

José Lavres Júnior<sup>2</sup>Francisco A. Monteiro<sup>3</sup>Pelerson F. Schiavuzzo<sup>4</sup>

# Concentração de enxofre, valor SPAD e produção do capim-Marandu em resposta ao enxofre<sup>1</sup>

## RESUMO

O enxofre (S) é um macronutriente importante no crescimento e no metabolismo dos vegetais, como constituinte de aminoácidos e outros compostos. Com o uso constante de adubos concentrados em N, P e K, além de outros fatores edáficos e climáticos, o S passou a ser limitante ao desenvolvimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos produtivos e nutricionais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, quando submetida às doses de S na solução nutritiva (0, 2, 4, 16, 32, 48, 64 e 80 mg L<sup>-1</sup>). O experimento foi desenvolvido em casa-de-vegetação utilizando-se vasos contendo sílica moída como substrato, no período de primavera-verão. As plantas foram colhidas aos 42 dias após o transplante para os vasos e aos 41 dias após o primeiro corte procedendo-se, nesta ocasião, à separação das raízes da sílica. A concentração de S nas partes das plantas, o número total de perfilhos, a produção de massa seca da parte aérea e das raízes, tal como as leituras com o clorofilômetro (valor SPAD), foram influenciados pelas doses de S nos dois períodos de crescimento da gramínea. As concentrações críticas internas nas folhas emergentes (FE) e nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR), no segundo corte, foram de 0,50 g kg<sup>-1</sup> e de 0,52 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O valor crítico em unidades SPAD nas LR e no segundo corte, foi de 38,5. O capim-Marandu mostrou-se responsivo à aplicação de S, evidenciando maiores produções com as maiores doses aplicadas.

**Palavras-chave:** *Brachiaria brizantha*, clorofilômetro, nível crítico, perfilhamento

## Sulphur concentration, SPAD value and yield of Marandu grass as related to sulphur supply

## ABSTRACT

Sulphur (S) is an important macronutrient for plant metabolism and growth, being a component of aminoacids and other organic compounds. In Brazil, as a result of the constant use of concentrated NPK fertilizers, besides some edaphic and climatic factors, sulphur became a limiting nutrient for plant development. The objective of this study was to evaluate the productive and nutritional attributes of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu when submitted to S rates in the nutrient solution (0, 2, 4, 16, 32, 48, 64 and 80 mg L<sup>-1</sup>). The experiment was carried out in a greenhouse, using plastic pots containing grinded silicon as substrate, during the Spring-Summer season. The first harvest occurred at 42 days after transplanting, while the second, occurred at 41 days after the first one. At this time, the roots were separated from the substrate. S concentration in plant parts, total number of tillers, dry matter production of aerial parts and roots, as well as the chlorophyll meter readings (SPAD value) were influenced by S in both growth periods of the grass. Critical concentration in emergent leaves (EL) and recently expanded leaves (RL) were 0.50 g kg<sup>-1</sup> and 0.52 g kg<sup>-1</sup>, in the second harvest, respectively. The critical SPAD values determined in the RL were 38.5 in the second harvest. The Marandu grass showed itself responsive to S supply showing up higher outputs with the increased applied rates.

**Key words:** *Bachiaria brizantha*, critical concentration, chlorophyll meter, tillering

<sup>2</sup> Pós-doutorando, bolsista de Pós-Doutorado Júnior do CNPq. Universidade de São Paulo, Centro de energia nuclear na agricultura (USP/CENA) - Lab. de Nutrição Mineral de Plantas. Av. Centenário, 303. Caixa Postal 96, CEP: 13400-970. Piracicaba, SP. jllavres@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Professor titular, bolsista CNPq. USP/ESALQ - Departamento de Ciências do solo. Av. Pádua Dias, 11. Caixa Postal 9, CEP: 13418-900. Piracicaba, SP. famonte@esalq.usp.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo.  
pelerson.f.schiavuzzo@monsanto.com

<sup>1</sup> Trabalho realizado com apoio financeiro da FAPESP e Stoller do Brasil

## INTRODUÇÃO

O fornecimento de enxofre (S) para as plantas forrageiras é de grande importância pois, se por um lado o manejo inadequado da fertilidade dos solos sob pastagens, com constantes práticas de queimada ou uso de formulações concentradas NPK, concorre para as reduções dos teores de S no solo, por outro lado pode ocorrer baixa resposta à adubação nitrogenada em sistemas intensivos de exploração da pastagem, em consequência dos baixos teores do nutriente no solo (Cunha et al., 2001; Mattos & Monteiro, 2003; Oliveira et al., 2005; Bomfim-Silva & Monteiro, 2006). Segundo Malavolta et al. (1987), a deficiência de enxofre ocupa a terceira posição em frequência de ocorrência nas culturas brasileiras atrás apenas daquelas de N e de P, sendo as exigências em S pelas plantas muito semelhantes às de P e, em alguns casos, maiores; esses autores relataram ainda que a necessidade anual das culturas brasileiras em S é de aproximadamente 481.000 toneladas.

A importância do S na nutrição das gramíneas forrageiras é destacada em diversos estudos visto que é componente da acetil CoA e está envolvido na síntese da clorofila e de vitaminas, como a tiamina e a biotina, além de ser constituinte dos aminoácidos cisteína (porta de entrada do S em compostos orgânicos), metionina e cistina, os quais contêm cerca de 99% do total do elemento na planta (Leustek et al., 2000; Malavolta, 2006); portanto, o suprimento adequado deste nutriente e dos demais, tem relevância na produção e qualidade da forragem.

