



**INÊZ PEREIRA DA SILVA**

**PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO MINERAL DE  
*Panicum maximum* Jacq. cv TANZÂNIA  
ADUBADO COM NITROGÊNIO NA REGIÃO  
CENTRAL DE MINAS GERAIS**

**LAVRAS – MG**

**2013**

**INÊZ PEREIRA DA SILVA**

**PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO MINERAL DE *Panicum maximum* Jacq. cv  
TANZÂNIA ADUBADO COM NITROGÊNIO NA REGIÃO CENTRAL  
DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Mozart Martins Ferreira

**LAVRAS - MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Silva, Inêz Pereira da.

Produção e nutrição mineral de *Panicum maximum* Jacq. cv  
Tanzânia adubado com nitrogênio na Região Central de Minas  
Gerais / Inêz Pereira da Silva. – Lavras : UFLA, 2013.

96 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Mozart Martins Ferreira.

Bibliografia.

1. Fertilidade do solo. 2. Nutrição de plantas. 3. Pastagem. 4.  
Adubação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.84

**INÊZ PEREIRA DA SILVA**

**PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO MINERAL DE *Panicum maximum* Jacq. cv  
TANZÂNIA ADUBADO COM NITROGÊNIO NA REGIÃO CENTRAL  
DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 8 de agosto de 2013.

Dra. Maria Celuta Machado Viana	EPAMIG
Dr. Francisco Morel Freire	EPAMIG
Dr. Cleber Lázaro Rodas	UFLA
Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães	EPAMIG

Dr. Mozart Martins Ferreira  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2013**

A Deus,  
A professora Janice Guedes de Carvalho (*in memoriam*)  
Aos meus amigos e familiares,  
E a todos que acreditaram na minha capacidade.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Dedicação, determinação... Fim de uma etapa vencida, mais um sonho realizado!!!

Agradeço a DEUS, pela vida e por tudo;

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência do Solo (DCS), pela oportunidade da realização do curso de pós-graduação;

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) – Fazenda Experimental de Santa Rita/EPAMIG, município de Prudente de Moraes-MG, pelo apoio e condições favoráveis que disponibilizaram para o experimento da tese.

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

Ao professor Mozart Martins Ferreira, pelo apoio, orientação, amizade, incentivo e valiosos ensinamentos.

Ao Dr. Cleber Lázaro Rodas, pela orientação, amizade, dedicação e sugestões.

Aos pesquisadores Francisco Morel Freire e Maria Celuta Machado Viana, pelo apoio, compreensão, orientação, amizade, incentivo e valiosos ensinamentos.

Ao Pesquisador Paulo Gontijo, pelo apoio e sugestões.

À Dr<sup>a</sup>. Ana Rosa Ribeiro Bastos, pela amizade, atenção e sugestões.

Ao professor Nilton Curi, pelo apoio, amizade, conselhos, incentivo e valiosos ensinamentos.

À professora Janice Guedes de Carvalho (*in memoriam*), pela orientação, amizade, confiança, dedicação...

Aos meus familiares, meus pais Valdivino e Odete pela compreensão e confiança.

Aos professores do DCS, pelos valiosos conhecimentos transmitidos neste período.

À Dirce pela amizade, apoio, paciência e dedicação;

Aos funcionários e pesquisadores da Fazenda Experimental de Santa Rita/EPAMIG, pela amizade, convivência e pelo apoio.

Aos estagiários da Epamig, pelo apoio, amizade.

Aos amigos Danuza, Agda, Édio, Gildi, Tadeu, Alessandra, Aline, à família Costa, pelas palavras de conforto e amizade.

Aos funcionários do DCS, pela amizade.

Aos colegas da pós-graduação, pela agradável convivência.

Aos amigos do Laboratório, Adalberto, Mauro, Guilherme, Viviane, Lívia, Douglas, Ewerton, Eder, Lorena, Cibelle e Flaviana, por tornar o dia a dia mais divertido e agradável.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse sonho realizado e acreditaram na minha capacidade.

Muito obrigada!

“A diferença entre o possível e o impossível está na vontade humana.”

Louis Pasteur



## RESUMO GERAL

Objetivou-se verificar a influência do nitrogênio na produção de forragem e na nutrição mineral do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia, nas quatro estações do ano, em resposta à adubação nitrogenada, sob irrigação. Foram avaliadas doses anuais de N (0, 200, 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de ureia. O teor de NO<sub>3</sub> na seiva foi determinado pelo medidor portátil com eletrodo seletivo NO<sub>3</sub> e a leitura SPAD, utilizando-se o aparelho portátil chlorophyll, meter SPAD-502. Para avaliação da produção de matéria seca e análise de macro e micronutrientes total na forragem coletou-se a parte aérea do capim, a 30 cm do solo. O teor de NO<sub>3</sub> na seiva e a leitura SPAD apresentam boa capacidade de predizer a produção de forragem. As maiores produções de forragem foram obtidas no verão. A aplicação de N eleva a produção de forragem em todas as estações do ano. No entanto, no inverno, as respostas do capim-Tanzânia às doses de N aplicadas são comprometidas pelas condições climáticas desfavoráveis. A adubação nitrogenada propicia aumento nos teores de N, Ca, Mg,S e dos micronutrientes na matéria seca do capim-Tanzânia e decréscimos nos de P, nos dois anos, e de K, verificado especialmente no segundo ano.

Palavras-chave: Produção de forragem. Nutrição de plantas. Fertilidade do solo.

## GENERAL ABSTRACT

We aimed at verifying the influence of nitrogen (N) in the production of forage and in the mineral nutrition of the *Panicum maximum* grass cv. Tanzania, in the four seasons of the year, in response to nitrogen fertilization, under irrigation. We evaluated annual doses of N (0, 200, 400 and 800 kg ha<sup>-1</sup>) in the form of urea. The NO<sub>3</sub> content in the sap was determined using a portable meter with NO<sub>3</sub> selective electrode and the SPAD reading, using the SPAD-502 portable chlorophyll meter. For the evaluation of dry matter production and the analysis of total macro and micronutrients in the forage, we collected the grass shoot, at 30 cm from the soil. The NO<sub>3</sub> content in the sap and SPAD reading presented good capacity for predicting grass production. The highest forage productions were obtained in the summer. Nitrogen application increases forage production in all seasons. However, in the winter, the responses from the Tanzania grass to the N rates applied are compromised by unfavorable weather conditions. Nitrogen fertilization promotes increase in N, Ca, Mg, S and micronutrient contents in the dry matter of the Tanzania grass and decrease in P content, in both years, and K content, verified especially in the second year.

Keywords: Forage production. Plant nutrition. Soil fertility.

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> ..... 11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> ..... 13
<b>2.1</b>	<i>Panicum maximum</i> Jacq. cv Tanzânia ..... 13
<b>2.2</b>	Estacionalidade da produção de forragens ..... 13
<b>2.3</b>	Irrigação de pastagens ..... 14
<b>2.4</b>	Fertilização nitrogenada em pastagens ..... 16
<b>2.5</b>	Macronutrientes e micronutrientes ..... 18
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> ..... 21
	<b>REFERÊNCIAS</b> ..... 22
	<b>SEGUNDA PARTE - ARTIGOS</b> ..... 25
	<b>ARTIGO 1</b> Production and nutrition of irrigated <i>Panicum maximum</i> Jacq. cv Tanzania Grass in response to nitrogen fertilization in different seasons ..... 25
	<b>ARTIGO 2</b> Teores de macronutrientes e produção de forragem do capim-Tanzânia ( <i>Panicum maximum</i> Jacq.) irrigado em função da adubação nitrogenada ..... 47
	<b>ARTIGO 3</b> Teores de micronutrientes do capim – Tanzânia ( <i>Panicum maximum</i> ), sob adubação nitrogenada ..... 73

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1 INTRODUÇÃO**

A bovinocultura é um dos principais destaques do agronegócio brasileiro no cenário mundial. O Brasil detém o segundo maior rebanho efetivo do mundo, com cerca de 200 milhões de cabeças. O rebanho bovino brasileiro proporciona o desenvolvimento de dois segmentos lucrativos: as cadeias produtivas da carne e leite. Entre os Estados, Minas Gerais se destaca em segundo lugar com o maior rebanho de bovino (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011). Dada à importância da pecuária mineira e sabendo-se que a produção animal baseia-se, grande parte, em pastagens, isso as torna importantes dentro dessa cadeia produtiva.

Na região Central de Minas Gerais, a pecuária é extensiva e dependente de pastagens, que é a forma mais prática e econômica para a alimentação de bovinos. Nesse contexto, dentre as tecnologias que buscam o incremento da produtividade e da qualidade das pastagens, merece ser destacada a adubação nitrogenada.

O nitrogênio (N) é considerado o principal nutriente para a manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, constitui as proteínas e é responsável por características do porte da planta, como tamanho das folhas e do colmo, emissão e desenvolvimento dos perfilhos, com efeito, bastante pronunciado sobre o conteúdo de proteína bruta da planta e sua digestibilidade (OLIVEIRA, 2008). A dinâmica do N no solo é muito complexa e diferenciada, em relação aos outros nutrientes. E, por isso, existe uma dificuldade de se definir qual a melhor dose a ser aplicada para as diferentes espécies forrageiras (COSTA; OLIVEIRA; FAQUIN, 2006).

O capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) responde bem à adubação e altas produções forrageiras têm sido obtidas com elevadas doses de nitrogênio (VELOSO, 2012). Portanto, o manejo correto do solo, a prática de adubação e o conhecimento das exigências nutricionais das plantas forrageiras são fatores importantes, pois interferem na produção e na qualidade das pastagens.

Objetivou-se, neste trabalho, verificar a influência do nitrogênio na produção de forragem e na nutrição mineral do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia, nas quatro estações do ano, em resposta à adubação nitrogenada, sob irrigação.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 *Panicum maximum* Jacq. cv Tanzânia**

A espécie *Panicum maximum* Jacq. cv Tanzânia é originária da África tropical e tem grande importância no cenário brasileiro, sendo bem adaptada a solos profundos, bem drenados e com fertilidade de média a elevada. Por essa razão, grande parte dos estudos envolvendo cultivares de forrageiras está sendo direcionado para essa espécie. Os estudos sobre a nutrição mineral dessa gramínea, com o intuito de suprir suas necessidades em nutrientes e permitir que expresse todo seu potencial de produtividade é de grande importância (VALLE; JANK; RESENDE, 2009).

O capim-Tanzânia foi lançado pela Embrapa em 1990, possui desenvolvimento vigoroso, é exigente em fertilidade e desenvolve-se melhor em regiões de solos de textura média e bem drenados, com precipitação anual em torno de 1000 mm. Tem elevado potencial de produção, adaptando-se muito bem no Brasil, o que se reflete em grande aceitação por técnicos e produtores (VELOSO, 2012).

### **2.2 Estacionalidade da produção de forragens**

O pasto é a principal fonte de alimento na pecuária brasileira, contribuindo assim para a produção de carne e leite. No entanto, nas épocas de seca, há baixa disponibilidade de forragens, é necessário o uso de suplemento para manter a produção, o que eleva o custo da produção de leite e carne. A alta produtividade de forragem na época chuvosa e baixa na seca é definida como

estacionalidade de produção. Ela tem sido alvo de vários estudos em decorrência da grande importância nos sistemas de produção animal a pasto (MOTA, 2008).

Uma melhor distribuição da produção durante o ano faz com que menores variações no desempenho e lotação animal, em pastagens, sejam observadas. Além desse aspecto, reduz-se a necessidade de conservação de forragens para alimentação do rebanho, durante o período seco e frio do ano.

Segundo Mendonça e Rassini (2006), os principais fatores envolvidos na estacionalidade são: características fisiológicas da planta forrageira, deficiência hídrica, radiação solar, fotoperíodo e temperatura. Embora a radiação solar e a temperatura do ar sejam igualmente importantes para a produção de biomassa, esses atributos representam papéis diferentes na ecofisiologia vegetal. A radiação é a fonte da energia que é convertida em biomassa vegetal e a temperatura está associada à eficiência dos processos metabólicos envolvidos nessa conversão, alterando o desempenho de várias enzimas. Além disso, a estacionalidade também está diretamente relacionada ao manejo da adubação e quantidade de água fornecida à cultura. Portanto, a irrigação de pastagens surge como uma tentativa para minimizar as perdas de produção pela estacionalidade, eliminando o efeito do estresse hídrico, imposto à cultura durante a época da seca e mantendo a taxa de lotação no outono-inverno o mais próxima possível da alcançada na primavera-verão (AZEVEDO; SAAD, 2009).

### **2.3 Irrigação de pastagens**

As pastagens brasileiras são cultivadas em áreas sujeitas às variações climáticas de temperatura, de radiação solar e de índice pluviométrico. A produtividade, da maioria das gramíneas tropicais, diminui quando algum desses fatores torna-se limitante (FABRÍCIO et al., 2010). A irrigação pode minimizar

os efeitos da seca, repondo ao solo a umidade necessária ao crescimento da pastagem, desde que a temperatura e a luminosidade não sejam limitantes.

A irrigação é uma técnica que tem a capacidade de substituir a precipitação pluviométrica. Estudos vêm sendo realizados com a finalidade de obter informações sobre o manejo, produtividade, qualidade e exigências nutricionais de diferentes espécies vegetais, em áreas irrigadas.

Mesmo com as informações de pesquisas a respeito da adubação de pastagens irrigadas, comprovando a sua eficiência, essa técnica é utilizada abaixo do seu potencial por pecuaristas brasileiros. A irrigação proporciona maior equilíbrio na produtividade de matéria seca, entre as estações outono/inverno e primavera/verão (VELOSO, 2012).

Com a associação de temperatura, radiação solar e água em quantidades adequadas (condições climáticas favoráveis) e elevados níveis de adubação, principalmente a nitrogenada, a velocidade de recuperação do pasto é mais rápida, obtendo-se alta produtividade e de alto valor nutritivo (ALENCAR et al., 2009; BARBOSA et al., 2007; MARTHA JÚNIOR et al., 2004).

As condições edafoclimáticas na Região Central de Minas Gerais permitem a exploração de leite a pasto o ano inteiro, além de serem adequadas à produção de forrageiras de alto potencial, desde que sejam manejadas corretamente. Entretanto, no período de maio a outubro, essa região apresenta acentuado déficit hídrico, ocasionando redução na disponibilidade de forragem e baixa capacidade de suporte das pastagens. Nessa época, mesmo quando irrigadas, as pastagens não superam essa limitação (VIANA, 2006). Isso ocorre em consequência das temperaturas mais baixas e do período de luminosidade mais curto, com reflexos negativos na pecuária de leite e na produção animal.

Desta maneira, a geração de informações sobre o desempenho de espécies forrageiras irrigadas, no período da seca e de veranicos, para a região Central de Minas Gerais é importante, uma vez que, a sua utilização em



determinadas épocas do ano pode contribuir para maximizar a produção de leite e viabilizar economicamente a pecuária de leite nessa região.

#### **2.4 Fertilização nitrogenada em pastagens**

A fertilidade do solo é um dos fatores determinantes no processo de produção de forragem, quando se deseja alcançar a sustentabilidade da exploração intensiva (VELOSO, 2012). A prática da adubação nitrogenada melhora a produção de massa e a composição química do capim-Tanzânia, aumentando positivamente o seu valor nutritivo (PATÊS et al., 2008).

A adubação nitrogenada é fundamental para a manutenção da produtividade do pasto e para sua sustentabilidade, uma vez que a deficiência de nitrogênio é o primeiro fator desencadeador do processo de degradação (VIANA et al., 2011). O N é o principal constituinte das proteínas e responsável por características do porte da planta, como tamanho das folhas e do colmo, emissão e desenvolvimento dos perfilhos, com efeito bastante pronunciado sobre o conteúdo de proteína bruta da planta e sua digestibilidade (OLIVEIRA, 2008).

Viana et al. (2011) avaliaram a adubação nitrogenada na produção e composição química do capim braquiária sob pastejo rotacionado e verificou-se que a produção aumentou de forma linear, com o aumento das doses de N aplicado ao solo. Bennett et al. (2008) trabalharam com produtividade e composição bromatológica do capim *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em função de fontes e doses de nitrogênio e observaram que, independente da fonte nitrogenada, a aplicação de doses crescentes de N, na forrageira Marandu, proporcionou incremento na produção de massa seca, com melhoria da composição bromatológica, por aumentar os teores de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais e diminuir os teores de fibras em detergente neutro e fibras em detergente ácido.

