo e são os inibidores da atividade da urease e da ação dos microorganismos nitrificadores (CLARK ; PAUL, 1970; VICTORIA et al., 1988).

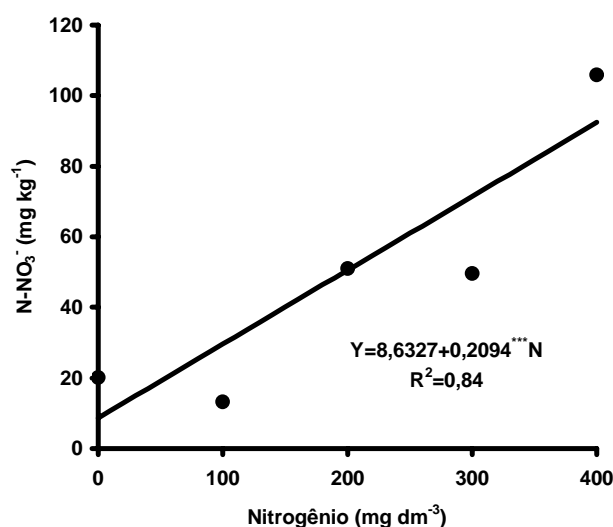


Figura 7 – Teor de nitrato no solo à época do terceiro corte do capim-Braquiária, em função das doses de nitrogênio

*** Significativo a 0,1%.

5.3.5 Enxofre total no solo

Em cada uma das amostragens realizadas após o corte da gramínea foi observado efeito significativo em função das doses de enxofre aplicadas, em todos os casos com ajuste dos resultados a modelo de regressão de primeiro grau (Figuras 8, 9 e 10). Pode-se observar que os valores de enxofre variaram de 158 a 260; de 180 a 287 e de 188 a 286 mg kg^{-1} , respectivamente, após o primeiro, o segundo e o terceiro cortes do capim-Braquiária, no intervalo de doses de enxofre de 0 a 400 mg dm^{-3} . Monteiro (1986), em estudo com adubação com enxofre em Espodosolo suportando capim-Pensacola (*Paspalum notatum*), observou valores de enxofre total de 161 a 171 mg kg^{-1} no tratamento que não recebeu adubação com enxofre para aquele que recebeu dose de 200 kg ha^{-1} , na soma de quatro anos de cultivo.

De acordo com Tabatabai (1996), o enxofre total nos solos pode variar de 20 a 600

mg dm^{-3} , com tendência ao maior teor de enxofre total em solos de textura mais argilosa que naqueles arenosos.

O teor de enxofre total no solo foi incrementado ao longo dos períodos de crescimento do capim, mesmo no solo que não recebeu aplicação de enxofre. Isto sugere uma provável contribuição do sistema radicular em enxofre para o solo, por meio de decomposição das raízes. Estima-se que cerca de 60 % do carbono dos fotoassimilados sejam transportados para as raízes e, destes, 50 % são liberados na forma de CO_2 pela respiração e outros 50 % são utilizados no crescimento das raízes ou liberados para o solo, contribuindo para a matéria orgânica do solo e para a nutrição dos organismos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

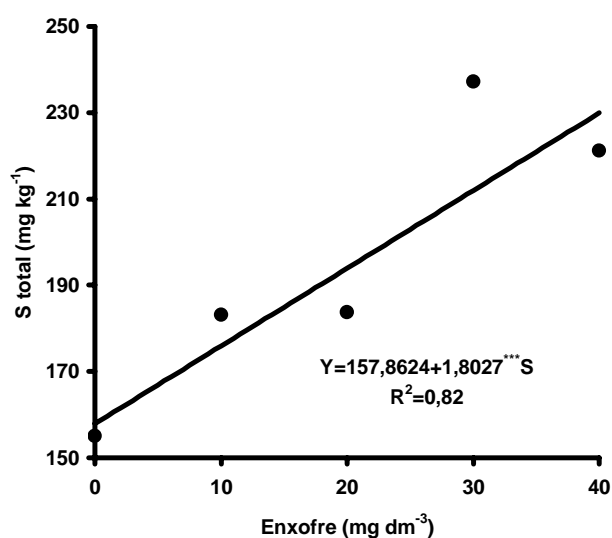


Figura 8 – Teor de enxofre total no solo à época do primeiro corte do capim-Braquiária, em função das doses de enxofre