O estado nutricional das plantas é avaliado, primordialmente, pela análise química do tecido vegetal, tendo como objetivos: a identificação de deficiências nutricionais e a predição da necessidade do suprimento de nutrientes. A determinação indireta do teor de clorofila, empregando-se o clorofilômetro (SPAD) e a atividade enzimática da redutase do nitrato ( $\text{RNO}_3^-$ ) tem sido utilizada na quantificação de N em gramíneas forrageiras tropicais (Santos, 1997; Abreu & Monteiro, 1999; Manarin & Monteiro, 2002; Lavres Jr. & Monteiro, 2006), já que o N faz parte da estrutura daquele pigmento e está envolvido na ativação desta enzima, quando na forma de nitrato (Mengel & Kirkby, 2001); entretanto, não existem, na literatura, resultados sobre as avaliações em plantas forrageiras, para o enxofre.

Friedrich & Schrader (1978) relataram que plantas deficientes em S diminuem a taxa fotossintética, a concentração de clorofila nas folhas e, por fim, apresentam desarranjo dos cloroplastos. Por outro lado, o suprimento adequado de S aos vegetais aumenta a utilização de N na síntese protéica (Rubisco) aumentando, portanto, o índice fotossintético das folhas (Abrol & Ahmad, 2003). Neste sentido, a utilização do clorofilômetro pode ser uma alternativa para a predição da concentração de S e de clorofila nas plantas forrageiras.

O objetivo deste trabalho foi: buscar a relação entre a determinação indireta de clorofila e a concentração de S nas lâminas das duas folhas recém-expandidas (LR) do capim-Marandu e quantificar a concentração crítica interna nas partes da planta e o respectivo valor SPAD neste capim. A iden-

tificação da parte diagnóstica das plantas forrageiras também se faz necessária.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação localizada em Piracicaba, São Paulo. Cultivou-se a espécie forrageira *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cultivar Marandu, no período de primavera-verão. Avaliaram-se as doses de enxofre de: 0, 2, 4, 16, 32, 48, 64 e 80 mg L<sup>-1</sup> na solução nutritiva, a qual foi preparada a partir daquela recomendada por Sarruge (1975) e modificada para atender às doses estudadas. Empregou-se o delineamento experimental de blocos completos ao acaso, com oito doses de S e quatro repetições; cada repetição constou de dois vasos; esta duplicação das parcelas teve como objetivo a obtenção de material vegetal suficiente, principalmente nos tratamentos com as doses mais baixas de S, necessário para as análises químicas.

As sementes foram colocadas para germinar em bandejas de plástico contendo areia lavada e periodicamente foram regadas com água deionizada; aos 14 dias após a semeadura, quando as plântulas tinham em torno de três a quatro centímetros de altura, procedeu-se ao transplante de quinze mudas para cada vaso plástico com volume de 3,6 L (com diâmetro de 17 cm) contendo sílica lavada como substrato; imediatamente após o transplante das mudas foi fornecido 1 L de solução contendo fósforo, potássio e cálcio, diluída a 25% das concentrações empregadas na solução completa, evitando-se possível estresse salino (Lavres Jr. & Monteiro, 2006).

As soluções com as concentrações definitivas de S foram empregadas após o quarto dia do transplante das mudas e renovadas a cada dez dias; as soluções foram fornecidas pela manhã, circuladas através da sílica (coletando-se a solução em frasco plástico e reaplicando-se no vaso) quatro vezes ao dia e drenadas à noite, para permitir a aeração das raízes. Completava-se o volume das soluções diariamente com água desionizada, quando necessário. O pH inicial das soluções foi mantido em torno de 5,0. Desbastes periódicos foram realizados até permanecerem cinco plantas por vaso.

As plantas foram cultivadas em dois períodos de crescimento, ou seja, aos 42 dias do transplante das mudas, efetuou-se a primeiro corte, a 3 cm do colo das plantas, enquanto o segundo corte ocorreu aos 41 dias após o primeiro; imediatamente após o segundo corte, as raízes foram separadas da sílica e lavadas, sendo recuperadas mediante o uso de duas peneiras sobrepostas, com malhas de 0,25 e 1,00 mm de diâmetro; em ambas as colheitas a parte aérea foi separada nos seguintes componentes: folhas emergentes (FE = folhas do ápice da planta, ainda enroladas e sem lígula visível); lâminas das duas folhas recém-expandidas (LR = lâminas das duas folhas mais novas totalmente expandidas, com lígula visível); lâminas das folhas maduras (LM = lâminas das demais folhas totalmente expandidas) e em colmos mais bainhas (CB = colmos e bainhas que foram mantidos juntos).

Realizaram-se, no dia anterior a cada colheita das plantas, leituras SPAD, empregando-se o Chlorophyll Meter SPAD-502

(Minolta Camera Co., 1989) em duas lâminas de folhas recém-expandidas, de cinco plantas por vaso, computando-se a média de dez medições (Santos, 1997). A atividade da redutase do nitrato ( $\text{RNO}_3^-$ ), *in vivo*, foi determinada de acordo com o método descrito por Mulder et al. (1959), respectivamente, aos 26 dias após o transplante e aos 22 dias depois do primeiro corte, coletando-se amostras do terço médio das lâminas de folhas recém-expandidas, evitando-se a nervura central.