A disponibilidade de N é um dos fatores que mais limita o crescimento e a produtividade das plantas, pois é requerido em todas as fases do desenvolvimento vegetal (MARSCHNER, 2012). Plantas deficientes em N apresentam-se amareladas e com crescimento reduzido. A clorose desenvolve-se primeiro nas folhas mais velhas, com as mais novas permanecendo verdes. Em casos de deficiências severas, as folhas adquirem coloração marrom e morrem (RAIJ, 2011). O N é constituinte de vários compostos em plantas, destacando-se os aminoácidos, ácidos nucléicos e clorofila. Assim, as principais reações bioquímicas em plantas envolvem a presença do N, o que o torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades por plantas cultivadas (CANTARELLA, 2007).

O excesso de N, por outro lado, pode estimular o crescimento vegetativo, proporcionando folhas mais suculentas e suscetíveis a doenças, podendo também acumular nitrato.

As vantagens da adubação não se resumem somente à maior produção vegetal e indiretamente animal, também há melhoria nas características químicas e físicas do solo e da pastagem a longo prazo, redução da derrubada de matas nativas, contribuindo sensivelmente com a qualidade do meio ambiente.

Gargantini (2005) avaliou a combinação da irrigação com a adubação nitrogenada na produção e qualidade do capim-Mombaça, na região Oeste do estado de São Paulo e verificou resposta positiva dessa combinação sobre o aumento de produtividade da matéria seca e da redução da sazonalidade da produção de forragem, mesmo testando doses consideradas elevadas, como 850 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N. O autor concluiu que novos estudos, com doses ainda mais elevadas, tornam-se necessários, a fim de identificar possíveis respostas de produtividade, naquela região.

## 2.5 Macronutrientes e micronutrientes

As plantas necessitam de nutrientes para o crescimento e formação de seus tecidos. Esses nutrientes podem ser exigidos em quantidades maiores (macronutrientes) ou menores quantidades (micronutrientes), entretanto os micronutrientes não são menos importantes que os macronutrientes, pois, a sua ausência limita ou até paralisa o crescimento das plantas.

Um dos pontos mais importantes a ser levado em consideração, para se aumentar a eficiência agrônômica dos macro e micronutrientes, é o conhecimento dos fatores que afetam a disponibilidade dos mesmos, inclusive os possíveis antagonismos e sinergismos fisiológicos entre os vários nutrientes.

**Nitrogênio (N)** - Em condições adversas, principalmente as relacionadas ao teor de matéria orgânica, umidade e textura do solo, época e método de aplicação do fertilizante, o nitrogênio é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo.

A forma de N, utilizada nas culturas, pode afetar a absorção de cátions e ânions do solo. Com o N na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) pode ocorrer o aumento de cátions Ca, Mg e K e menores de P e S. Ao passo que, com a utilização de N na forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) pode-se encontrar maiores teores de P e S na massa seca das plantas. Esse comportamento diferenciado para cada forma empregada é devido ao balanço de cátions e ânions.

**Potássio (K)** - O  $\text{K}^+$  é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Tem importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais. Esse nutriente é um regulador da atividade celular, promovendo a síntese de carboidrato e de proteína. A falta de K faz com que ocorra acúmulo de produtos nitrogenados e açúcares solúveis.

**Fósforo (P)** - Em solos ácidos, que apresentam elevados teores de Fe, e Al, parte do P disponível é fixada, formando compostos de Fe e Al. A presença do Mg na solução do solo apresenta efeito sinérgico na absorção do P, tendo em vista que o Mg funciona como carregador do P, explicado pela ativação da ATPase nas membranas, contribuindo com a absorção e também pela geração de ATP na fotossíntese e na respiração.

**Cálcio (Ca)** - A absorção do cálcio é como  $\text{Ca}^{2+}$ , podendo sua absorção ser diminuída, em presença de altas concentrações de  $\text{K}^+$  e de  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{NH}_4^+$ . Uma das principais funções do Ca é na estrutura da planta, como integrante da parede celular.

**Magnésio (Mg)** - É absorvido como  $\text{Mg}^{2+}$ , sendo fortemente influenciado pela presença de  $\text{K}^+$  e de  $\text{Ca}^{2+}$  no meio. O Mg faz parte na composição química da clorofila, sendo fundamental nos processos de fotossíntese. É ativador de várias enzimas relacionadas à síntese de carboidratos e outras envolvidas na síntese de ácidos nucleicos e é carregador do P.

**Enxofre (S)** - A maior parte do S do solo está na forma orgânica, que, por via microbiana, é convertida à forma disponível para a planta. A absorção do  $\text{SO}_4^{2-}$  é aparentemente reduzida pela presença de  $\text{Cl}^-$  em excesso; altos teores de Se, em alguns solos, podem induzir à carência de S.

**Boro (B)** - Em condições de seca, acelera o aparecimento de sintomas de deficiência, que, muitas vezes tendem a desaparecer quando a umidade do solo atinge níveis adequados. Dois fatores explicam esse comportamento pois a matéria orgânica é uma importante fonte de boro para o solo. Sob condições de seca, a decomposição dessas diminui, liberando menos boro para a solução do solo. Condições de seca reduzem também o crescimento das raízes, induzindo à menor exploração do volume do solo, o que leva a um menor índice de absorção de nutrientes, inclusive boro.

**Cobre (Cu)** - Solos orgânicos são os mais prováveis de apresentarem deficiência de cobre. Tais solos, geralmente, apresentam abundância desse micronutriente, mas formam complexos tão estáveis com a matéria orgânica que somente pequenas quantidades são disponíveis para a cultura. Presença excessiva de íons metálicos, como Fe, Mn e Al, reduzem a disponibilidade de Cu para as plantas. Esse efeito é independente do tipo de solo.

**Ferro (Fe)** - A deficiência de Fe, na maioria das vezes, é causada por desequilíbrio em relação a outros metais, tais como molibdênio, cobre e manganês. Outros fatores que podem levar à deficiência de ferro são: excesso de fósforo no solo, efeitos combinados de pH elevado, calagem excessiva, encharcamento, baixas temperaturas e altos níveis de bicarbonato.

**Manganês (Mn)** - Solos orgânicos pela formação de complexos muito estáveis entre matéria orgânica e manganês, tendem a apresentar problemas de deficiência. A umidade do solo também afeta a disponibilidade de manganês. Os sintomas de deficiência são mais severos em solos com alto teor de matéria orgânica durante a estação fria, quando esses estão saturados de umidade. Os sintomas tendem a desaparecer à medida que o solo seca e a temperatura se eleva. Excesso de Ca, Mg e Fe podem, também, causar deficiências de Mn.

**Zinco (Zn)** - Alguns solos, quando recebem doses de corretivos para elevar o pH acima de 6,0, podem desenvolver sérias deficiências de Zn, principalmente se forem arenosos. Deficiências de Zn podem ocorrer quando se usam altas doses de fertilizantes fosfatados.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Elevadas produções em pasto do capim -Tanzânia podem ser alcançadas, quando a fertilidade do solo, fator determinante para que a produção sustentável dos sistemas intensivos e seu manejo adequado atendam às exigências da planta. Assim, este estudo torna-se de suma importância, pois gera informações específicas para região central de Minas Gerais, uma vez que a utilização desses resultados pode contribuir para melhorar a eficiência da produção de leite e viabilizar economicamente a pecuária nessa região.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, C. A. B. et al. Produção de capins cultivados sob pastejo em diferentes lâminas de irrigação e estações anuais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 680-686, nov./dez. 2009.

AZEVEDO, L. P.; SAAD, J. C. C. Irrigação de pastagens via pivô central, na bovinocultura de corte. **Irriga**, Botucatu, v. 14, p. 492-503, out./dez. 2009.

BARBOSA, R. A. et al. capim-Tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 329-340, mar. 2007.

BENETT, C. G. S. et al. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, set./out. 2008.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero brachiaria em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2006. 60 p.

FABRÍCIO, J. A. et al. Produtividade e composição bromatológica do capim-Tobiatã com adubação NPK. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 333-337, 2010.

GARGANTINI, P. E. **Irrigação e adubação nitrogenada em capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) na região oeste do estado de São Paulo**. 2005. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2011/default\\_pdf.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2011/default_pdf.shtm)>. Acesso em: 19 jul. 2013.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3<sup>rd</sup> ed. London: Academic, 2012. 651 p.

MARTHA JÚNIOR, G. B. et al. Intensidade de desfolha e produção de forragem do capim-Tanzânia irrigado na primavera e no verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 927-936, set. 2004.

MENDONÇA, F. C.; RASSINI, J. B. **Temperatura-base inferior e estacionalidade de produção de gramíneas forrageiras tropicais**. São Carlos: EMBRAPA, 2006. 9 p. (Circular Técnica, 45).

MOTA, V. J. G. **Lâmina de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv. Pioneiro, no norte de Minas Gerais**. 2008. 69 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2008.

OLIVEIRA, D. A. **Características produtivas e valor nutritivo num ano de recuperação do capim-Braquiária com aplicações de nitrogênio e enxofre**. 2008. 119 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.



PATÊS, N. M. S. et al. Produção e valor nutritivo do capim-Tanzânia fertilizado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 11, p. 1934-1939, nov. 2008.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 4, p. 460-472, jul./ago. 2009.

VELOSO, A. L. C. **Pastagem irrigada de *Panicum maximum* jacq cv Tanzânia adubada com fósforo e nitrogênio sobre a produção, valor nutritivo e atributos do solo no norte de Minas Gerais**. 2012. 90 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

VIANA, M. C. M. **Respostas ecofisiológicas e bromatológicas de gramíneas forrageiras tropicais cultivadas em sistema irrigado e de sequeiro**. 2006. 103 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

VIANA, M. C. M. et al. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 7, p. 1497-1503, jul. 2011.

**SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**

**ARTIGO 1 Production and nutrition of irrigated *Panicum maximum* Jacq.  
cv Tanzania Grass in response to nitrogen fertilization in  
different seasons**

**PRODUCTION AND NUTRITION OF IRRIGATED *Panicum Maximum* Jacq. cv TANZANIA GRASS IN RESPONSE TO NITROGEN FERTILIZATION IN DIFFERENT SEASONS**

Maria Celuta Machado Viana<sup>1</sup>, Inêz Pereira da Silva<sup>2</sup>, Francisco Morel Freire<sup>3</sup>, Mozart Martins Ferreira<sup>4</sup>, Édio Luiz da Costa<sup>5</sup>, Maria Helena Tabim Mascarenhas<sup>6</sup>, Matheus Teixeira Ferreira<sup>7</sup>

<sup>1,3,6,7</sup> EPAMIG Centro-Oeste – Prudente de Morais, MG, Brazil,  
mcv@epamig.br

<sup>2,4</sup> Departamento de Ciência do Solo da UFLA – Lavras, MG, Brazil

<sup>5</sup> Universidade Federal de São João Del Rei - Sete Lagoas, MG, Brazil

**ABSTRACT** – The aim of this study was to evaluate in the four seasons of the year the effects of nitrogen (N) fertilization on forage production, nitrate (NO<sub>3</sub>) in the sap, total N in the forage and relative chlorophyll index (SPAD reading) in the leaves of irrigated *Panicum maximum* cv. Tanzania grass, establishing their critical ranges. In addition, it was evaluated the ability to predict forage production based on these variables. The soil in the experimental area was classified as an Oxisol (Red-Yellow Latosol) with a clayey texture. Annual doses of N (0, 200, 400 and 800 kg ha<sup>-1</sup>) in the form of urea were evaluated. Irrigation was performed through a conventional spray system. The NO<sub>3</sub> content in the sap and the SPAD reading were measured in leaves using a portable meter with NO<sub>3</sub> selective electrode and the SPAD-502 portable

chlorophyll meter device, respectively. The grass shoot was collected for dry matter production evaluation and total N analysis. Tanzania grass was very responsive to N fertilization, except in the winter. The critical ranges of the SPAD reading proved to be more adequate for monitoring the nutritional state of N of Tanzania grass in the different seasons of the year than the  $\text{NO}_3$  content in the sap and the total N content in the dry matter. The use of the chlorophyll meter proved to be more advantageous than the use of the portable meter with an  $\text{NO}_3$  selective electrode for predicting the nutritional status of Tanzania grass.

Key Words: chlorophyll,  $\text{NO}_3^-$  content in the sap, *Panicum maximum*, SPAD, total N content

### **Introduction**

Nitrogen deficiency has been related as the main cause of low dry matter production or delay of biochemical functions in plant metabolism (Lavres Junior et al., 2010; Viana et al. 2011). In the search of technologies to correct management of nitrogen (N) fertilization, N doses have been quantified as based on results of N analysis in the soil and in the plant. According to Minnoti et al. (1989) and Tremblay et al. (1999), determinations of N in the dry matter may have questionable practical viability since, in addition to their high cost, they require a great deal of

time from sample collection to obtaining results. These contents often do not reflect the nutritional state of the plant in relation to N. To get around this problem, determinations of chlorophyll contents by a chlorophyll meter and of N-NO<sub>3</sub> in the sap by means of a portable meter equipped with a specific microelectrode for NO<sub>3</sub> have been recommended as auxiliary tools for monitoring the nutritional state of N in the plants. Since they provide quick results, these technologies allow corrections in the nitrogen fertilization program to be made during the crop cycle. The potential of N-NO<sub>3</sub> analysis in leaf sap has been shown in various studies with vegetable crops (Huett & White, 1992; Fontes et al., 2003). However, for forage grasses, studies are still in the initial stages.

The SPAD-502 portable chlorophyll meter is a useful piece of equipment for indirect determination of the a+b chlorophyll content in plant leaf tissue (Yadava, 1986). This chlorophyll meter expresses the results in SPAD unit values and has the advantages of being portable, light, and easily handled. It may be used in field conditions without the need for destroying the sampled part of the plant. Its use for monitoring the nutritional state of N has been evaluated in forage grasses with satisfactory results (Premazzi et al., 2003; Erthal et al., 2010). However,

calibration for each crop is necessary, in this case, specifically, for forage grasses.

The aim of this study was to evaluate in the four seasons of the year the effects of N fertilization in respect to forage production, NO<sub>3</sub> content in the sap, total N content in the forage and the relative chlorophyll index (SPAD reading) in the leaves of irrigated *Panicum maximum* cv. Tanzania grass, as well as to establish its critical ranges and evaluate its predictive ability for forage production based on these variables.

### **Materials and Methods**

The experiment was done at Santa Rita Experimental Farm/EPAMIG, Prudente de Morais, MG, Brazil, located at 19°27'15'' latitude south, 44°09'11'' longitude west, at 732 m altitude. The climate in the region is the Aw type, with two well-defined seasons: dry (May to October) and rainy (November to April). The soil of the experimental area was classified as an Oxisol (Red-Yellow Latosol) with a clayey texture, according to the Brazilian soil classification system (Embrapa, 2006) and it was chemically analyzed before setting up the experiment (Embrapa, 1999). The following results were observed in the 0-20 cm

layer: pH in H<sub>2</sub>O = 6.3; organic matter = 3.27 dag kg<sup>-1</sup>; P = 11 mg dm<sup>-3</sup>; K = 67 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 4.27 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1.16 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0.05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 2,46 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> and from 20 - 40 cm layer: pH in H<sub>2</sub>O = 6.3; organic matter = 3.07 dag kg<sup>-1</sup>; P = 8.6 mg dm<sup>-3</sup>; K = 40 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 3.77 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0.89 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0.05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> H+Al = 2,33 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

The study was carried out from July 2010 to June 2011 in a Tanzania (*Panicum maximum*) grass pasture established in November 2009 which was fertilized at planting with 50 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (simple superphosphate), 30 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O (potassium chloride) and 50 kg ha<sup>-1</sup> of FTE, according to Cantarutti et al. (1999). A randomized block experimental design was used with four replications. Annual doses of N (0, 200, 400 and 800 kg ha<sup>-1</sup>) in the form of urea were evaluated. The experimental plot measured 24 x 30 m. A conventional spray irrigation system was used with buried PVC pipes, and the water level was calculated based on reference values for evapotranspiration, rainfall and the K<sub>c</sub> for Tanzania grass.

The chlorophyll index (SPAD reading) and NO<sub>3</sub> content were measured in totally open newly mature leaves before animals entered in

each plot. A portable meter with a selective electrode for  $\text{NO}_3$  (C-141 Cardy Nitrate Meter – Horiba, Inc.) was used for determination of  $\text{NO}_3$  content in the sap. For sap extraction, 20 leaves were sampled using 2 cm length sections of the base of the midrib. These sections were macerated in a garlic press along with a piece of tape that goes with the aforementioned meter so as to retain the sap released, for purposes of analysis. The portable SPAD-502 Chlorophyll Meter (Minolta) was used for determination of the SPAD reading.