** Significativo a 1%.

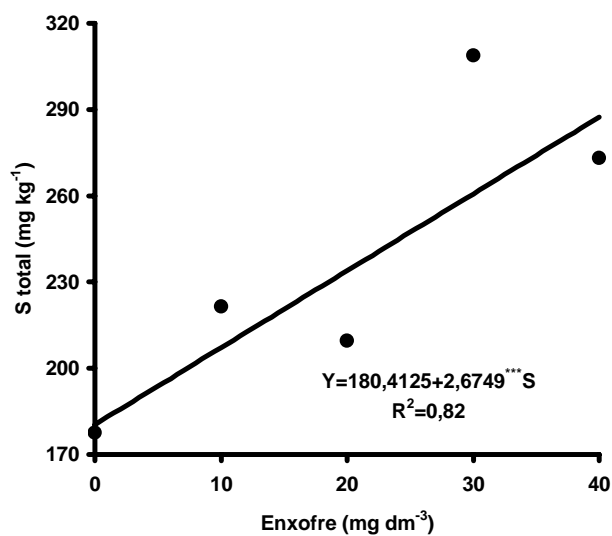


Figura 9 – Teor de enxofre total no solo à época do segundo corte do capim-Braquiária, em função das doses de enxofre
 *** Significativo a 0,1%.

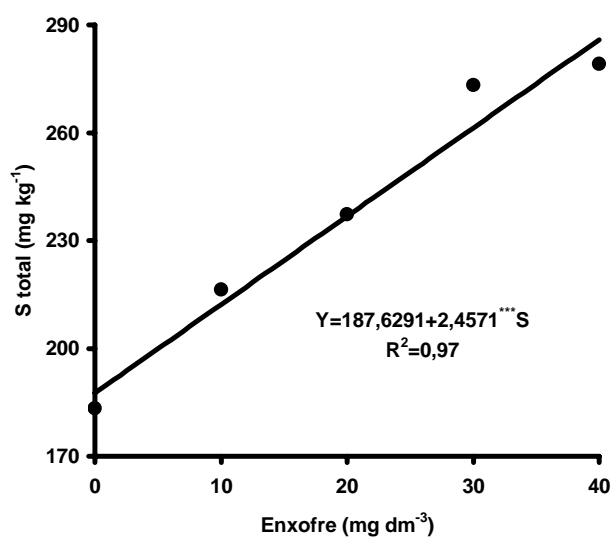


Figura 10 – Teor de enxofre total no solo à época do terceiro corte do capim-Braquiária, em função das doses de enxofre
 *** Significativo a 0,1%.

5.3.6 Sulfato no solo

Foi observado efeito significativo no teor de $S-SO_4^{2-}$ no solo, em função das doses de enxofre, aplicadas ao solo, para o primeiro, o segundo e o terceiro cortes do capim-Braquiária, com ajuste dos resultados a modelo de primeiro grau (Figuras 11, 12 e 13). Comparando-se o teor de $S-SO_4^{2-}$ do solo na condição em que não se aplicou adubo com enxofre, com aquela que recebeu a maior dose desse nutriente, foi observado aumento de 2,86; 6,29 e 3,22 vezes, para cada um dos três cortes do capim. O íon sulfato é a principal forma de absorção de enxofre pelas plantas (MENGEL; KIRKBY, 2001) e o efeito desse nutriente (disponibilizado pela adubação) pode ser constatado por meio dos efeitos positivos nas características produtivas e nutricionais do capim-Braquiária (Capítulos 2, 3 e 4). O teor desse nutriente no solo depende de vários fatores, tais como: disponibilidade de água, atividade microbiológica, deposição atmosférica, absorção pelas plantas e adubação. Como o experimento foi conduzido sob condições controladas, o teor desse nutriente no solo foi determinado pela atividade microbiológica, absorção pelo capim e pelo fornecimento na adubação.