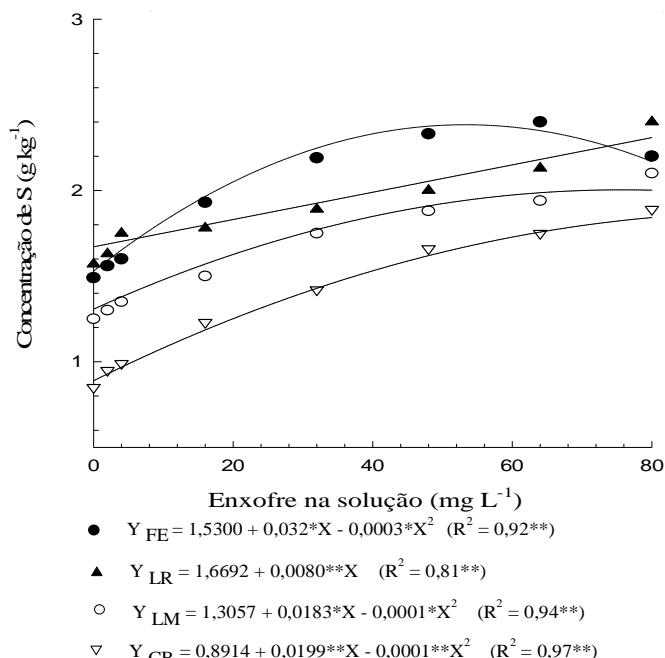
O material vegetal separado e colhido foi colocado para secar em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 70 °C durante 72 horas; todo o material vegetal foi pesado em balança de precisão; feitas as pesagens tratou-se de juntar o material em duplicata, para moagem em moinho de tipo Wiley, à partir da pesagem do material vegetal, obtiveram-se os resultados de produção de massa seca dos componentes da parte aérea e raízes.

Efetuar-se as análises químicas de enxofre no tecido vegetal conforme metodologia proposta por Sarruge & Haag (1974). Adotou-se o critério estabelecido por Ulrich & Hills (1973), que definiram nível crítico como a concentração do nutriente no tecido, que corresponde a 90% da produção máxima da cultura; dessa forma e com base nos valores de concentração de S nos componentes da parte aérea e as produções de massa seca do capim-Marandu, determinou-se a concentração crítica interna de S nos vários componentes da parte aérea, que apresentou maior coeficiente de correlação ( $r$ ) e significância para a relação. Os resultados foram submetidos a análise de variância utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 2000). Em função do nível de significância no teste F para as doses de S, procedeu-se ao estudo de regressão polinomial através do procedimento estatístico GLM (*General Linear Model*) do programa SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

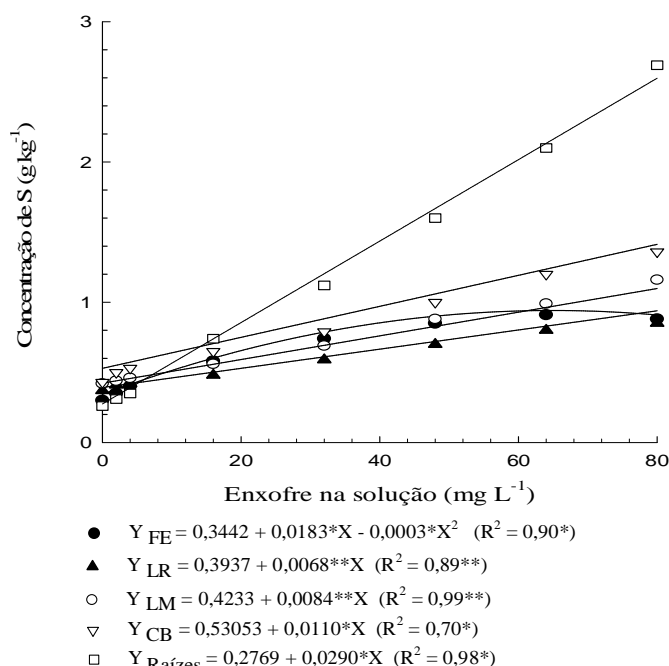
As concentrações de S quantificadas nos componentes da parte aérea nos dois cortes e nas raízes do capim-Marandu, foram influenciadas pelas doses de S na solução nutritiva (Figuras 1 e 2). Verificaram-se, para as folhas emergentes e em ambos os cortes, ajustes dos resultados ao modelo quadrático de regressão, o que permitiu calcular a máxima concentração de S no tecido quando o nutriente estava na solução 50 e 64  $\text{mg L}^{-1}$ , para o primeiro e segundo cortes, respectivamente; já para as lâminas de folhas recém-expandidas, a variação na concentração de S foi linear com as doses na solução nutritiva, evidenciando que a máxima concentração de S ocorreria além dos limites das doses do nutriente empregadas na solução. As raízes do capim-braquiária apresentaram maior concentração de S em relação às demais partes da planta sendo, em média, 65% superior àquelas na FE e LR, o que caracteriza a baixa redistribuição na planta.