For evaluation of dry matter production, before each grazing period, three areas of 3 m<sup>2</sup> were sampled from each Tanzania grass pasture plot, cutting the grass at 30 cm from the ground. Total N content in the dry matter was analyzed by the micro kjeldahl method after the collected material was dried in a forced air circulation oven at 55 - 60°C for 72 hours, weighed and ground up.

Accumulated forage production values in the various cuttings within each season of the year were used for statistical analyses. Samples from the most representative cutting in each season of the year were the basis for  $\text{NO}_3$  contents in the sap, SPAD readings and the total N contents in the forage in the seasons of the year. The data were subjected to



analyses of variance and regression. Models were chosen based on the significance of the regression coefficients, using the t test. For determination of the critical ranges, mathematical models were used to estimate the N doses relative to the point of maximum forage dry matter production. The equivalent to 90% of maximum production was determined, thereby establishing new N doses. The critical ranges for SPAD readings,  $\text{NO}_3$  and total N contents were determined based on these new N doses. Correlation analyses were carried to evaluate the predictive ability for forage production based on SPAD readings,  $\text{NO}_3$  and total N contents in the dry matter.

### **Results and Discussion**

Accumulated dry matter production was affected by the doses of nitrogen applied in the different seasons of the year (Tables 1 and 2). The greatest dry matter production occurred in the summer, while, in the winter, the lowest production was observed due to less favorable climatic conditions. In addition to providing an immediate effect on forage production, it may be inferred that N supplying is strengthened by the greater quantity of rainfall and by higher temperatures observed throughout the summer months. Under tropical conditions, the

temperature, moisture and luminosity during the winter are inadequate for good development of forage plants (Cecato et al., 2000). In contrast, in the summer, these climatic variables are adequate and, depending on forage management conditions, high biomass production may be obtained. Maranhão (2009) evaluated the productive characteristics of *B. decumbens* and related that nitrogen fertilization increased dry matter production by 97% in the summer and 10% in the winter, without differences in the fall. According to Vitor et al. (2009) the greater forage production can be attributed mainly to the effects of N, which promotes significant increase in the rates of enzymatic reactions in plant metabolism.

Table 1. Accumulated dry matter production of Tanzania grass in the four seasons of the year according to N doses.

Annual dose of N	Accumulated dry matter production			
	Summer	Fall	Winter	Spring
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----			
0	2427	1631	1129	1346
200	3654	3381	1934	2895
400	6687	4465	2345	3087
800	6747	4857	2126	4386

Table 2. Equations that relate accumulated dry matter production of Tanzania grass in the four seasons of the year to N doses.

Season of the year	Equation	R <sup>2</sup>
Summer	$\hat{y} = 2116 + 13.820^{**}x - 0.0099^{*}x^2$	0.91
Fall	$\hat{y} = 1637 + 10.178^{**}x - 0.0077^{**}x^2$	0.99
Winter	$\hat{y} = 1132 + 4.862^{**}x - 0.0045^{**}x^2$	0.99
Spring	$\hat{y} = 1706 + 3.494^{**}x$	0.91

\*\* and \* = significant at 1 and 5% probability respectively by the t test.

The maximum dry matter production values were estimated, which corresponded to N doses of 540, 698 and 661 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> in the winter, summer and fall, respectively. These doses are higher than the greatest doses recommended in the literature (Cantarutti et al., 1999; Freitas et al., 2005). It was not possible to estimate the point of maximum forage production in the spring since the response to N doses was linear. Maximum forage yields were obtained by entering these dosages in the equations: 2445 kg ha<sup>-1</sup> in the winter, 6939 kg ha<sup>-1</sup> in the summer and 5000 kg ha<sup>-1</sup> in the fall.

The values of the NO<sub>3</sub> contents in the sap were affected by the N doses applied in the different seasons of the year (Tables 3 and 4). In the

summer, an increase in N doses led to an linear increase in the  $\text{NO}_3$  contents. However, in the winter there was an quadratic increase in the  $\text{NO}_3$  content, and in fall and spring, this content decreased in a quadratic manner. According to Corrêa et al. (2007),  $\text{NO}_3$  is the only inorganic form of N that is accumulated in the plant when the supply of this element exceeds that required for growth. There are diverse factors that affect nitrate reduction and accumulation in plants, and they may be both genetic and environmental. Among the environmental factors, sunlight intensity is most important because when it is low, there may be reduction in nitrate accumulation in the leaves (Faquin & Andrade, 2004).

Young plants have a greater  $\text{NO}_3$  concentration than mature plants. Nevertheless, mature plants may still have excessive concentrations of  $\text{NO}_3$  if the environmental, soil and meteorological conditions are favorable to its accumulation in the plants. These observations are in agreement with Viana et al. (2008). These authors evaluated the  $\text{NO}_3$  contents in the sap, total N in the leaf, and green corn in the cob yield subjected to N doses. They observed that the younger plants had higher  $\text{NO}_3$  contents free in the sap than the older plants, implying that greater uptake occurred in the initial development phases of the plant.

According to the procedures adopted, the critical ranges of the  $\text{NO}_3$  contents in the sap were 2.87 to 3.40  $\text{g L}^{-1}$  in the winter, 2.57 to 4.21  $\text{g L}^{-1}$  in the summer and 1.62 to 5.49  $\text{g L}^{-1}$  in the fall.

Table 3.  $\text{NO}_3$  contents in the sap of Tanzania grass in the four seasons of the year according to N doses.

Annual dose of N -- $\text{kg ha}^{-1}$ --	$\text{NO}_3$ content in the sap			
	Summer	Fall	Winter	Spring
0	1.29	2.00	1.60	1.12
200	1.53	1.00	2.43	1.30
400	2.82	2.00	3.23	1.25
800	3.62	4.33	3.60	3.38

Table 4. Equations of  $\text{NO}_3$  content in the sap of Tanzania grass in the four seasons of the year related to N doses.

Season of the year	Equation	$R^2$
Summer	$\hat{y} = 1.23 + 0.00311^{**}x$	0.93
Fall	$\hat{y} = 1.88 - 0.00429^{**}x + 0.000009^{**}x^2$	0.99
Winter	$\hat{y} = 1.57 + 0.00546^{**}x - 0.000004^{**}x^2$	0.99
Spring	$\hat{y} = 1.20 - 0.00167^{**}x + 0.000005^{**}x^2$	0.97

\*\* and \* = significant at 1 and 5% probability respectively by the t test.

A significant effect of the N doses was observed for the total N concentration in the dry matter of Tanzania grass. A quadratic response to the N doses was observed in the spring (Tables 5 and 6). The greatest concentration of N occurred at the dose of 593 kg ha<sup>-1</sup> in the spring. In the summer, there was a linear increase in the total N content in the forage as a result of the increase of the doses applied. In the fall, there was a reduction in the total N contents in a quadratic manner, a biologically unexplained behavior. There was no response to the N applied in the winter. Temperature and sunlight affect plant growth and soil nutrient extraction ability. The relative rate of N uptake more than double at 27.5°C compared to 15.5°C (Embrapa, 2010). According to Prado (2008), N deficiency restricts tillering of forage plants and, more importantly, it limits the growth of individual leaves and their photosynthetic ability. For Marandu grass, Primavesi et al. (2006) observed that as the N doses in the form of urea and ammonium nitrate increased the N content in the plant respectively in a linear and quadratic response.

The critical ranges of total N in the dry matter in the different seasons of the year were: 16.44 to 16.95 g kg<sup>-1</sup> in the summer and 15.08 to 36.20 g kg<sup>-1</sup> in the fall.

Table 5. Total N content in the dry matter of Tanzania grass in the four seasons of the year according to N doses.

Annual dose of N	Total N content in the dry matter			
	Summer	Fall	Winter	Spring
--kg ha <sup>-1</sup> --	-----g kg <sup>-1</sup> -----			
0	16.60	21.26	18.63	21.33
200	19.59	15.81	23.47	29.04
400	16.20	14.96	22.07	29.39
800	25.04	28.68	22.99	30.87

Table 6. Equations that relate the total N content in the dry matter of Tanzania grass in the four seasons of the year to N doses.

Season of the year	Equation	R <sup>2</sup>
Summer	$\hat{y} = 16.03 + 0.00095^{**}x$	0.63
Fall	$\hat{y} = 21.30 - 0.0405^{**}x + 0.000062^{**}x^2$	0.99
Winter	$\hat{y} = \bar{y} = 21.79$	
Spring	$\hat{y} = 21.95 + 0.032^{**}x - 0.000027^{**}x^2$	0.91

\*\* and \* = significant at 1 and 5% probability respectively by the t test.

An effect of the N doses on the SPAD reading was seen in all seasons with quadratic responses (Tables 7 and 8). Similar results of the SPAD reading were observed by Costa et al. (2009) for *Brachiaria brizantha* cultivars. In the present study, the lowest values of the SPAD

reading were observed in the winter period. In this season, the greatest SPAD reading was obtained with the annual dose of  $747 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , whereas in the summer, the estimated annual dose was  $633 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ . This behavior may be attributed to the lower metabolic activity of the grass in the winter, reflecting more restrictive temperature and sunlight conditions in this period.

In regard to the critical ranges of the SPAD reading determined for the seasons, the following values were found: 47.48 to 61.07 SPAD units in the summer, 45.38 to 49.07 SPAD units in the fall and 39.79 to 42.87 SPAD units in the winter. These critical ranges of SPAD reading compared to those related to the  $\text{NO}_3$  content in the sap and total N content in the dry matter, considering their amplitudes and ease of determination in practical terms, proved to be more adequate for monitoring the nutritional state of Tanzania grass in regard to N in the seasons of the year.



Table 7. Relative chlorophyll index (SPAD reading) of Tanzania grass in the four seasons of the year according to N doses.

Annual dose of N (kg ha <sup>-1</sup> )	SPAD reading			
	Summer	Fall	Winter	Spring
0	35.53	38.29	33.85	38.36
200	41.11	41.30	38.42	40.38
400	43.97	45.99	40.85	45.14
800	47.85	48.95	43.24	44.49

Table 8. Equations that relate the relative chlorophyll index (SPAD reading) in the four seasons of the year to N doses.

Season of the year	Equation	R <sup>2</sup>
Summer	$\hat{y} = 35.70 + 0.0279^{**}x - 0.000016^{**}x^2$	0.99
Fall	$\hat{y} = 37.98 + 0.0231^{**}x - 0.000012^{**}x^2$	0.98
Winter	$\hat{y} = 33.96 + 0.0239^{**}x - 0.000016^{**}x^2$	0.99
Spring	$\hat{y} = 37.86 + 0.0228^{**}x - 0.000018^{**}x^2$	0.90

\*\* and \* = significant at 1 and 5% probability respectively by the t test.

For prediction of forage production, the relative chlorophyll index (SPAD reading) proved to be more efficient than the NO<sub>3</sub> content in the sap (Table 9). In the four seasons of the year (n = 16), correlation coefficients of 0.77<sup>\*\*</sup> (significant at 1% by the t test), 0.47<sup>°</sup> (significant at

10% probability by the t test), and 0.060 (non-significant) were obtained for the variables of SPAD reading, NO<sub>3</sub> content in the sap, and total N in the dry matter, respectively. The SPAD reading had good predictive ability for forage production in the winter, fall and summer, while the NO<sub>3</sub> content in the sap proved to be appropriate only in the winter and summer. The lower predictive ability of the NO<sub>3</sub> content in the sap may be attributed to a higher variability of the results. In part, this can be explained by the difficulty of sap extracting from the midrib of the leaf, which impaired determination of its content by the portable meter with the NO<sub>3</sub> selective electrode. Operational aspects may often create difficulties for use of analytical methods.

In terms of comparison, both the chlorophyll meter and the portable meter with NO<sub>3</sub> selective electrode may be used as tools for monitoring the nutritional state of Tanzania grass in regard to N content. In regard to the practicality of their use, it should be noted that the chlorophyll meter, in addition to having greater predictive ability for forage production, may be more advantageous due to its easy handling and possibility for use in field conditions, without the need for destruction of the sampled part of the plant.

Table 9. Correlation between dry matter production and SPAD reading, NO<sub>3</sub> content in the sap and total N in the dry matter (DM), in four seasons of the year.

Characteristics	Linear correlation coefficients (r)			
	Summer	Fall	Winter	Spring
	Dry matter production			
SPAD reading	0.927 <sup>°</sup>	0.959 <sup>*</sup>	0.900 <sup>°</sup>	0.816 <sup>ns</sup>
NO <sub>3</sub> in the sap	0.949 <sup>*</sup>	0.518 <sup>ns</sup>	0.904 <sup>°</sup>	0.818 <sup>ns</sup>
Total N in the DM	0.426 <sup>ns</sup>	0.183 <sup>ns</sup>	0.831 <sup>ns</sup>	0.930 <sup>°</sup>

<sup>\*</sup>, <sup>°</sup> and <sup>ns</sup> = significant at 5 and 10% probability by the t test and non-significant, respectively.

### Conclusions

The Tanzania grass is very responsive to nitrogen fertilization, reflecting the climatic conditions more favorable to its development that occurs in summer, fall and spring. The critical ranges of SPAD reading are more adequate for monitoring the nutritional state of Tanzania grass than the NO<sub>3</sub> content in the sap and the total N content in the dry matter of the forage. The NO<sub>3</sub> content in the sap of Tanzania grass, determined by the portable meter with NO<sub>3</sub> selective electrode, and the SPAD reading, determined by the chlorophyll meter, demonstrate good ability

for predicting dry matter production, constituting good indicators of the nutrition of this plant. Therefore, the use of the chlorophyll meter proves to be more advantageous than the use of the portable meter with  $\text{NO}_3$  selective electrode.

### **Acknowledgments**

To the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) for financial support and granting the BIPDT scholarship.

## REFERENCES

- CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; et al. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.332- 341.
- CECATO, U.; MACHADO, A.O.; MARTINS, E.N. et al. Avaliação da produção e de algumas características de rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.660-668, 2000.
- CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C.; et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, 2007.
- COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V. et al. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.1578-1585, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPÉCUARIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 1999. 370p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPÉCUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006, 306p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPÉCUARIA – EMBRAPA [2010]. Cultivo do milheto. Available at: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milheto\\_2\\_ed/clima.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milheto_2_ed/clima.htm)> Accessed on: Jun. 25, 2013.
- ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; PEREIRA, O.G. et al. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.458-466, 2010.

- FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, FAEPE, 2004. 88 p.
- FONTES, P.C.R.; COELHO, E.L.; CARDOSO, A.A. Petiole sap nitrate and leaf nitrogen critical values in melon plants grown in unheated greenhouse and field conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v.26, p.1403-1411, 2003.
- FREITAS, K.R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J.A. et al. Avaliação do capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.83-89, 2005.
- HUETT, D.O.; WHITE, E. Determination of critical nitrogen concentration of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Montello) grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.32, p.759-764, 1992.
- LAVRES JUNIOR, J.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; MONTEIRO, F.A. Nitrate reductase activity and spad readings in leaf tissues of guinea grass submitted to nitrogen and potassium rates. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 801 – 809, 2010.
- MARANHÃO, C.M.A.; SILVA, C.C.F.; BONOMO, P. et al. Produção e composição química bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, p.117-122, 2009.
- MINNOTI, P.L.; HANKINSON, T.J.; GRUBINGERE, V.P.; et al. Whole leaves versus petioles for assessing the nitrogen “status” of tomatoes. **HortScience**, v.24, p.84-86, 1989.
- PRADO, R.M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 500 p.
- PREMAZZI, L.; MONTEIRO, F.A.;CORRENTE, J.E. Tillering of tifton 85 bermudagrass in response to nitrogen rates and time of application after cutting. **Scientia Agrícola**, v.60, p.565-571, 2003.

- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; et al. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, p.562-568, 2006.
- TREMBLAY, N.; SCHARF, H.C.; WEIER, U. et al **Nitrogen management in field vegetables. A guide to efficient fertilization.** Agriculture and Agri-Food Canada, 1999. 65p.
- VIANA, M.C.M.; FREIRE, F.M.; MASCARENHAS, M.T.M.; GONÇALVES, L.D.; COELHO, A.M.; ANDRADE, C.L.T.; LARA, J.F.R. Teores de nitrato na seiva e de nitrogênio total na folha e produção de milho-verde submetidos a doses de nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina (PR): IAPAR/Embrapa Milho e Sorgo, [2008]. (CD ROM)
- VIANA, M.C.M.; FREIRE, F.M.; FERREIRA, J.J. et al. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1497-1503, 2011
- VITOR, C. M. T.; FONSECA, D.M.; COSÉR, A.C. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasilia de Zootecnia**, v.3, p.435 – 442, 2009.
- YADAVA, N.L. A rapid and non destructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Minnesota, v.21, p.1149-1450, 1986.