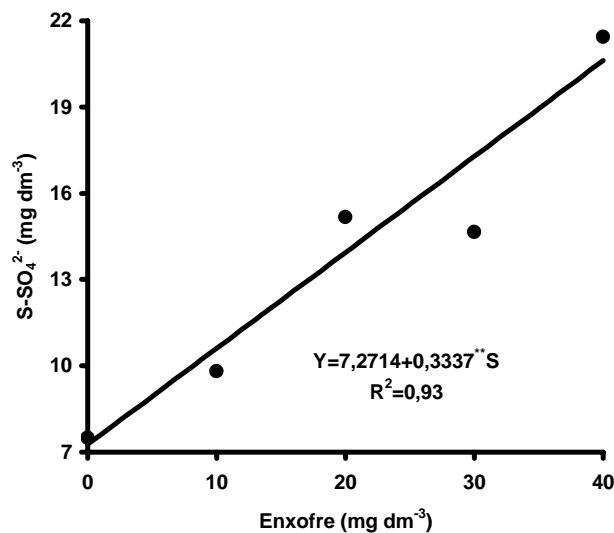


Figura 11 – Teor de sulfato ($S-SO_4^{2-}$) no solo cultivado com capim-Braquiária, à época do primeiro corte, em função das doses de enxofre
 *** Significativo a 1%.

O teor de $S-SO_4^{2-}$ do solo na maior dose de enxofre do intervalo experimental foi de 20,61; 95,04 e 70,88 $mg\ dm^{-3}$, respectivamente nos três cortes do capim. Entretanto, o teor de sulfato no solo, antes de qualquer aplicação dos adubos, foi de 4,03 $mg\ dm^{-3}$ (no início do experimento), sendo esse valor considerado abaixo de suficiência mesmo para as culturas menos exigentes (RHEINHEIMER et al., 2005). Com o decorrer do experimento verifica-se que houve incremento do $S-SO_4^{2-}$ no solo que não recebeu qualquer adição de adubo contendo enxofre, com os teores se elevando para 7,23; 15,10 e 21,98 $mg\ dm^{-3}$, respectivamente após o primeiro, o segundo e o terceiro cortes do capim-Braquiária. Isto possivelmente ocorreu devido à mineralização do enxofre orgânico no solo.

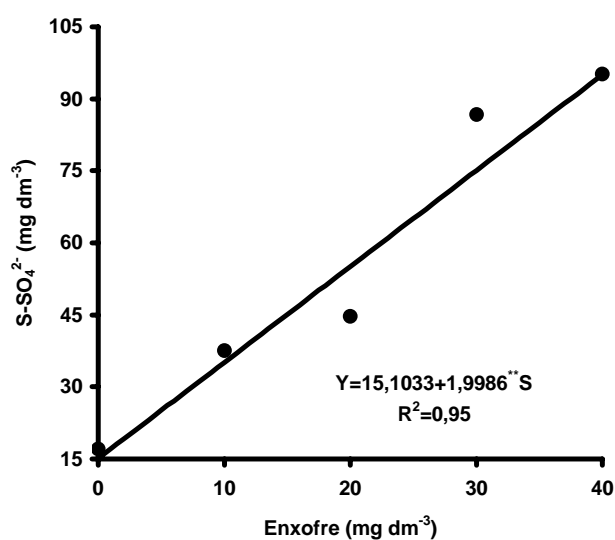


Figura 12 – Teor de sulfato ($S-SO_4^{2-}$) no solo cultivado com capim-Braquiária, à época do segundo corte, em função das doses de enxofre

** Significativo a 1%.

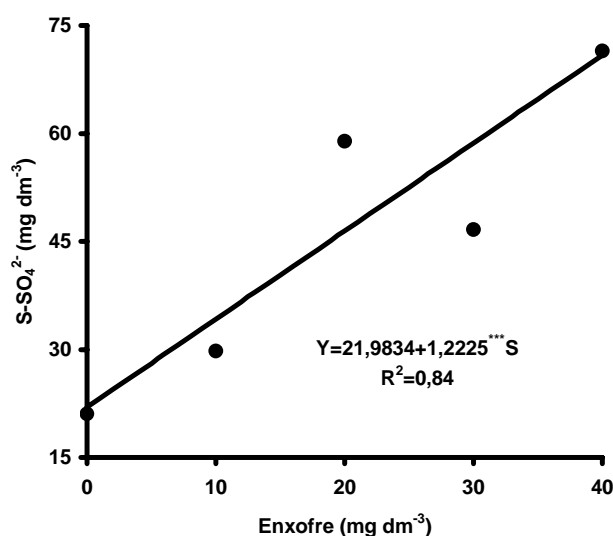


Figura 13 – Teor de sulfato ($S-SO_4^{2-}$) no solo cultivado com capim-Braquiária, à época do terceiro corte, em função das doses de enxofre
 *** Significativo a 0,1%.