As doses de S influenciaram positivamente os valores SPAD do capim-Marandu, os resultados desta determinação mostraram ajuste ao modelo linear de regressão no primeiro crescimento das plantas e ao modelo quadrático de regressão no segundo crescimento (Figura 3), neste segundo perí-



**Figura 1.** Concentração de S nos componentes da parte aérea (folhas emergentes - FE, lâminas abertas recentemente - LR, lâminas de folhas maduras - LM e caule + lâminas - CB), no primeiro corte do capim-Marandu, em função das doses de S em solução nutritiva

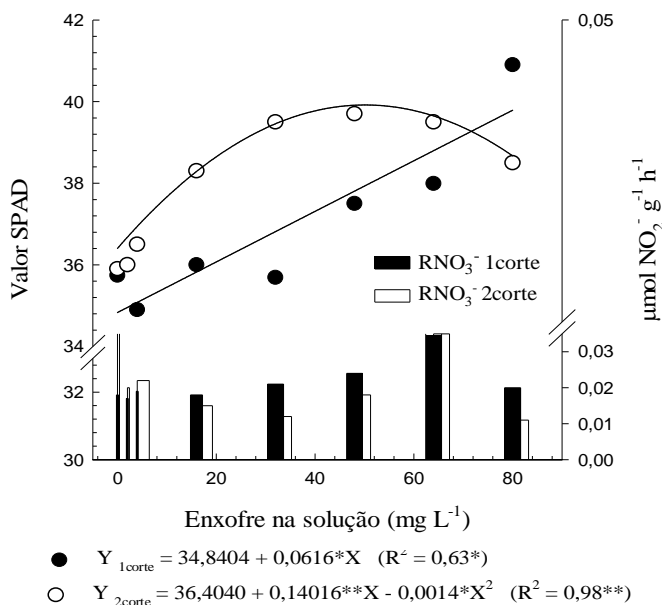
**Figure 1.** Sulphur concentrations in plant tops (emergent leaves, recently expanded lamina - LR, lamina of mature leaves - LM and stems plus sheaths - CB) of marandu grass in the first harvest, as a function of S rates in the solution



**Figura 2.** Concentração de S nos componentes da parte aérea (folhas emergentes - FE, lâminas abertas recentemente - LR, lâminas de folhas maduras - LM e caule + lâminas - CB) e nas raízes, no segundo corte do capim-Marandu, em função das doses de S em solução nutritiva

**Figure 2.** Sulphur concentrations in plant tops (emergent leaves, recently expanded lamina, lamina of mature leaves and stems plus sheaths) and in the roots of marandugrass in the second harvest, as a function of sulphur rates in the solution

odo de crescimento foi possível obter o ponto de máximo para a leitura SPAD (valor de 40 unidades) quando o enxofre estava na solução em 52 mg L<sup>-1</sup>.



**Figura 3.** Valores SPAD e atividade da redutase do nitrato em lâminas de folhas recém-expandidas (LR) do capim-Marandu, no primeiro e segundo cortes, em função das doses de S em solução nutritiva

**Figure 3.** SPAD values and nitrate reductase activity in the recently expanded lamina (LR) of marandugrass, in the first and second harvests, as a function of S rates in the nutrient solution

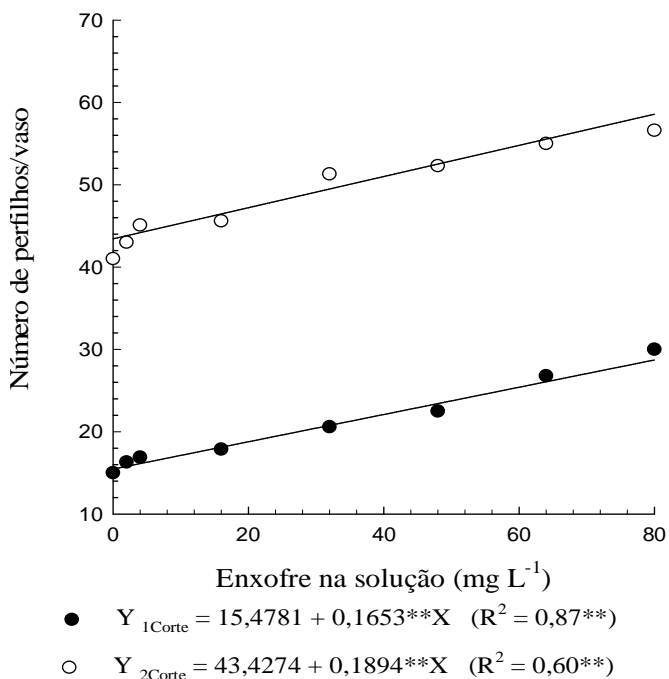
No primeiro crescimento das plantas a exigência em S pode ser maior em relação ao segundo, em função da construção de todo o aparato estrutural e o bioquímico do vegetal, efeito este que pode ser comprovado por meio do ajuste linear de regressão, permitindo-se aventar que, possivelmente, seriam obtidos valores superiores com o suprimento de S na solução até determinado patamar, designado como ponto de maturidade fotossintética e que, sem dúvida, foi alcançado no segundo crescimento das plantas. Embora o assunto seja bastante discutido para o nitrogênio (Bullock & Anderson, 1998; Schepers et al., 1992; Costa et al., 2001), pode-se levar em consideração a possível participação do S, visto que está envolvido na síntese da clorofila e na fotossíntese, como componente das ferredoxinas e tioredoxinas (Malavolta, 2006).