(VERSÃO PRELIMINAR DO ARTIGO)

**ARTIGO 2 Teores de macronutrientes e produção de forragem do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) irrigado em função da adubação nitrogenada**

**ARTIGO NORMALIZADO DE ACORDO COM A NBR 6022  
(ABNT, 2003)**



**Teores de macronutrientes e produção de forragem do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) irrigado em função da adubação nitrogenada**

Inêz Pereira da Silva\*

Mozart Martins Ferreira\*\*

**RESUMO**

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito da adubação nitrogenada na produção de forragem e nos teores de macronutrientes no capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia irrigado, nas quatro estações do ano. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliadas doses anuais de N (0, 200, 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de ureia. A irrigação foi feita utilizando o sistema de aspersão convencional. Uma sub-amostra do material colhido a aproximadamente 30 cm do solo foi seco em estufa, pesado e moído, determinando-se, então, os teores de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca. Foram consideradas as produções de matéria seca acumuladas em cada estação do ano. Para os teores de macronutrientes, no entanto, foram utilizados os resultados analíticos referentes às amostras do corte mais representativo em cada estação do ano. A aplicação de N eleva a produção de forragem em todas as estações do ano. No entanto, no inverno, as respostas do capim-Tanzânia às doses de N aplicadas são comprometidas pelas condições climáticas desfavoráveis. A adubação

---

\* Doutora em Ciências do Solo pela Universidade Federal de Lavras. e-mail: inezps@yahoo.com.br

\*\* Professor Orientador. Departamento de Ciência do Solo da UFLA – Lavras, MG, Brasil.

nitrogenada propicia aumento nos teores de N, Ca, Mg e S na matéria seca do capim-Tanzânia e decréscimos nos de P, nos dois anos, e de K, verificado especialmente no segundo ano.

Palavras chave: Composição química. Matéria seca. Ureia.

## **1 INTRODUÇÃO**

O pasto constitui o principal e mais barato componente da dieta de bovinos, representando a base de sustentação da pecuária no Brasil. A maioria das pastagens está localizada na região de Cerrado, nas áreas de menor fertilidade, exploradas de maneira extrativista e, como consequência, em processo de degradação (PRIMAVESI et al., 2004). Nesse contexto, o uso racional de fertilizantes é de grande importância para maximização da eficiência econômica da atividade pecuária (MISTURA et al., 2006). A adequação da nutrição mineral das plantas forrageiras é pré-requisito para o bom desenvolvimento do pasto, de forma a aumentar a produção de matéria seca por unidade de área, melhorando e aumentando a disponibilidade de alimentos para os animais.

A baixa disponibilidade de N tem sido apontada como uma das principais causas da degradação do pasto, uma vez que esse nutriente desempenha papel fundamental no crescimento e no desenvolvimento das plantas (COSTA et al., 2008). Sua deficiência restringe o potencial de perfilhamento das plantas forrageiras e, mais importante, limita o crescimento e o aparecimento das folhas individuais e a capacidade

fotossintética (CORRÊA et al., 2006). Assim, a adubação nitrogenada é essencial para sistemas intensivos de produção em pastos de gramíneas tropicais, especialmente quando são usadas espécies com altas taxas de crescimento. Viana et al. (2011), ao avaliarem a adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária, sob pastejo rotacionado, verificaram que a produção aumentou de forma linear com o aumento das doses de N aplicadas. Benett et al. (2008), trabalhando com produtividade e composição bromatológica do capim-marandu, em resposta a fontes e doses de nitrogênio, observaram que, independente da fonte nitrogenada, a aplicação de doses crescentes de N na forrageira proporcionou incremento na produção de massa seca.

O uso eficiente da pastagem em sistemas intensivos de produção depende de concentrações adequadas de nutrientes na forragem (HOPKINS; ADAMSON; BOWLING, 1994). Quando os fertilizantes são aplicados no pasto, ocorre aumento, em particular, do nutriente fornecido, mas também podem ocorrer desbalanço nos teores de outros nutrientes. Uma vez que, com a maior produção vegetal, pode ocorrer a extração de outros nutrientes do solo, que, se não absorvidos e quantidades adequadas para atender às necessidades da planta podem limitar a eficiência futura da adubação nitrogenada. Torna-se, então, necessário um maior detalhamento dos conhecimentos sobre a extração de nutrientes pelas forrageiras, especialmente em sistemas intensivos que utilizam elevadas doses de fertilizantes, a fim de orientar adubações futuras e evitar prejuízos devido a desequilíbrios nutricionais (PRIMAVESI et al., 2004).

Objetivou-se, neste trabalho avaliar o efeito da adubação nitrogenada na produção de forragem e nos teores de macronutrientes no

capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia irrigado, nas quatro estações do ano.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental de Santa Rita/EPAMIG, no município de Prudente de Moraes, MG, localizada a 19°27'15'' latitude sul, 44°09'11'' longitude oeste e 732 m de altitude. O clima da região é do tipo Aw, com duas estações bem definidas: seca (maio a outubro) e águas (novembro a abril). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006). Esse solo foi caracterizado quimicamente antes da instalação do experimento (Tabela 1).

**Tabela 1** - Características químicas do solo da área experimental.

Profundidades	pH <sup>1/</sup>	H+Al <sup>2/</sup>	Al <sup>3/</sup>	Ca <sup>3/</sup>	Mg <sup>3/</sup>	K <sup>4/</sup>	P <sup>4/</sup>	M.O. <sup>5/</sup>
--cm--	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				mg dm <sup>-3</sup>		Dag kg <sup>-1</sup>	
0 - 20	6,3	2,46	0,05	4,27	1,16	67	11	3,27
20 - 40	6,3	2,33	0,05	3,77	0,89	40	8,6	3,07

1/ pH-H<sub>2</sub>O relação 1:2,5; 2/ Extrator Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol/L pH 7,0; 3/ Extrator KCl 1 mol/L; 4/ Extrator Mehlich-1; 5/ Método Walkley e Black.

O experimento foi instalado em uma pastagem de capim - Tanzânia (*Panicum maximum*), estabelecida em novembro de 2009, tendo

sido adubada no plantio com 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples), 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) e 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE, de acordo com as recomendações de Cantarutti et al. (1999). O experimento foi conduzido durante os anos agrícolas 2010/11 e 2011/12. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliados os efeitos de doses anuais de N (0, 200, 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de ureia, aplicadas parceladamente em quantidades iguais, sempre após os pastejos.

A irrigação foi feita utilizando-se o sistema de aspersão convencional, com tubos de PVC enterrados, sendo a lâmina de água calculada em função da evapotranspiração de referência, precipitação pluvial e o Kc utilizado para o capim-Tanzânia.

Para avaliação da produção de matéria seca e dos teores de macronutrientes do capim-Tanzânia, antes de cada pastejo, em cada parcela foram amostradas três áreas de 3 m<sup>2</sup>, cortando-se o capim a, aproximadamente, 30 cm do solo. Posteriormente, uma sub-amostra do material colhido foi seco em estufa com circulação forçada de ar, a 55 – 60 °C, durante 72 horas, pesado e moído, determinando-se o teor de N, pelo método micro Kjeldahl. No extrato, obtido por digestão nitroperclórica, foram determinados o P por colorimetria, o K por fotometria de chama, os teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e o de S total por turbidimetria (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Para efeito das análises estatísticas, foram utilizadas as produções de forragem acumuladas nos diversos cortes, dentro de cada estação do ano. Para os teores de macronutrientes, por sua vez, foram analisadas as

amostras de forragem referentes ao corte mais representativo de cada estação do ano. Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão. As análises foram realizadas com o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

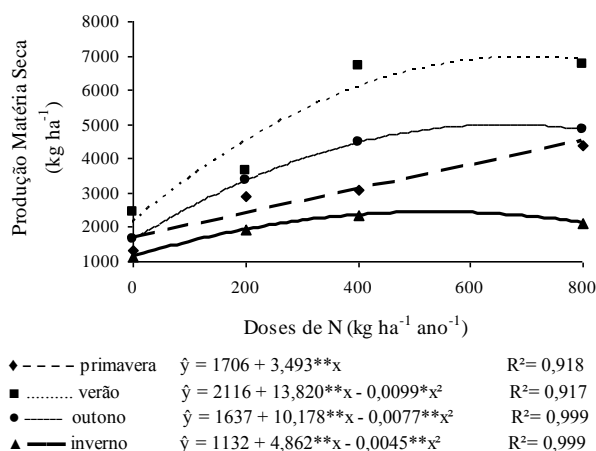
### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nas diferentes estações do ano, as doses de nitrogênio utilizadas no capim -Tanzânia influenciaram a produção de matéria seca nos dois anos (Figura 1). Tanto no primeiro como no segundo ano as maiores produções de matéria seca estimadas ocorreram no verão, respectivamente com valores de 6.939 kg ha<sup>-1</sup> e 11.032 kg ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, devido à falta de condições climáticas favoráveis, no inverno foram obtidas as menores produções nos dois anos. Segundo Cecato et al. (2000), nas condições tropicais, durante o inverno, a temperatura, a umidade e a luminosidade são inadequadas para um bom desenvolvimento das plantas forrageiras. Em contrapartida, no verão, essas variáveis climáticas são adequadas e, dependendo das condições de manejo, pode-se obter elevada produção de matéria seca das plantas forrageiras.

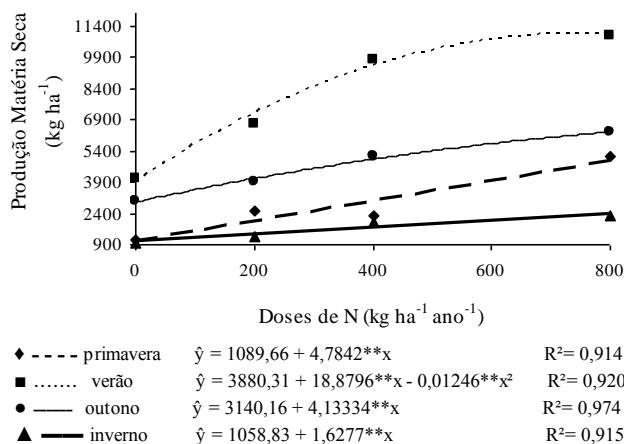
Independente das doses de N aplicadas, a produção de matéria seca foi menor no inverno e maior no verão, evidenciando a influência de fatores climáticos sobre a produção de matéria seca. A interpretação desses resultados permite inferir que o fornecimento do nitrogênio, além de propiciar um efeito imediato sobre a produção de forragem, é potencializado pelo maior volume pluviométrico e por temperaturas mais

elevadas, observadas durante todos os meses de verão. A esse respeito, Maranhão (2009) avaliou as características produtivas da *B. decumbens* e verificou que a adubação nitrogenada aumentou a produção em 97% no verão e em 10% no inverno, não verificando-se diferença no outono.

a)



b)



**Figura 1.** Produção de matéria seca do capim- Tanzânia nas quatro estações do ano em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano, (b) segundo ano

Nota: \*\* e \* = significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste t.

Os pontos de máxima produção de matéria seca, no primeiro ano, corresponderam às doses de 504; 698 e 661 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N no inverno, verão e outono, respectivamente. Na primavera, o modelo linear verificado para produção de matéria seca ,em resposta às doses de N, não permitiu que a dose de N correspondente ao ponto máximo fosse obtida. Aceitando-se que as produções de matéria seca relativas à dose máxima de 800 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N já se encontrassem na região do platô no modelo do segundo grau, as máximas produções estimadas de matéria seca seriam de 2.445, 6.939, 5.000 e 4.501 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente no inverno, verão, outono e primavera. No segundo ano, para inverno, primavera e outono não foram encontrados os pontos de máxima produção de matéria seca, uma vez que foram obtidas respostas lineares dessas produções à adubação nitrogenada. Assumiu-se, nessa situação que as produções de forragem referentes à dose de 800 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> também já se encontrassem na região do platô, no modelo do segundo grau. Para o verão, com resposta de segundo grau, a produção máxima de matéria seca foi obtida com a dose de 758 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N. Para essas doses de N, as máximas produções estimadas de matéria seca seriam de 2.361, 11.032, 6.447 e 4.917 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente no inverno, verão, outono e primavera. Aumento de produção de gramíneas forrageiras com a aplicação de nitrogênio também foi relatado por Moreira et al. (2005), Mota et al. (2010) e Vitor et al. (2009).

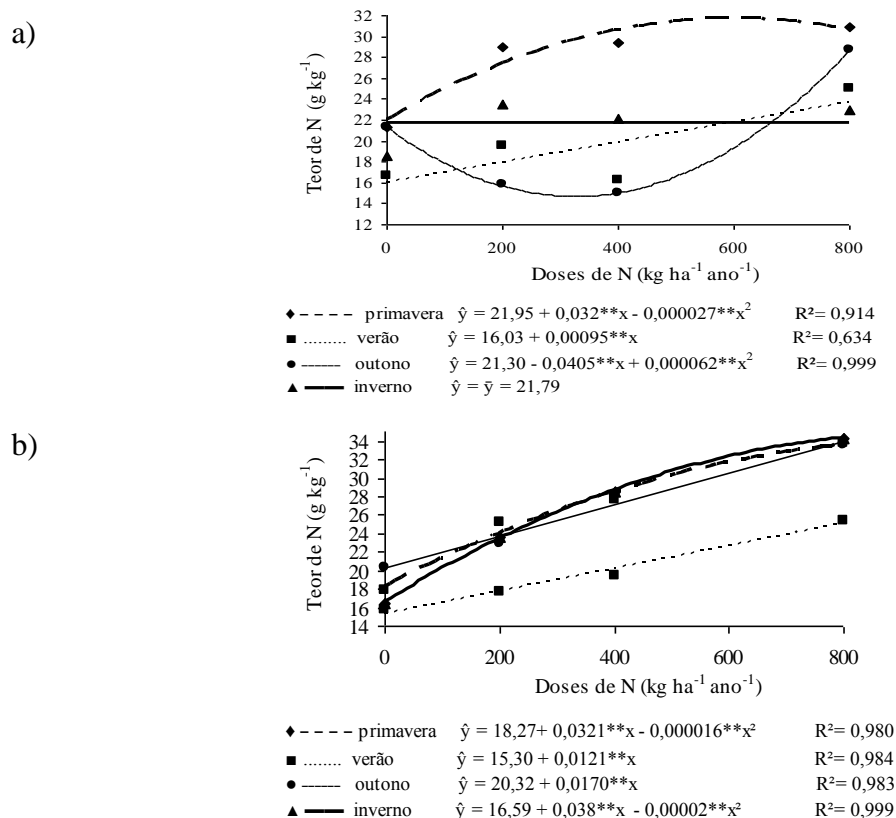
Os teores de macronutrientes na matéria seca da forragem foram influenciados significativamente pela aplicação de N e pela interação entre as estações do ano, com as doses de N.



Para a concentração de N no tecido da planta, no primeiro ano, no verão, a equação que melhor se ajustou foi a de primeiro grau, com efeito linear positivo em função das doses de N aplicadas (Figura 2a). Na primavera, por sua vez, a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste, com maior teor máximo de N na matéria seca de 31,43 g kg<sup>-1</sup>, obtida com a dose de 592 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. No outono, verificou-se efeito quadrático com coeficiente linear negativo em função das doses de N, sem aparente explicação biológica. No inverno, no entanto, não foi verificado efeito das doses de N, não se ajustando nenhum modelo matemático para explicar o fenômeno biológico. No segundo ano (Figura 2b), a equação de segundo grau foi a que melhor se ajustou no inverno e na primavera para explicar a resposta do teor de N na matéria seca ao nitrogênio aplicado. Merece ser considerado, no presente caso, que as doses de N, relativas aos teores máximos de N, na matéria seca, cujos valores foram de 950 e 1003 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> respectivamente para inverno e primavera, extrapolaram o espaço experimental em que a maior dose testada foi de 800 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Para o verão e outono, a equação de primeiro grau apresentou melhor ajuste, com efeito linear positivo em função das doses de nitrogênio avaliadas.

Era de se esperar um aumento nos teores de N na matéria seca do capim-Tanzânia com a adubação nitrogenada, uma vez que as concentrações desse nutriente na forrageira tendem a se elevar devido à maior disponibilidade de N no solo e, conseqüentemente, maior absorção pela gramínea. Para o capim - Marandu, Primavesi et al. (2006) verificaram que os teores de N na planta aumentaram linearmente com o aumento das doses de N, na forma de ureia, e de forma quadrática com o

nitrate de amônio. Além disso, salienta-se que a temperatura e a luminosidade interferem no desenvolvimento das plantas e na sua capacidade de extração de nutrientes do solo. A taxa relativa de absorção de N é mais que o dobro da velocidade a 27,5°C do que a 15,5°C (EMBRAPA, 2010). Isso pode explicar o efeito linear verificado especialmente no que tange ao período do verão.