5.4 Conclusões

A interação entre as doses de nitrogênio e de enxofre não é significativa para o pH em $CaCl_2$ e para os teores de matéria orgânica, nitrogênio total, nitrogênio nítrico, nitrogênio amoniacal, enxofre total e enxofre-sulfato no solo;

Após três intensivos cortes do capim-Braquiária, o pH do solo diminui menos de uma unidade com o emprego de alta dose de nitrogênio como nitrato de amônio;

O teor de matéria orgânica no solo não varia após três períodos de crescimento do capim-Braquiária recebendo adubação com nitrogênio e enxofre em cada um deles;

A adubação com nitrato de amônio aumenta linearmente os teores de nitrogênio total, nitrogênio nítrico e nitrogênio amoniacal no solo com capim-Braquiária em recuperação;

O teor de nitrogênio na forma amoniacal é superior ao da forma nítrica no solo com capim-Braquiária, adubado ou não com doses de nitrogênio e de enxofre;

A adubação com sulfato de cálcio aumenta linearmente os teores de enxofre total e de enxofre-sulfato no solo com capim-Braquiária em recuperação.

Referências

BOHNEN, H. Acidez do solo: origem e correção. In: KAMINSKI, J. (Coord.) **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2000. p. 9-20.

BONFIM-SILVA, E.M. **Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf. Cv. Marandu em solos de referência de Pernambuco**. 2002. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELIUS, P.L. Influence of no-tillage, and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 60, p.383-386, 1977.

BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPART, D.L. (Coord). **Methods of soil analysis: chemical methods**. Madison: SSSA Book Series: 5, 1996. cap. 37, p. 1085-1229.

CAMPOS, A.X. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens***. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B. ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Coord). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. cap. 9, p. 173-180.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Coord). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. cap. 19, p. 270-276.

CARVALHO, M.C.S. **Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo**. 1999. 114 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

CLARK, F.E.; PAUL, E.A. The microflora of grassland. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 22, p. 375-435, 1970.

COLOZZA, M.T. **Rendimento e diagnose foliar dos capins aruana e mombaça cultivados em Latossolo Vermelho-Amarelo adubado com doses de nitrogênio**. 1998. 127 p. Tese

(Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 74, p. 367-385, 1994.

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

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrado: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS. 1995. Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.

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

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

MONTEIRO, F.A. **Sulphur fertilization and nutrient distribution in a florida spodosol profile under whit Clover-Pensacola Bahiagrass**. 1986. 182 p. Thesis (PhD) – University of Florida.

MOREIRA, F. M.S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 526 p.

NIELL, C.; PICCOLO, M.C.; CERRI, C.C.; STEUDLER, P.; MELLO, J.M.; BRITO, M. Net nitrogen mineralization and net nitrification rates in soils following deforestation for pasture across the southwestr Brazilian Amazon Basin landscape. **Oecologia**, New York, v. 110, p. 243-252, 1997.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: RAIJ, B. ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Coord). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. cap. 10, p. 181-188.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

RHEINHEIMER, D.S.; ALVAREZ, J.R.; OSÓRIO FILHO, B.D.; SILVA, L.S.; BORTOLUZZI, E.C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 562-569, 2005.

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

SAS Institute. **The SAS system for Windows**, Release 6.08 SAS Institute: Cary, NC, 1996, 633p.

TABATABAI, M.A. Sulfur. In: SPART, D.L. (Coord). **Methods of soil analysis**. Part 3: chemical methods. Madison: SSSA Book Series: 5, 1996. cap. 33, p. 921-960.

VASCONCELLOS, C.A.; MARRIEL, I.E.; SANTOS, F.G.; MAGALHÃES, P.C.; OLIVEIRA, C.A. Resíduos de sorgo e a mineralização do nitrogênio em Latossolo fase Cerrado. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, p. 373-379, 2001.

VICTORIA, R.L.; COLAÇO, W.; MAGALHÃES, A.M.T. Mineralização e volatilização de nitrogênio do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1988, Campinas, **Anais...** Campinas: SBCS, 1988. p. 379-387.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)