Os valores SPAD associados aos sintomas visuais de deficiência de S nas LR, no segundo crescimento das plantas, variaram de 36,4 a 36,9 unidades SPAD e corresponderam às concentrações, nessas lâminas foliares, de 0,39 a 0,42 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente da dose de S de 0 a 4 mg L<sup>-1</sup>. Werner et al. (1996) relataram, para *B. decumbens*, que as concentrações médias de S nas brotações e folhas verdes se encontram entre 0,80 e 2,50 g kg<sup>-1</sup>; deve-se considerar, porém, que as leituras com o clorofilômetro (SPAD-502, por exemplo) podem sofrer influência de outros nutrientes envolvidos na biossíntese e composição da clorofila, como o N, Fe, Mg, Mn e S (Shaahan et al., 1999; Lavres Jr. et al., 2005; Neves et al., 2005; Batista

& Monteiro, 2007); assim, em determinada condição do estado nutricional da planta, bem como o tipo de manifestação da deficiência (clorose, geralmente) e posição da folha (folha superior ou folha inferior) pode-se identificar o nutriente envolvido; portanto, o clorofilômetro pode ser utilizado, precisamente na avaliação do estado nutricional do vegetal, desde que seja conhecido o elemento limitante.

A análise de variância revelou que as doses de S influenciaram, apenas em 10% de probabilidade, a atividade da redutase do nitrato (RNO<sub>3</sub><sup>-</sup>), avaliada no tecido foliar das LR, nos dois períodos de crescimento das plantas (Figura 3). Uma possibilidade para tal efeito pode ser atribuída ao período de avaliação realizado tardiamente em relação à troca de solução nutritiva (nove dias após a troca de solução no primeiro crescimento e aos sete dias após o segundo). Lavres Jr. & Monteiro (2006) atribuíram as diferenças na atividade da redutase do nitrato, nos dois crescimentos do *P. maximum* Jacq. cv. Aruana, ao menor espaço de tempo entre o fornecimento de N e a avaliação efetuada, o que favorece a maior atividade enzimática; outra provável explicação pode estar associada ao mesmo “status” nutricional das plantas em relação ao N, ou seja, a concentração de N na solução nutritiva era a mesma para todos os tratamentos (doses de S). A atividade da enzima redutase do nitrato é influenciada, além da luminosidade e da temperatura, pela concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no substrato (Mengel & Kirkby, 2001).

Os perfilhos contados por ocasião dos cortes das plantas sofreram variação com as doses de S na solução nutritiva (Figura 4), apresentando ajuste ao modelo linear de regressão. Em ambas as épocas de avaliação, as plantas mantidas na mais elevada dose de S apresentaram maior número de

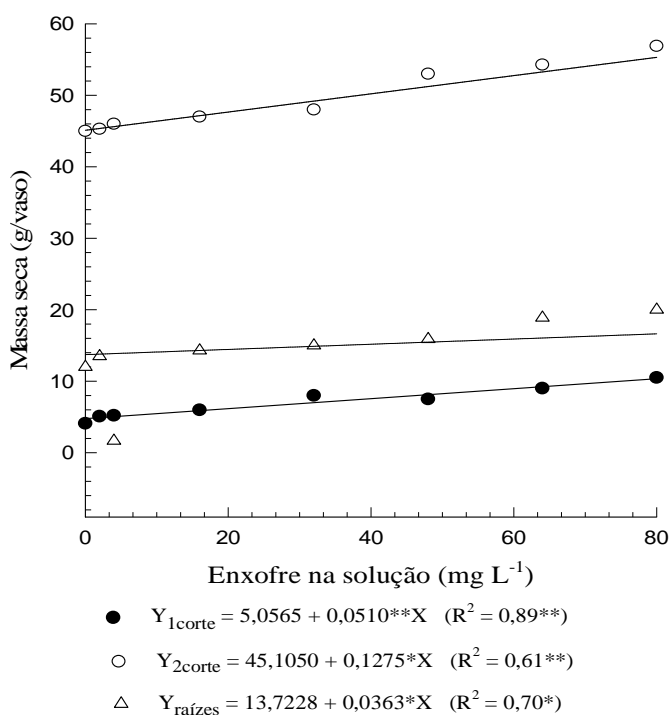


**Figura 4.** Número de perfilhos por vaso do capim-Marandu, no primeiro e segundo cortes, em função das doses de S em solução nutritiva

**Figure 4.** Number of Marandu grass tillers per pot, in the first and second harvests, as a function of S rates in the solution

perflhos em relação aos demais tratamentos. Com o aumento do suprimento de S na solução, da mais baixa dose para aquelas que corresponderam às máximas produções ( $80 \text{ mg L}^{-1}$ ), nos dois cortes, constatou-se incremento na produção de perflhos, de 85 e 35%, respectivamente, para os primeiro e segundo cortes, realçando a importância não só do S no rendimento produtivo dessas plantas mas também do suprimento do nutriente no estabelecimento da planta forrageira.

Comparando-se os máximos perfilhamentos do capim em ambos os crescimentos, constatou-se superioridade de 104% do segundo corte em relação ao primeiro, o que foi determinante para a maior produção de massa seca da parte aérea no segundo corte (Figura 5). Os cortes promovidos influenciam a indução das gemas basais (aumento da intensidade de luz incidente) e quebra da dominância apical; conseqüentemente, estimulam o perfilhamento (Langer, 1974). Pode-se inferir, também, que no segundo crescimento as plantas possuem maior volume radicular favorecendo maior absorção de água e nutrientes, o que está de acordo com os relatos de Lavres Jr. & Monteiro (2003) com o *P. maximum* Jacq. cv. Mombaça; Santos & Monteiro (1999) e Rodrigues et al. (2004) com o capim-braquiária e de Batista & Monteiro (2006) com o capim-Marandu.