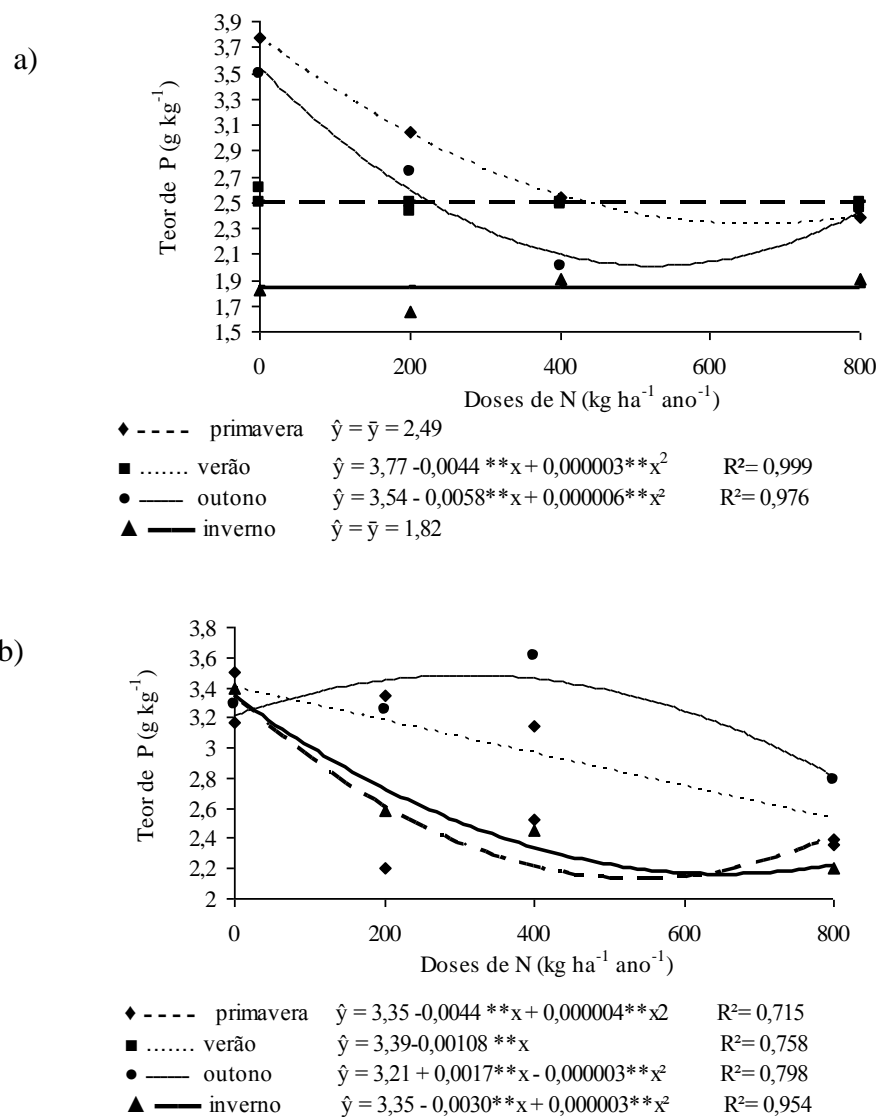


**Figura 2.** Teores de N na matéria seca do capim- Tanzânia, nas quatro estações do ano, em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano, (b) segundo ano

Nota: \*\* = significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Para os teores de P, no primeiro ano, o modelo quadrático com o coeficiente linear negativo foi o que apresentou o melhor ajuste para as respostas às doses de N no verão e outono, não sendo significativo nas outras estações (Figura 3a). No segundo ano (Figura 3b), com a aplicação das doses de N, observou-se um incremento nos teores de P na matéria seca no outono e decréscimos de forma quadrática no inverno e na primavera e de forma linear no verão. Os resultados encontrados corroboram com Costa et al. (2009), que, trabalhando com doses e fontes de N no capim-Marandu e observaram que os aumentos das doses de N promoveram uma redução de forma linear nas concentrações de P na matéria seca, em todos os anos avaliados. Reis et al. (2005) citam que a adição de fertilizantes nitrogenados promove o aumento da absorção de P possivelmente, por promover melhor desenvolvimento radicular. Essa redução das concentrações de P, observada no presente trabalho, pode ser explicada pelo efeito de diluição do P, em função do aumento da matéria seca produzida.

Os valores encontrados neste trabalho, para todas as doses estão na faixa daqueles considerados adequados para o capim- Colômbia, entre 1 a 3 g kg<sup>-1</sup> nas brotações novas e folhas verdes (BOARETTO et al., 2009).



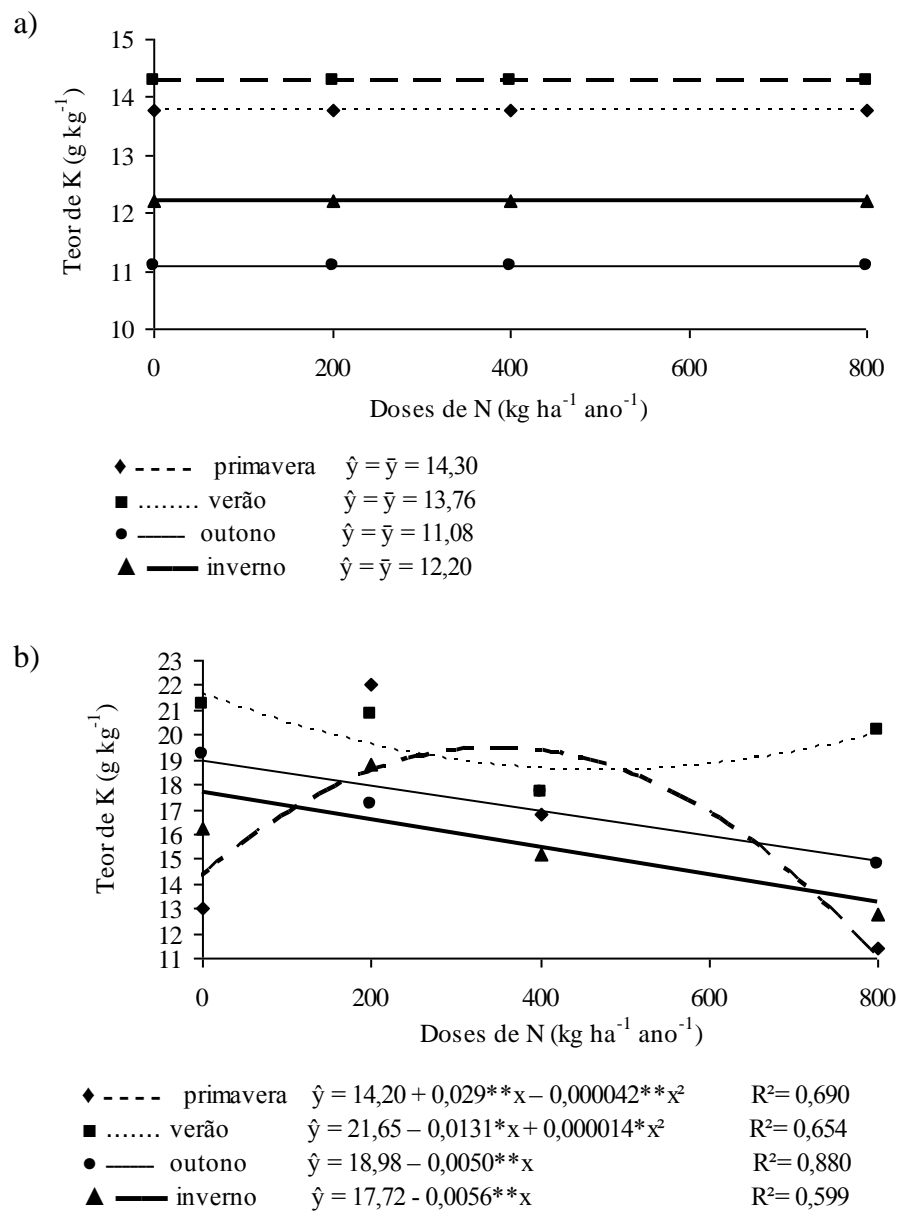
**Figura 3.** Teores de P na matéria seca do capim- Tanzânia nas quatro estações do ano em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano, (b) segundo ano

Nota: \*\* = significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

No primeiro ano não houve efeito da aplicação das doses de N sobre os teores de K, na matéria seca do capim- Tanzânia (Figura 4a). No segundo ano, os teores de K na primavera comportaram-se de forma quadrática, sendo observado um teor máximo de  $19,20 \text{ g kg}^{-1}$  de K na matéria seca, com a aplicação de  $345 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N. No verão, houve redução nos teores de K de forma quadrática. Nas demais estações, verificou-se que as equações de primeiro grau foram as que melhor se ajustaram, diminuindo em função do aumento das doses aplicadas (Figura 4b). Costa et al. (2009) relataram que a concentração de K, na parte aérea do capim-Marandu aumentou de forma linear com o acréscimo das doses de N, em todos os anos de avaliação. Primavesi et al. (2006) observaram aumento no teor de K com as doses de N, com variação de 21 a  $35 \text{ g kg}^{-1}$ .

A interação mais comum relacionada com o N é a que acontece com o K. Esses são os dois nutrientes minerais absorvidos em maiores quantidades em quase todas as plantas e as interações entre ambos normalmente são do tipo não competitivo. A absorção de um nutriente eleva a demanda pelo outro. Dessa forma, o estímulo do crescimento provocado pela adição de N, pode levar à deficiência de K por efeito de diluição.

Os valores encontrados neste trabalho, para todas as doses no primeiro ano estão abaixo daqueles considerados adequados para o capim- colônia, entre  $15 \text{ a } 30 \text{ g kg}^{-1}$  nas brotações novas e folhas verdes (BOARETTO et al., 2009). Isso permite inferir que, quando o N é aplicado em quantidades suficientes para haver elevação da produção de matéria seca, essa produção pode ser limitada por baixas quantidades de K aplicadas na adubação.

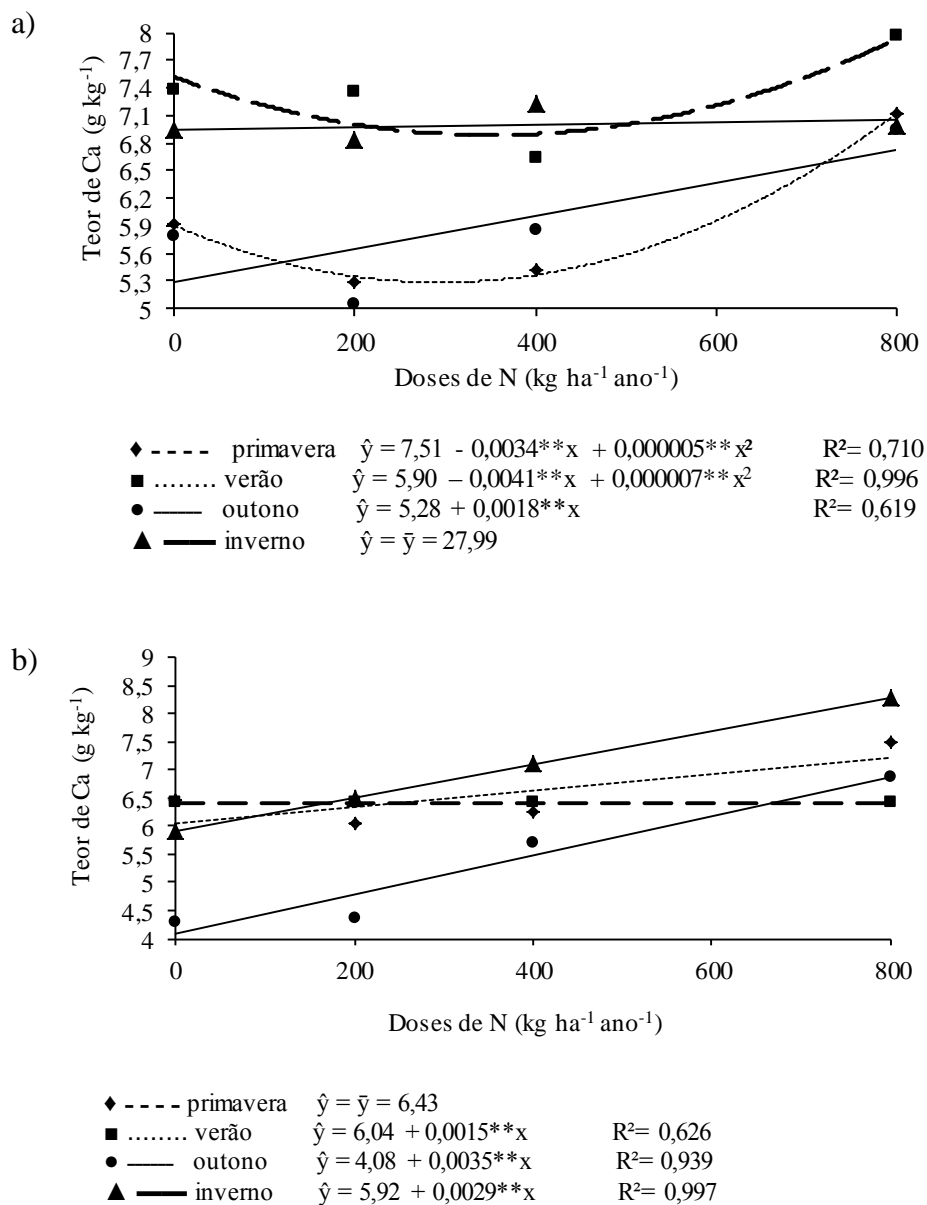


**Figura 4.** Teores de K na matéria seca do capim -Tanzânia nas quatro estações do ano, em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano (b) segundo ano

Nota: \*\* e \* = significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste t.

No primeiro ano, no outono, as concentrações de Ca na matéria seca do capim-Tanzânia aumentaram de forma linear em função do aumento das doses de N aplicadas, não se verificando efeito no inverno (Figura 5a). Por sua vez, houve redução de forma quadrática no teor de Ca no verão e na primavera, no primeiro ano. Essa redução dos teores de Ca pode ser explicada pelo efeito de diluição do mesmo, na matéria seca produzida. No segundo ano, os teores de Ca aumentaram de forma linear no outono, verão e inverno, não se encontrando efeito na primavera (Figura 5b). Segundo Jones Junior, Wolf e Millis (1991), geralmente com a adição de N há incremento nos teores de Ca foliar. No entanto, o aumento da matéria seca da planta, resultado da adição de N, aparentemente pode diminuir os teores de Ca, devido ao efeito de diluição.

Os valores encontrados neste trabalho, para todas as doses estão na faixa daqueles considerados adequados para o capim- colômbio, entre 3 a 8 g kg<sup>-1</sup> nas brotações novas e folhas verdes (BOARETTO et al., 2009).



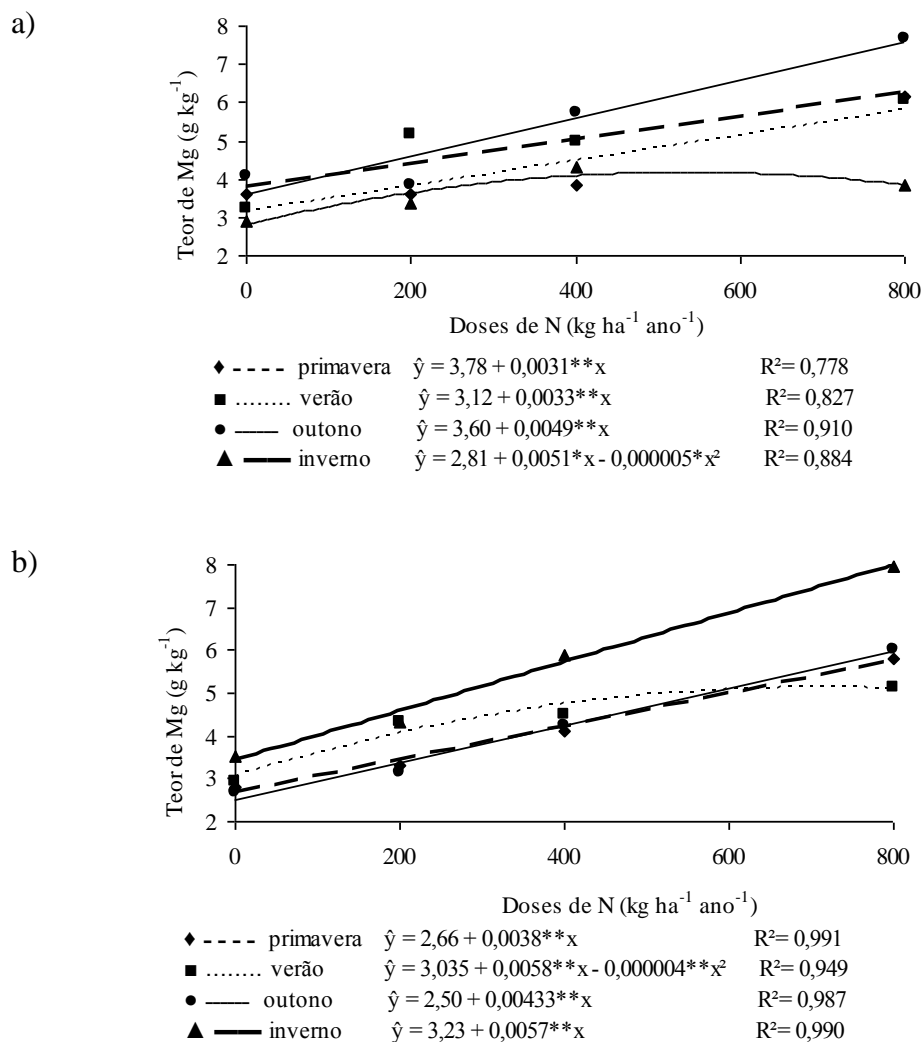
**Figura 5.** Teores de Ca na matéria seca do capim -Tanzânia nas quatro estações do ano, em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano (b) segundo ano

Nota: \*\* = significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.



Para os teores de Mg, na matéria seca do capim-Tanzânia, no primeiro ano, houve incremento com o aumento das doses de N aplicadas (Figura 6a). A equação de primeiro grau foi a que mostrou melhor ajuste em todas as estações, exceto no inverno, para explicar as respostas dos teores de Mg à adubação nitrogenada. No segundo ano, ocorreram aumentos de forma linear nos teores de Mg, em todas as estações, exceto no verão em que a resposta foi de forma quadrática (Figura 6b).

De acordo com Boaretto et al. (2009), a necessidade de Mg para um ótimo crescimento do capim- colômbio situa-se na faixa de 1,5 a 5 g kg<sup>-1</sup> nas brotações novas e folhas verdes.



**Figura 6.** Teores de Mg na matéria seca do capim -Tanzânia nas quatro estações do ano, em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano ,(b) segundo ano

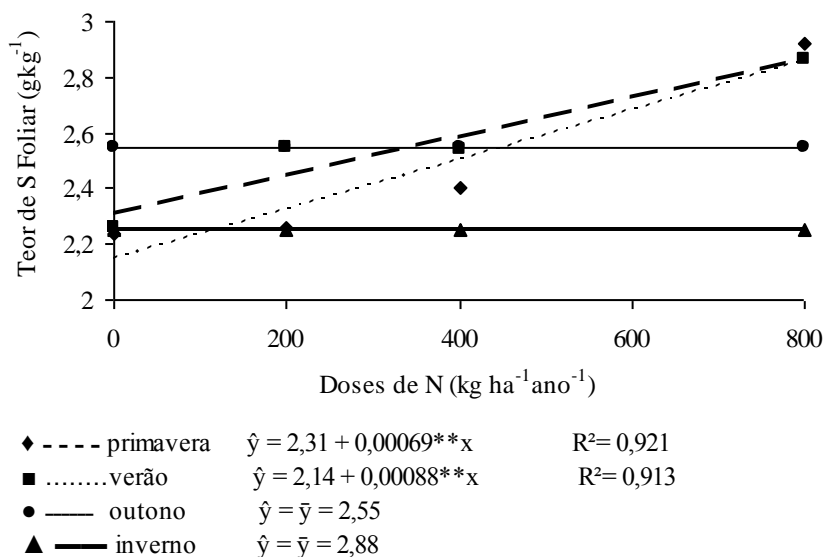
Nota:\*\* e \* = significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste t.

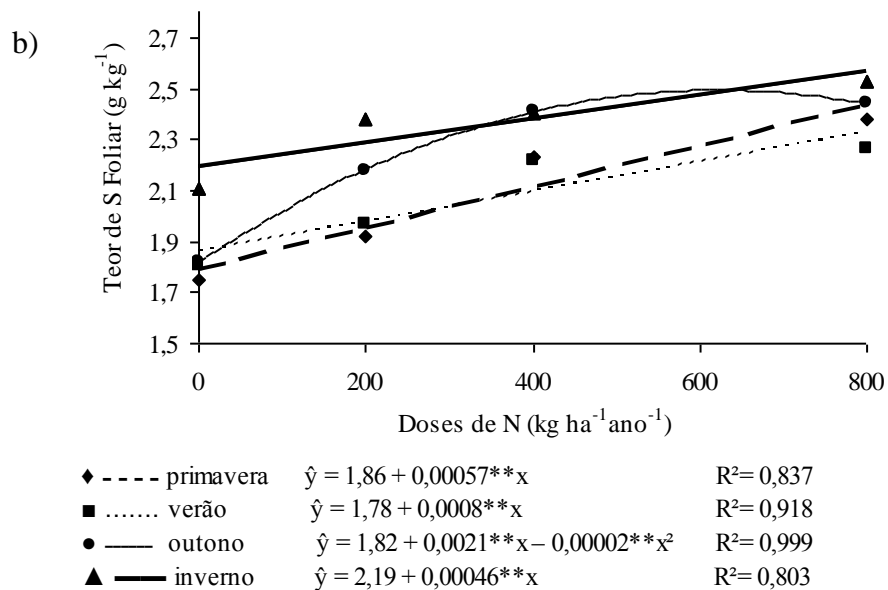
Na avaliação dos teores de S, na matéria seca do capim-Tanzânia, no primeiro ano, a equação linear positiva foi a que melhor ajustou no verão e primavera para explicar a resposta dessa variável ao N aplicado

(Figura 7a). No entanto, no outono e no inverno não se observaram efeitos das doses de N, nos teores de S. Isso ocorreu provavelmente, em razão das condições favoráveis de crescimento (luz e temperatura), durante aquelas estações do ano. Variações nos fatores ambientais como temperatura e umidade do solo podem afetar o teor dos nutrientes nas folhas, absorção pelas raízes, afetando o crescimento da parte aérea.

No segundo ano, os teores de S na matéria seca aumentaram em todas as estações, em resposta às doses de N testadas (Figura 7b). No outono, a equação de segundo grau foi a que melhor se ajustou e, no inverno, verão e primavera a linear apresentou melhor ajuste. Segundo Boaretto et al. (2009), as necessidades de S, para o bom crescimento do capim- colômbio, variam de 1 a 3 g kg<sup>-1</sup> na matéria seca vegetal. Os valores encontrados nesse trabalho, para todas as doses de N avaliadas, estão dentro dessa faixa que é considerada adequada.

a)





**Figura 7.** Teores de S na matéria seca do capim -Tanzânia nas quatro estações do ano, em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano, (b) segundo ano

Nota: \*\* = significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

#### 4 CONCLUSÕES

As maiores produções de matéria seca no verão e as menores no inverno evidenciam que as condições climáticas, em especial temperatura e luminosidade, são fatores limitantes para o crescimento do capim-Tanzânia na região Central de Minas Gerais.

A aplicação de N eleva a produção de forragem em todas as estações do ano. No entanto, no inverno, as respostas do capim-Tanzânia às doses de N aplicadas são comprometidas pelas condições climáticas desfavoráveis.

A adubação nitrogenada propicia aumento nos teores de N, Ca, Mg e S, na matéria seca do capim-Tanzânia e decréscimos nos de P, nos dois anos, e de K, verificado especialmente no segundo ano.

### **AGRADECIMENTO**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro na condução da pesquisa.

**Macronutrient content and production of irrigated Tanzania  
(*Panicum maximum* Jacq.) grass in regard to nitrogen fertilization**

**ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen fertilization in the production of forage and in the content of macronutrients in irrigated *Panicum maximum* grass cv. Tanzania, in the four seasons of the year. A randomized block experimental design with four replicates was used. We evaluated annual doses of N (0, 200, 400 and 800 kg ha<sup>-1</sup>) in the form of urea. Irrigation was done using the conventional spray irrigation system. A sub sample of the material collected at approximately 30 cm from the ground was oven dried, weighed and ground, determining then the contents of N, P, K, Ca, Mg and S in dry matter. Were considered the production of dry matter accumulated in each season. For the macronutrient content, however, we used the analytical results regarding the samples of the most representative cut in each season. Nitrogen application increases forage production in all seasons. However, in the winter, the responses from Tanzania grass to the N doses applied are compromised by unfavorable weather conditions. Nitrogen fertilization promotes increase in N, Ca, Mg and S content in dry matter of Tanzania grass and decrease in P content, in both years, and of K content, verified especially in the second year.

Keywords: Chemical composition. Dry matter. urea.

## REFERÊNCIAS

- BENETT, C. G. S. et al. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, set./out. 2008.
- BOARETTO, A. E. et al. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. p. 60-233.
- CANTARUTTI, R. B. et al. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 332-341.
- CECATO, U. et al. Avaliação da produção e de algumas características de rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 660-668, maio/jun. 2000.
- CORRÊA, L. A. et al. **Avaliação do efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e na qualidade da forragem de capim-coastcross**. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2006. 65 p. (Circular Técnico, 47).
- COSTA, K. A. P. et al. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-Marandu: I., alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1591-1599, jul./ago. 2008.
- \_\_\_\_\_. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1578-1585, nov./dez. 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do milho**. Brasília, 2010. Disponível em:  
<[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_2\\_ed/clima.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_2_ed/clima.htm)>. Acesso em: 20 jul. 2013.

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

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

HOPKINS, A.; ADAMSON, A. H.; BOWLING, P. J. Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen: 2., effects on concentrations of Ca, Mg, K, Na, S, P, Mn, Zn, Cu, Co and Mo in herbage at a range of sites. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 49, n. 1, p. 9-20, Mar. 1994.

JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLIS, H. A. **Plant analysis handbook**. Athens: Micro-Macro, 1991. 213 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 309 p.

MARANHÃO, C. M. A. et al. Produção e composição química bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 117-122, maio 2009.

MISTURA, C. et al. Disponibilidade e qualidade do capim-elefante com e sem irrigação adubado com nitrogênio e potássio na estação seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 372-379, mar./abr. 2006.

MOREIRA, L. M. et al. Renovação de pastagem degradada de capim-gordura com a introdução de forrageiras tropicais adubadas com nitrogênio ou em consórcios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 442-453, mar./abr. 2005.



MOTA, V. J. G. et al. Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 1191-1199, 2010.

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

\_\_\_\_\_. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 562-568, maio/jun. 2006.

REIS, M. S. et al. Absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo arroz irrigado influenciada pela adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 407-713, jul./ago. 2005.

VIANA, M. C. M. et al. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 7, p. 1497-1503, jul. 2011.

VITOR, C. M. T. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 435-442, mar. 2009.

**ARTIGO 3 Teores de micronutrientes do capim - Tanzânia (*Panicum maximum*), sob adubação nitrogenada**

**ARTIGO NORMALIZADO DE ACORDO COM A NBR 6022  
(ABNT, 2003)**

**Teores de micronutrientes do capim - Tanzânia (*Panicum maximum*),  
sob adubação nitrogenada**

Inêz Pereira da Silva\*

Mozart Martins Ferreira\*\*

**RESUMO**

O nitrogênio é um dos principais nutrientes responsáveis pela melhoria da qualidade da forragem. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito da adubação nitrogenada na produção de forragem e nos teores de micronutrientes no capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia irrigado, nas quatro estações do ano. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliadas as doses anuais de N (0, 200, 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de ureia. As determinações dos teores de micronutrientes foram realizadas nos cortes mais representativos em cada estação do ano. A aplicação de N eleva a produção de forragem em todas as estações do ano. A adubação nitrogenada influencia a absorção dos micronutrientes. No inverno, os teores de micronutrientes, no primeiro ano, foram comprometidos pelas temperaturas mais baixas, sem efeito das doses de N. No segundo ano, houve aumento nos teores com a aplicação de N. O aumento das doses de N, aplicadas no solo no verão, propicia incremento no teor foliar de micronutrientes, exceto para

---

\* Doutora em Ciências do Solo pela Universidade Federal de Lavras. e-mail: inezps@yahoo.com.br

\*\* Professor Orientador. Departamento de Ciência do Solo da UFLA – Lavras, MG, Brasil.

o teor de Mn, como observado no primeiro ano, e para o teor de Fe nos dois anos.

Palavras -chave: Nutrição mineral. Nitrogênio. Absorção de nutrientes.

## **1 INTRODUÇÃO**

Apesar da vasta área com pastagens no Brasil, atualmente a maioria encontra-se com algum grau de degradação. Isso se deve a diversos fatores relacionados à planta, ao solo, clima, manejo, entre outros (PRADO, 2008). Além dos problemas de manejo, a fertilidade do solo é um fator importante na longevidade do pasto e a baixa fertilidade pode contribuir para sua degradação. Portanto, para se obter uma elevada produção de forragem em sistemas intensivos de produção são necessárias concentrações adequadas de nutrientes no solo e, conseqüentemente, na planta. Nesse sentido, dentre as tecnologias que buscam o incremento da produtividade e da qualidade das pastagens, merece ser destacada a adubação nitrogenada.

O nitrogênio (N) é o nutriente mais impactante em termos de ganhos, na produção de forragem. Sua aplicação é de fundamental importância para a manutenção da produtividade e da sustentabilidade do pasto. A deficiência de N é considerada um fator importante para desencadear o processo de degradação (CRUZ et al., 2010). Além disso, para que possa ser usado como ferramenta estratégica, para maximizar a produção de forragem nos sistemas intensivos de produção, o solo deve estar devidamente corrigido e suprido com macro e micronutrientes, uma

vez que a aplicação de altas doses de fertilizantes no pasto pode gerar um desbalanço nos teores dos nutrientes.

Com a aplicação de altas doses de N, há maior produção vegetal, com isso, ocorre a extração de outros nutrientes do solo, que, se não repostos, podem restringir a eficiência da adubação nitrogenada. Portanto, é necessário um detalhamento sobre a extração de nutrientes pelas forrageiras, especialmente em sistemas intensivos que utilizam elevadas doses de fertilizantes, a fim de orientar as adubações futuras e evitar prejuízos devido aos desequilíbrios nutricionais (PRIMAVESI et al., 2004).

Altas doses de fertilizantes são necessárias para assegurar altas produções de forragem em capins manejados em sistemas intensivos rotacionados, o que aumenta a probabilidade de criar um desbalanço nutricional. Provavelmente, a utilização de altas doses de N influencia na absorção dos micronutrientes. Esse assunto é pouco estudado e, com a finalidade de compreendê-lo melhor, é necessário realizar novos trabalhos (PRIMAVESI et al., 2005).

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito da adubação nitrogenada na produção de forragem e nos teores de micronutrientes no capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia irrigado, nas quatro estações do ano.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental de Santa Rita/EPAMIG, em Prudente de Moraes, MG, localizada a 19°27'15''

latitude sul, 44°09'11'' longitude oeste e 732 m de altitude. O clima da região é do tipo Aw, com duas estações bem definidas: seca (maio a outubro) e águas (novembro a abril). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006) e foi caracterizado quimicamente antes da instalação do experimento (Tabela 1).

**Tabela 1** - Características químicas do solo da área experimental.

Amostra	pH <sup>1/</sup>	H+Al <sup>2/</sup>	Al <sup>3/</sup>	Ca <sup>3/</sup>	Mg <sup>3/</sup>	K <sup>4/</sup>	P <sup>4/</sup>	M.O. <sup>5/</sup>
--cm--	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				mg dm <sup>-3</sup>		dag kg <sup>-1</sup>	
0 - 20	6,3	2,46	0,05	4,27	1,16	67	11	3,27
20 - 40	6,3	2,33	0,05	3,77	0,89	40	8,6	3,07

1/ pH-H<sub>2</sub>O relação 1:2,5; 2/ Extrator Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; 3/ Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; 4/ Extrator Mehlich-1; 5/ Método Walkley e Black.

O experimento foi conduzido no período de julho de 2010 a junho de 2012, em um pasto de capim-Tanzânia (*Panicum maximum*), estabelecido em novembro de 2009, adubado no plantio com 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples), 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) e 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE, de acordo com as recomendações de Cantarutti et al. (1999). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliadas doses anuais de N (0, 200, 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de ureia. As adubações foram realizadas parceladamente em doses iguais, sempre após os pastejos.