**Figura 5.** Produção de massa seca da parte aérea e de raízes do capim-Marandu, no primeiro e segundo cortes, em função das doses de S em solução nutritiva

**Figure 5.** Yield of Marandu grass dry mass in the plant tops and root, in the first and second harvests, as a function of S rates in the solution

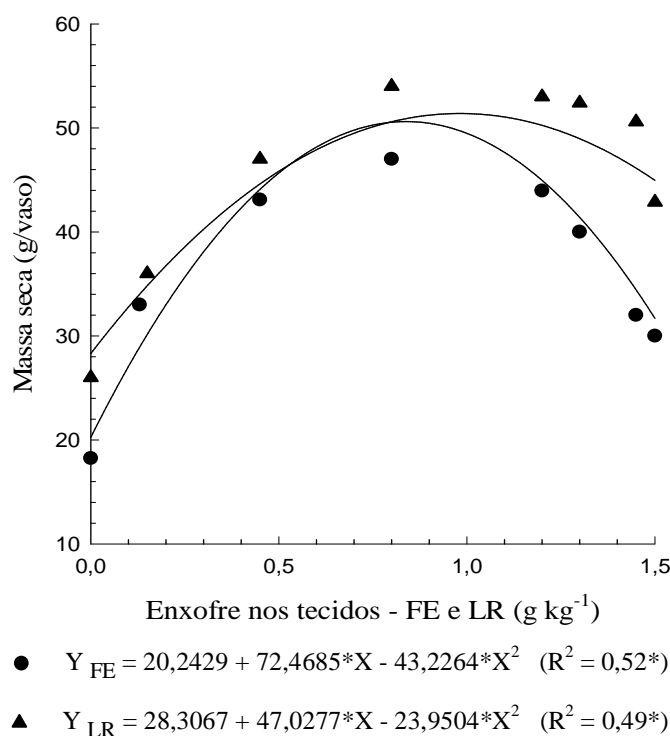
As produções de massa seca da parte aérea, nos dois cortes, e das raízes do capim-Marandu, foram influenciadas pelas doses de enxofre na solução nutritiva (Figura 5). Os resultados dessas produções se ajustaram, em todos os casos, ao modelo linear de regressão, evidenciando que os máximos valores poderiam ser obtidos em doses mais elevadas que as estudadas. A máxima produção

no segundo corte foi 83% superior ao primeiro corte, ambas obtidas com a dose de S de  $80 \text{ mg L}^{-1}$ , realçando a significância do S na rebrota e produção de massa seca do capim-braquiária.

Com o aumento do suprimento de S na solução, da mais baixa dose para a mais alta, constatou-se incremento na produção de massa seca das raízes de 21%, porém a produção de massa seca de raízes foi menor em relação àquela apresentada pela parte aérea, no segundo corte, evidenciando que a maior alocação de fotoassimilados e carbono se destina à manutenção do dossel, em condição de suprimento adequado de nutriente; já para o primeiro crescimento, pode-se inferir que grande parte da energia foi alocada sobretudo para a formação do sistema radicular e, deste modo, garantir o transporte de água e nutrientes a longa distância.

Santos & Monteiro (1999) atribuíram a maior produção de massa seca da parte aérea no segundo corte, em relação ao primeiro, à existência do maior volume de raízes o que pode ter favorecido a maior absorção de nutrientes e, naturalmente, maior desenvolvimento vegetativo das plantas; eles relataram, também, que no segundo cultivo a planta forrageira já se encontrava estabelecida.

Tendo em vista a caracterização da parte da planta para amostragem e se calculando o nível crítico de S no tecido, relacionou-se a produção de massa seca da parte aérea (90% da produção máxima), em cada um dos cortes, com as concentrações de S nas partes amostradas no capim-Marandu naquelas ocasiões. Para os resultados do primeiro corte, as relações entre



**Figura 6.** Relação entre a produção de massa seca da parte aérea (Y) e a concentração de S nas folhas emergentes (FE) e nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) do capim-Marandu (X), no segundo corte das plantas

**Figure 6.** Relation between Marandugrass dry mass yield of the plant tops (Y), and sulphur concentration in the emergent leaves (FE) and in the recently expanded lamina (LR) in the second harvest

essas variáveis se mostraram com coeficientes de correlação baixos ( $r$  entre 0,40 e 0,57); entretanto, constatou-se relação significativa no segundo corte entre as concentrações de S nas FE e LR e as produções de massa seca da parte aérea (Figura 6). Com base nessas relações foi possível calcular as concentrações críticas de S de  $0,50 \text{ g kg}^{-1}$  para as FE e de  $0,52 \text{ g kg}^{-1}$  para as LR; os mais altos coeficientes de correlação dentro dessas relações foram verificados para os componentes LR ( $r = 0,70^*$ ) e FE ( $r = 0,72^*$ ) no segundo corte, destacando-se a consistência das lâminas mais novas em refletir o nível crítico desse nutriente.