A irrigação foi feita utilizando-se o sistema de aspersão convencional, com tubos de PVC enterrados, com a lâmina de água calculada em função da evapotranspiração de referência, precipitação pluvial e utilizando o Kc para o capim-Tanzânia.

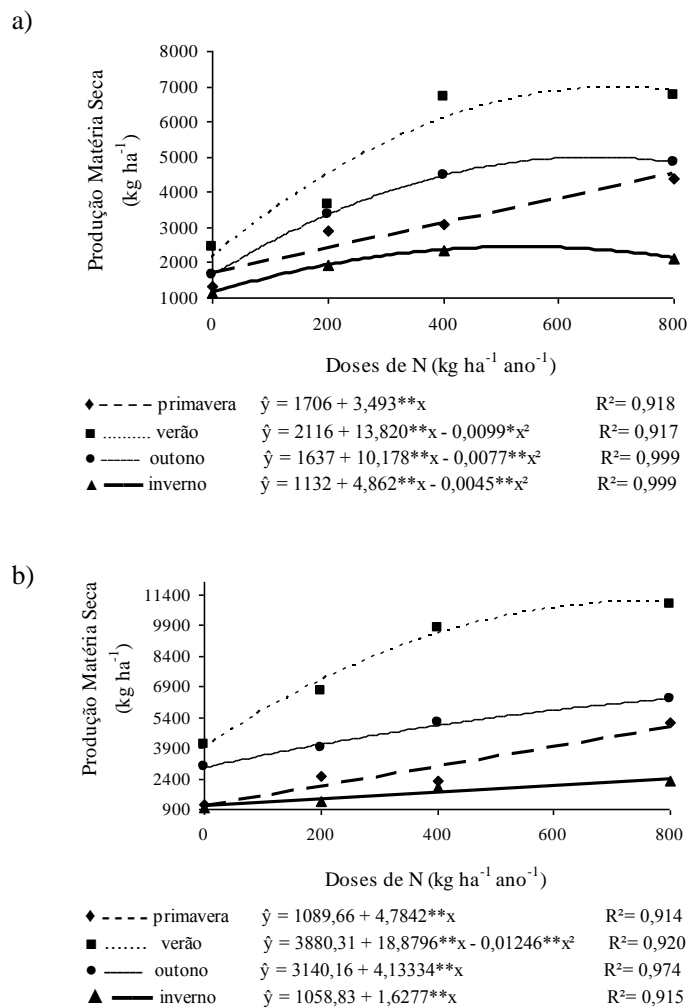
Para avaliação da produção de matéria seca e dos teores de micronutrientes do capim-Tanzânia, antes de cada pastejo, em cada parcela foram amostrados três áreas de 3 m<sup>2</sup>, cortando o capim a aproximadamente 30 cm do solo, quando esse se encontrava a 70 cm de altura. Posteriormente, uma sub- amostra do material colhido foi seco em estufa com circulação forçada de ar, a 55 - 60 °C, durante 72 horas, pesado e moído, e os teores de Cu, Fe, Mn e Zn foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica. O B foi determinado por colorimetria de curcumina (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Para efeito das análises estatísticas, foram utilizadas as produções de forragem acumuladas nos diversos cortes, dentro de cada estação do ano. Para os teores de micronutrientes, por sua vez, foram analisadas as amostras de forragem referentes ao corte mais representativo de cada estação do ano. Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão. As análises foram realizadas com o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A deficiência de N tem sido apontada como a principal causa da baixa produção de massa seca ou ainda de atrasar algumas funções bioquímicas no metabolismo da planta (LAVRES JUNIOR; SANTOS

JUNIOR; MONTEIRO, 2010). A produção acumulada de massa seca foi influenciada pelas doses de nitrogênio aplicadas nas diferentes estações do ano (Figura 1).



**Figura 1.** Produção de matéria seca do capim -Tanzânia nas quatro estações do ano, em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano ,(b) segundo ano

Nota: \*\* e \* = significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste t.



Resultados semelhantes encontrados por Viana et al. (2011), ao avaliar a adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária sob pastejo rotacionado, verificou-se que a produção aumentou de forma linear com o aumento das doses de N aplicadas. Benett et al. (2008), trabalhando com produtividade e composição bromatológica do capim-Marandu, em resposta a fontes e doses de nitrogênio, observaram que, independente da fonte nitrogenada, a aplicação de doses crescentes de N na forrageira proporcionou incremento na produção de massa seca.

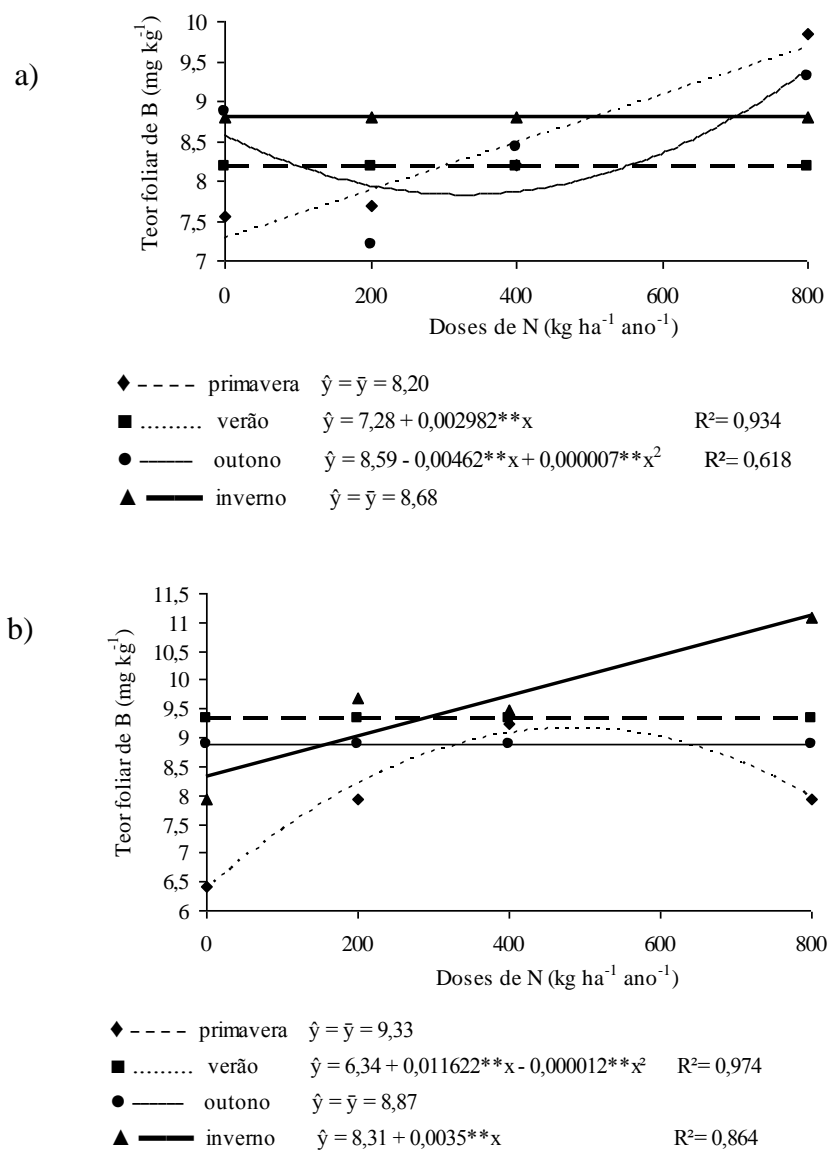
As maiores produções de massa seca, nos dois anos consecutivos, independente das doses de N aplicadas no solo ocorreram no verão, no primeiro ano de 6.939 kg ha<sup>-1</sup> e no segundo ano de 11.032 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que, no inverno, devido às condições climáticas menos favoráveis, foram observadas as menores produções. Segundo Cecato et al. (2000), nas condições tropicais, durante o inverno, a temperatura, a umidade e a luminosidade são inadequadas para um bom desenvolvimento das plantas forrageiras. Em contrapartida, no verão, essas variáveis climáticas são adequadas e, dependendo das condições de manejo, pode-se obter elevada produção de matéria seca das plantas forrageiras.

Trabalhando com a produtividade da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em diferentes manejos e doses de adubação, períodos de descanso e épocas do ano, Cunha et al. (2012) verificaram que, no outono/inverno proporciona menor produtividade de matéria seca; porém, em média, a produtividade no outono/inverno é de 75% daquela obtida na primavera/verão.

Observaram-se efeitos significativos das doses de N e nas estações do ano, com relação à concentração de micronutrientes na forragem. No primeiro ano (Figura 2a), para os teores de Boro (B) no inverno e primavera, não foram encontrados ajustes polinomiais adequados, para explicar o fenômeno biológico devido à aplicação das doses de N, aplicadas no solo. No entanto, no verão registrou-se aumento linear e no outono efeito quadrático com coeficiente linear negativo, em função das doses de N utilizadas. Alguns fatores ambientais tais como a quantidade de luz (duração do dia) e a temperatura, influenciam os processos de crescimento, bem como na respiração, fotossíntese e na absorção de água e nutrientes pelas plantas.

No segundo ano (Figura 2b), no outono e na primavera, não foram encontrados ajustes polinomiais adequados, para explicar a resposta do teor de B pela aplicação das doses de N. No inverno e verão houve um aumento nos teores com o aumento das doses de N, de forma linear e quadrática, respectivamente.

Segundo Jones Junior, Wolf e Millis (1991), a aplicação de N induz à deficiência de B na planta quando os níveis desse elemento, no solo, são baixos. Em valores de pH elevado, o B torna-se menos disponível, e ainda, em solo mais argiloso a adsorção do B é maior, podendo assim dificultar a absorção pelas plantas. Os valores encontrados neste trabalho, para todas as doses estão abaixo da faixa daqueles considerados adequados para o Capim *Panicum maximum* cv. Colômbio, entre 10 a 30 mg kg<sup>-1</sup> nas brotações novas e folhas verdes (BOARETTO et al., 2009).



**Figura 2.** Teores de B na matéria seca do capim-Tanzânia nas quatro estações do ano, em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano ,(b) segundo ano

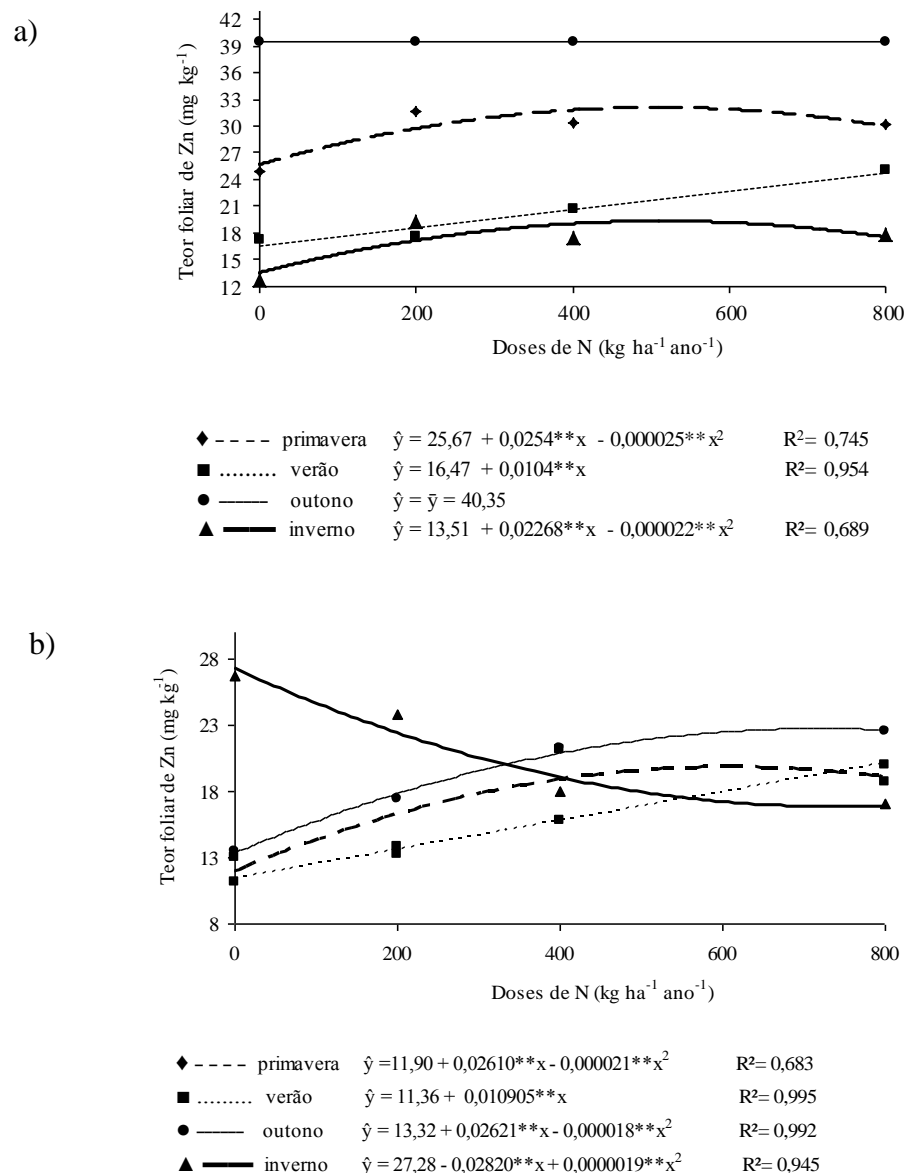
Nota: \*\* = significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

No primeiro ano, verificou-se que a equação de segundo grau foi a que melhor se ajustou aos cortes realizados no inverno e primavera, com maiores teores estimados de Zn nas doses de 515 e 508 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Figura 3). No outono, não foi encontrado ajuste polinomial adequado, além da significância biológica do modelo em relação às doses de N, aplicadas no solo. No verão, nos dois anos consecutivos, a equação de primeiro grau apresentou melhor ajuste, com efeito linear positivo, em função das doses de N aplicadas (Figura 3).

No segundo ano, no inverno, verificou-se efeito quadrático negativo em função das doses de N utilizadas. No entanto, na primavera e outono obtiveram um acréscimo quadrático com o aumento das doses de N aplicadas. Costa et al. (2009), trabalharam com doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-Marandu e verificaram que a concentração de Zn não foi afetada pelos tratamentos aplicados, não se observando efeito significativo das doses, fontes e anos e da interação entre esses fatores no teor desse nutriente.

O Zn disponível pode ser afetado pelo pH do solo, com disponibilidade aumentada em solos mais ácidos. Esse nutriente, também é fortemente retido em solos argilosos o que pode agravar a deficiência na planta. Ainda, a aplicação de altas doses de N resulta em diluição do teor de Zn, devido ao maior desenvolvimento da planta o que pode acarretar deficiência desse nutriente. Isso induz à necessidade do uso do Zn na adubação nas pastagens.

Boretto et al. (2009) consideram que teores na faixa de 20 a 50 mg kg<sup>-1</sup> de Zn nas brotações novas e folhas verdes é a faixa adequada para o *Panicum maximum* cv. Colônia.



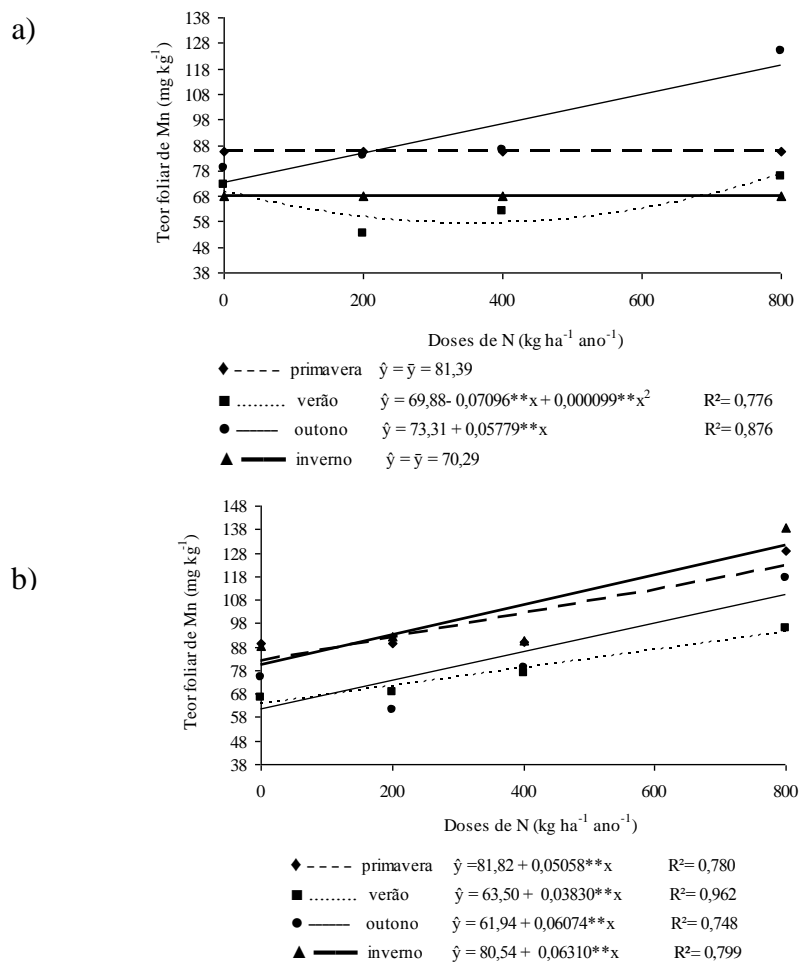
**Figura 3.** Teores de Zn na matéria seca do capim- Tanzânia nas quatro estações do ano em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano, (b) segundo ano

Nota: \*\* = significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

No primeiro ano (Figura 4a), para os teores foliares de manganês (Mn), a equação polinomial quadrática negativa foi a que apresentou o melhor ajuste para expressar resposta a doses de N, aplicados no solo no verão. No inverno e na primavera, não foi encontrado ajuste polinomial adequado, além da significância biológica do modelo. No outono, aumentou de forma linear em função das doses de N aplicadas.