Constataram-se, também, relações significativas entre os valores SPAD e as concentrações de S nas LR, nos dois cortes (Figura 7). Calculou-se o valor crítico em uni-

dades SPAD apenas para o segundo crescimento das plantas, em função do ajuste ao modelo quadrático de regressão, o qual não foi verificado para o primeiro crescimento das plantas. O valor SPAD, que correspondente à concentração crítica de S nas LR do capim, foi de 38,5 unidades SPAD. As leituras SPAD têm relação direta com a concentração de S no tecido, visto que este nutriente é componente da acetil CoA e está envolvido na síntese da clorofila.

As LR têm sido consideradas o componente da parte aérea mais indicado para a avaliação do estado nutricional em nitrogênio (Santos, 1997; Abreu & Monteiro, 1999; Lavres Jr. & Monteiro, 2006) e enxofre (Batista & Monteiro, 2007), sendo destacando-se que a utilização desta parte da planta é viável, tanto pela facilidade de amostragem como pela maior estabilidade dos resultados quando comparada com a amostragem de toda a parte aérea. Para o nitrogênio, Manarin & Monteiro (2002) relataram mais altos coeficientes de correlação entre concentração nas FE e LR e a produção de massa seca, nos dois cortes efetuados no capim-mombaça, considerando as LR o componente mais aconselhado para amostragem, pela facilidade operacional. Monteiro (2004) relatou que as LR vêm sendo cada vez mais recomendadas na avaliação do estado nutricional dos capins, o que pode ser constatado no trabalho de Batista & Monteiro (2007) e, sobretudo, no presente estudo.

## CONCLUSÕES

As doses de S promoveram variações significativas nos valores SPAD e nos teores de S nos componentes da parte aérea e raízes do capim-Marandu.

O clorofilômetro pode ser utilizado para avaliação do estado nutricional do capim-Marandu quanto ao S, desde que este seja o elemento limitante.

As concentrações de S nas LR guardam relação com os valores SPAD.

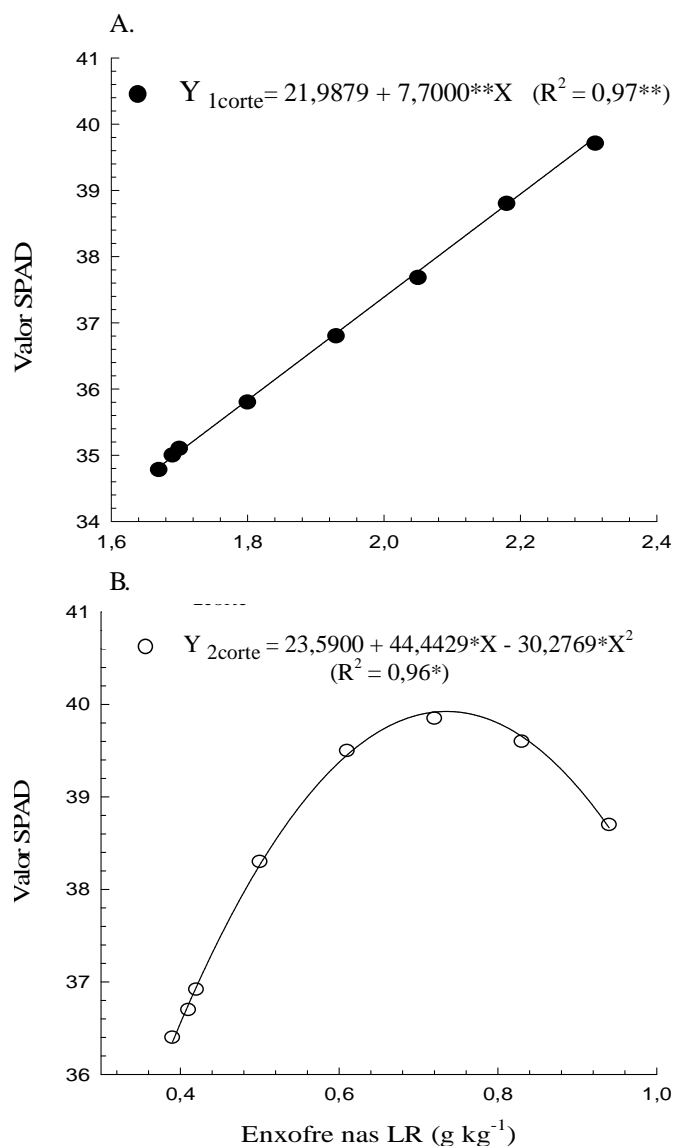
As LR e as FE podem ser consideradas componentes morfológicos da parte aérea do capim-Marandu mais indicados para a avaliação do estado nutricional em S.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa de Produtividade em Pesquisa, concedida a Francisco Antonio Monteiro, e de Pós-Doutorado Júnior (Ref. Proc. 150502/2007-9) concedida a José Lavres Junior. Os autores agradecem aos revisores pelas sugestões e correções no manuscrito.

## LITERATURA CITADA

Abreu, J.B.R.; Monteiro, F.A. Produção e nutrição do capim-marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. Boletim de Indústria Animal, v.56, p.137-146, 1999.