No segundo ano (Figura 4b), obteve-se um incremento linear nos teores de Mn foliar, em todas as estações do ano. Costa et al. (2009) trabalharam com doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim Marandu e observaram que, a concentração de Mn não foi influenciada pelos tratamentos, sem efeito significativo das doses, fontes e anos e na interação entre esses fatores.

Segundo Prado (2008), a disponibilidade de Mn depende do pH, do potencial de oxirredução, da matéria orgânica e da interação com outros nutrientes. A fonte de N na forma de ureia também pode ter influenciado na disponibilidade de Mn por causar acidez no solo, que pode aumentar sua absorção pela planta. Diferentemente do B e do Zn, o Mn é o segundo micronutriente mais abundante em solos tropicais, superado apenas pelo Fe. As concentrações de Mn ficaram na faixa considerada adequada nas brotações novas e folhas para o *Panicum maximum* cv. Colonião, que varia entre 20 e 200 mg kg<sup>-1</sup> (BORETTO et al., 2009).



**Figura 4.** Teores de Mn matéria seca do capim- Tanzânia nas quatro estações do ano, em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano, (b) segundo ano

Nota:\*\* = significativo a 1% de probabilidade ,pelo teste t.

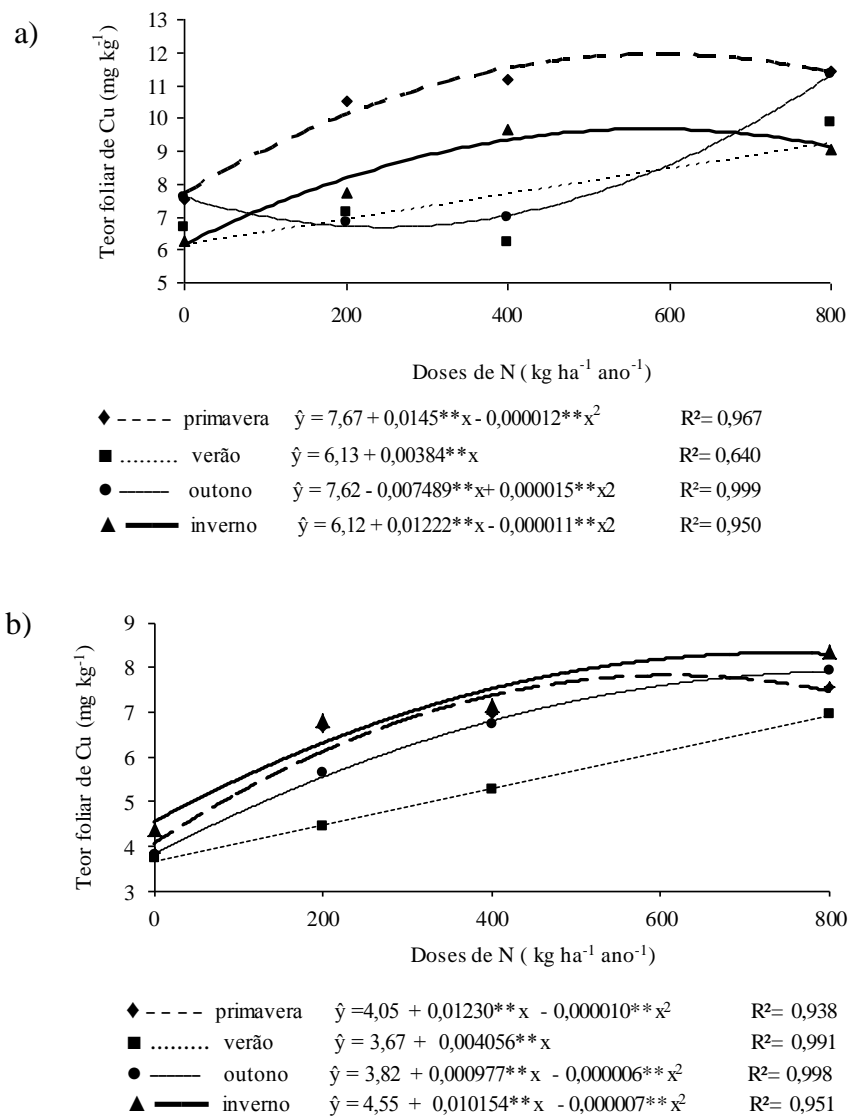
No primeiro ano, observou-se um acréscimo quadrático (Figura 5a) na concentração de Cu no inverno e primavera, com o aumento das doses de N. Incrementos médios de 52% e 48%, em relação à não aplicação de N foram encontrados respectivamente no inverno/

primavera. Por sua vez, no verão foi observada resposta linear positiva e no outono, quadrática negativa com o aumento das doses de N. Esses resultados corroboram com Costa et al. (2008), sendo que esses autores trabalharam com adubação nitrogenada e potássica na concentração de nutrientes do capim-Xaraés e verificaram um acréscimo quadrático na concentração de Cu, com o aumento das doses de N aplicadas no solo, mostrando incremento de 37,01% em relação à não aplicação de N.

No segundo ano (Figura 5b) observou-se, em todas as estações, exceto no verão, um aumento de forma quadrática na concentração de Cu, com a aplicação das doses de N. Resultado semelhante foi encontrado por Costa et al. (2009), que, trabalharam com doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-Marandu. Esses autores verificaram um acréscimo linear na concentração de Cu com o aumento das doses de N. Resultado também verificado por Primavesi et al. (2006). Entretanto Freitas et al. (2007), trabalharam com avaliação da composição química bromatológica do capim-Mombaça, submetido a diferentes doses de nitrogênio e não obtiveram efeito significativo de N, sobre o teor de Cu.

A concentração considerada adequada de cobre nas brotações novas e folhas verdes para o *Panicum maximum* cv. Colonião está entre 4-14 mg kg<sup>-1</sup> na matéria seca (BORETTO et al., 2009). Os teores encontrados no presente trabalho, nas diferentes doses de N e estações, encontram-se dentro dessa faixa.



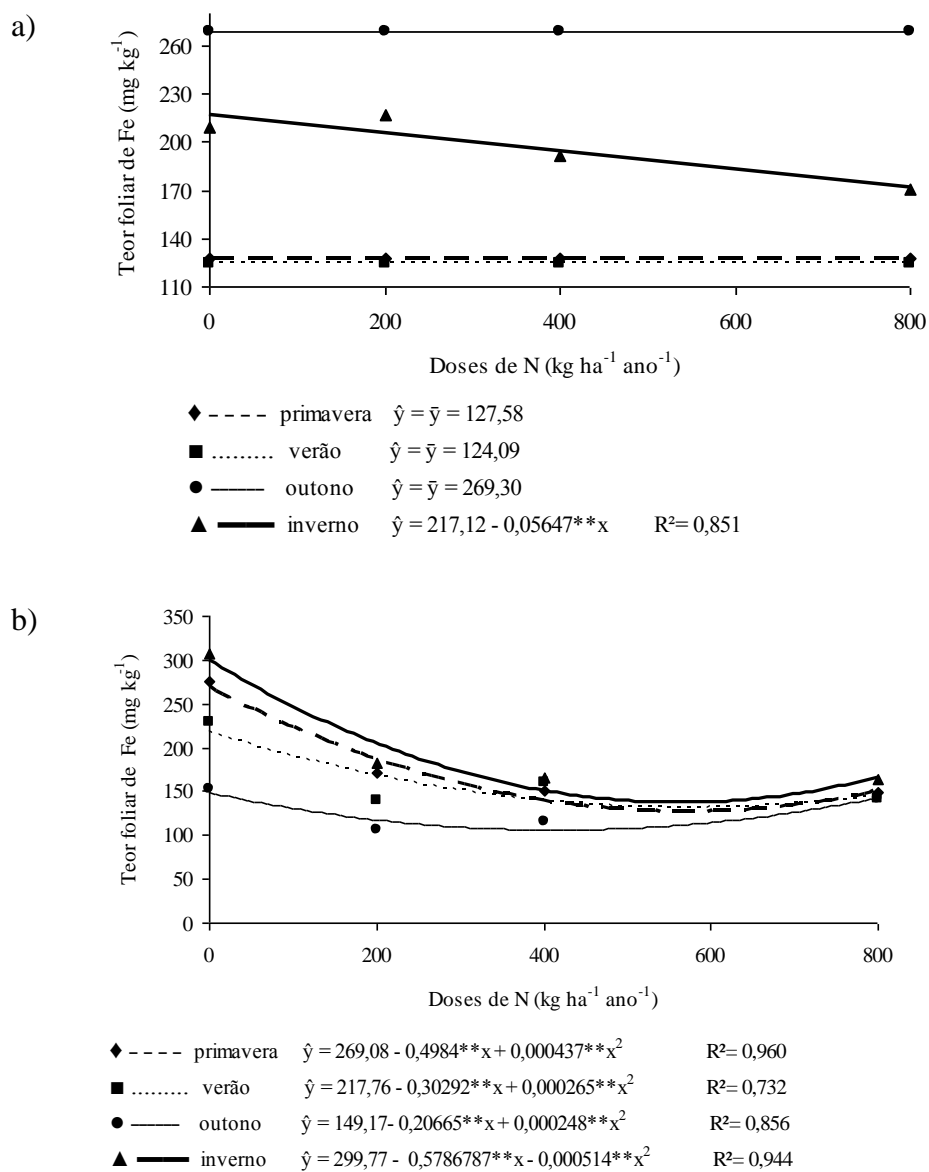


**Figura 5.** Teores de Cu na matéria seca do capim- Tanzânia, nas quatro estações do ano em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano, (b) segundo ano

Nota: \*\* = significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Os teores foliares de Fe, no primeiro ano (Figura 6a), não foram influenciados pelas doses de nitrogênio e pelas estações do ano, exceto no inverno, em que, com o aumento das doses de N aplicado no solo reduziram esses teores de forma linear. No segundo ano (Figura 6b), foi verificado o efeito quadrático negativo em função das doses de N, utilizadas em todas as estações do ano. Esses resultados corroboram com aqueles de Freitas et al. (2007). Esses autores avaliaram a composição química - bromatológica do capim- Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio e registraram que não houve efeitos significativos ( $P > 0,05$ ) das doses de N. No entanto, Costa et al. (2009), trabalharam com doses e fontes de N, na nutrição mineral do capim- Marandu e observaram efeito significativo isolado para as doses de nitrogênio, com acréscimo linear, com o aumento das doses de N. Existem diversos fatores que podem afetar o Fe disponível do solo, como o desequilíbrio com os outros nutrientes (Mo, Cu e Mn), o excesso de P, pH elevado, encharcamento do solo, baixas temperaturas, entre outros (PRADO, 2008).

Segundo Boretto et al. (2009), concentrações entre 50 a 200 mg kg<sup>-1</sup> são consideradas adequadas nas brotações novas e folhas verdes para o *Panicum maximum* cv. Colônia. Os teores encontrados neste trabalho, nas diferentes doses de N e entre as estações, estão acima desses valores.



**Figura 6.** Teores de Fe na matéria seca do capim- Tanzânia nas quatro estações do ano, em função de doses anuais de nitrogênio, (a) primeiro ano, (b) segundo ano

Nota: \*\* = significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Considerando-se os resultados apresentados anteriormente, pode-se concluir que os teores disponíveis de Cu, Mn e Fe são suficientes para o desenvolvimento das pastagens. Com relação ao Zn e o B verificou-se que os teores estão abaixo do nível considerado adequado para o *Panicum maximum* cv Colônia (BORETTO et al., 2009), o que reforça a idéia de serem os micronutrientes mais limitantes nos solos do Cerrado. Resultado também verificado por Vendrame et al. (2007).

#### **4 CONCLUSÕES**

A aplicação de N eleva a produção de forragem, em todas as estações do ano. Entretanto, no inverno, as respostas do capim-Tanzânia às doses de N aplicadas são comprometidas pelas condições climáticas desfavoráveis.

A adubação nitrogenada influencia a absorção dos micronutrientes. No inverno, exceto para o Zn e Cu, a absorção do B, Mn e Fe, no primeiro ano, pode ser comprometida pelas temperaturas mais baixas, sem efeito das doses de N. No segundo ano, houve aumento nos teores Mn, B e Cu com a aplicação de N.

O aumento das doses de N aplicadas no solo, no verão, propiciaram incremento no teor foliar de micronutrientes, exceto para o teor de Mn, como observado no primeiro ano, e para o teor de Fe nos dois anos.

#### **Agradecimento**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro na condução da pesquisa.

**Micronutrients content in Tanzania grass (*Panicum maximum*) under nitrogen fertilization**

**ABSTRACT**

Nitrogen is one of the main nutrients responsible for improving forage quality. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen fertilization in forage production and in the content of micronutrients in the irrigated *Panicum maximum* grass cv. Tanzania, in the four seasons of the year. We used a randomized block experimental design with four replicates, evaluating annual doses of N (0, 200, 400 and 800 kg ha<sup>-1</sup>) in the form of urea. The determinations of micronutrient content were performed on the most representative cuts in each season. Nitrogen application increases forage production in all seasons. Nitrogen fertilization influences micronutrients uptake. In the winter, micronutrients content in the first year were compromised by lower temperatures, with no effect of N levels. In the second year, there was an increase in the contents with the application of N. The increase in N doses applied to the soil in the summer provide a raise in foliar micronutrients, except for the content of Mn, as observed in the first year, and for the content of Fe in both years.

Keywords: Mineral nutrition. Nitrogen. Nutrient uptake.

## REFERÊNCIAS

- BENETT, C. G. S. et al. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, set./out. 2008.
- BOARETTO, A. E. et al. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. p. 60-233.
- CANTARUTTI, R. B. et al. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 332-341.
- CECATO, U. et al. Avaliação da produção e de algumas características de rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 660-668, maio/jun. 2000.
- COSTA, K. A. P. et al. Adubação nitrogenada e potássica na concentração de nutrientes do capim-Xaraés. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 1, p. 86-92, 2008.
- \_\_\_\_\_. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 1, p. 115-123, jan./mar. 2009.
- CRUZ, R. S. et al. Crescimento do capim Xaraés estabelecido em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocantinense. **Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 61-69, jan./mar. 2010.
- CUNHA, F. F. et al. Produtividade da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em diferentes manejos e doses de adubação, períodos de descanso e épocas do ano. **IDESIA**, Arica, v. 30, n. 1, p. 75-82, ene./abr. 2012.

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

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FREITAS, K. R. et al. Avaliação da composição químico- bromatológica do Capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. submetido a diferentes doses de Nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 1-10, jul./set. 2007.

JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLIS, H. A. **Plant analysis handbook**. Athens: Micro-Macro, 1991. 213 p.

LAVRES JUNIOR, J.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A. Nitrate reductase activity and spad readings in leaf tissues of guinea grass submitted to nitrogen and potassium rates. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 801-809, abr. 2010.

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

PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 500 p.

PRIMAVESI, A. C. et al. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 247-253, mar. 2005.

\_\_\_\_\_. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 68-78, jan./fev. 2004.

\_\_\_\_\_. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 562-568, maio/jun. 2006.

VEDRAME, P. R. S. et al. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 859-864, jun. 2007.

VIANA, M. C. M. et al. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 7, p. 1497-1503, jul. 2011.