**Figura 7.** Relação entre as unidades de valor SPAD (Y) e a concentração de S nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) do capim-Marandu (X), no primeiro (A) e segundo (B) cortes das plantas

**Figure 7.** Relation between the SPAD values (Y), and sulphur concentration in the recently expanded lamina (RL) of Marandugrass (X) in the first (A) and second harvests (B)

- Abrol, Y.P.; Ahmad, A. Sulphur in plants. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003. 420p.
- Batista, K.; Monteiro, F. A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-Marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.1281-1288, 2006.
- Batista, K.; Monteiro, F. A. Nitrogen and sulphur in marandu grass: relationship between supply and concentration in leaf tissues. *Scientia Agricola*, v.64, p.44-51, 2007.
- Bomfim-Silva, E. M.; Monteiro, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.1289-1297, 2006.
- Bullock, D. G.; Anderson, D. S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. *Journal of Plant Nutrition*, v.21, p.741-755, 1998.
- Costa, C.; Dwyer, L. M.; Dutilleul, P.; Stewart, D. W.; Ma, B. L. Smith, D. L. Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, p.1173-1194, 2001.
- Cunha, M. K.; Siewerdt, L.; Silveira Jr., P.; Siewerdt, F. Doses de nitrogênio e enxofre na produção e qualidade a forragem de campo natural de planossolo no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.651-658, 2001.
- Friedrich, J.W.; Schrader, L. E. Sulfur deprivation and nitrogen-metabolism in maize seedlings. *Plant Physiology*, v.61, p.900-903, 1978.
- Langer, R.H.M. How grasses grow. London: Edward Arnold, 1974. 66p.
- Lavres Jr., J.; Boaretto, R. M.; Silva, M. L. S.; Correia, D.; Cabral, C. P.; Malavolta, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.145-151, 2005.
- Lavres Jr., J.; Monteiro, F. A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, p.1068-1075, 2003.
- Lavres Jr., J.; Monteiro, F. A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-arauana em condições controladas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.829-837, 2006.
- Leustek, T.; Martin, M. N.; Bick, J. A.; Davies, J. P. Pathways and regulation of sulfur metabolism revealed through molecular and genetic studies. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.51, p.141-165, 2000.
- Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Rosolem, C. A.; Kliemann, H. J.; Fageria, N. K.; Guimaraes, P. T. G.; Malavolta, M. L. Sulphur in Brazilian agriculture. *Sulphur in Agriculture*, v.11, p.2-5, 1987.
- Manarin, C. A.; Monteiro, F. A. Nitrogênio na produção e diagnose foliar do capim-Mombaça. *Boletim de Indústria Animal*, v.59, p.115-123, 2002.
- Mattos, W. T.; Monteiro, F. A. Produção e nutrição do capim-braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. *Boletim de Indústria Animal*, v.60, p.1-10, 2003.
- Mengel, K.; Kirkby, E. Principles of plant nutrition. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- Minolta Camera Co. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Osaka: Minolta radiometric instruments division Japan, 1989. 22p.
- Monteiro, F.A. Concentração e distribuição de nutrientes em gramíneas e leguminosas forrageiras. In: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 2, 2004, Viçosa. Anais... Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.71-107.
- Mulder, E. G.; Boxma, R.; van Venn, W. L. The effect of molybdenum and nitrogen deficiencies on nitrate reduction in plant tissue. *Plant and Soil*, v.10, p.335-355, 1959.
- Neves, O. S. C.; Carvalho, J. G.; Martins, F. A. D.; Padua, T. R. P.; Pinho, P. J. Use of SPAD-502 in the evaluation of chlorophyll contents and nutritional status of herbaceous cotton to nitrogen, sulphur, iron and manganese. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.517-521, 2005.
- Oliveira, P. P. A.; Trivelin, P. C. O.; Oliveira, W. S.; Corsi, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um neossolo quartzarênico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.1121-1129, 2005.
- Rodrigues, R. C.; Mattos, H. B.; Pereira, W. L. M.; Andreotti, N. F.; Santos, A. L. Perfilhamento do capim-braquiária cultivada em solo proveniente de uma pastagem degradada em função de doses de enxofre, nitrogênio e de calcário. *Boletim de Indústria Animal*, v.61, p.39-47, 2004.
- Santos, A. R. Diagnose nutricional e respostas do capim-braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1997. 115p. Tese de Doutorado.
- Santos, A. R.; Monteiro, F. A. Produção e perfilhamento de *Brachiaria decumbens* Stapf. em função de doses de enxofre. *Scientia Agricola*, v.56, p.689-692, 1999.
- Sarruge, J. R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.1, p.231-233, 1975.
- Sarruge, J. R.; Haag, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SAS Institute Inc. SAS/STAT. User's Guide, version 8.0. Cary: SAS Institute Inc., 2000.
- Schepers, J. S.; Francis, D. D.; Vigil, M.; Below, F. E. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v.23, p.2173-2187, 1992.
- Shaahan, M.M.; El-Sayed, A.A.; Abou El-Nour, E.A.A. Predicting nitrogen, magnesium and iron nutritional status in some perennial crops using a portable chlorophyll meter. *Scientia Horticulturae*, v.82, p.339-348, 1999.
- Ulrich, A.; Hills, E. J. Plant analysis as an acid fertilizing sugar crops: part I. Sugar beets. Principles and practices of plant analysis. In: Walsh, L. M.; Beaton, J. D. (ed.) Soil testing and plant analysis. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p.271-288.
- Werner, J. C.; Paulino, V. T.; Cantarella, H.; Andrade, N. O.; Quaggio, J. A. Forrageiras. In: Raij, B.van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (ed.) Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas/Fundação IAC, 1996. p.263-273. (Boletim Técnico 100)