**PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DOS CAPINS TANZÂNIA-1 E MARANDU EM
FUNÇÃO DE ESTÁDIOS DE CRESCIMENTO E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

JOÃO BATISTA RODRIGUES DE ABREU

Zootecnista

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

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia, Área de
Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Abril - 1999

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Abreu, João Batista Rodrigues de

Produção e nutrição dos capins Tanzânia-1 e Marandu em função de estádios de crescimento e adubação nitrogenada / João Batista Rodrigues de Abreu. - - Piracicaba, 1999.
99 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.
Bibliografia.

1. Adubação nitrogenada 2. Capim Marandu 3. Crescimento vegetal 4. Diagnose Foliar 5. Matéria seca 6. Nitrogênio I. Título

CDD 633.2

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O Autor"

Aos meus amigos

OFEREÇO

A minha esposa CRISTINA

e aos nossos filhos

JOÃO PAULO e ANA CAROLINA

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A minha esposa e filhos pela paciência de aguardar tanto tempo para que eu pudesse dar mais um passo em nossas vidas e principalmente pela minha ausência.

Ao Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro pela orientação e amizade.

Ao Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmelo pela amizade e contribuição durante a minha longa permanência no Departamento de “Química”.

Ao Prof. Dr. Antonio Roque Dechen pela amizade, confiança e otimismo.

Aos grandes amigos Cesar de Castro, Adonis Moreira, Jonas Ruschel e João Pedro Pimentel pelo incentivo e apoio nas dificuldades.

A todos os estagiários envolvidos no trabalho, em especial Abraão, Renata e Pelerson.

Aos amigos, Paulo e Jane pela grande ajuda nas análises realizadas na U.F.R.R.J.

Aos professores do Departamento de Nutrição Animal e pastagens da U.F.R.R.J., em especial ao Prof. José Bonifácio pelo incentivo e apoio.

Ao Prof. Dr. Mânlio Silvestre Fernandes por ter permitido a realização das análises no laboratório de nutrição Mineral de Plantas/U.F.R.R.J.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da ESALQ – USP.

À Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” por oferecer o Curso de Pós Graduação.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
SUMMARY	viii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Origem e características dos capins Tanzânia-1 e Marandu	03
2.1.1 Capim-Tanzânia-1	03
2.1.2 Capim-Marandu	03
2.2 Utilização de nitrogênio em gramíneas forrageiras	04
2.3 Nitrogênio em tecidos de gramíneas forrageiras tropicais	09
2.4 Nível crítico de nitrogênio em gramíneas forrageiras	11
2.5 Estimativa da concentração de clorofila	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Material	16
3.1.1 Local e época	16
3.1.2 Solo e suas características	16
3.2 Instalação e condução do experimento	17
3.2.1 Preparo dos vasos e semeadura	17
3.2.2 Adubações	19
3.2.2.1 Adubação com fósforo e micronutrientes	19
3.2.2.1 Adubação com potássio, nitrogênio e enxofre	19
3.2.3 Determinação do adequado teor de umidade do solo	20
3.2.4 Condução do experimento	21
3.2.4.1 Crescimento inicial	21

3.2.4.2 Crescimento final.....	21
3.3 Delineamento experimental e tratamentos	22
3.4 Determinações no material vegetal.....	22
3.4.1 Produção de matéria seca	22
3.4.2 Concentração de nitrogênio.....	23
3.4.3 Estimativa do teor de clorofila.....	23
3.5 Determinação do índice de eficiência	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Experimento com <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	25
4.1.1 Produção de matéria seca	25
4.1.1.1 Crescimento inicial.....	25
4.1.1.2 Crescimento final.....	28
4.1.2 Índice de eficiência e produção das várias partes da planta	31
4.1.2.1 Índice de eficiência.....	31
4.1.3 Produção de matéria seca das lâminas foliares.....	34
4.1.4 Concentração de nitrogênio.....	37
4.1.4.1 Crescimento inicial.....	37
4.1.4.2 Crescimento final.....	40
4.1.5 Estimativa do teor de clorofila através do valor SPAD.....	43
4.1.5.1 Crescimento inicial	43
4.1.5.2 Crescimento final.....	45
4.1.6 Nível crítico de nitrogênio total e relação da concentração de nitrogênio e valor SPAD	47
4.1.6.1 Crescimento inicial	47
4.1.6.2 Crescimento final.....	50
4.2 Experimento com <i>Panicum maximum</i> cv Tanzânia-1	54
4.2.1 Produção de matéria seca	54

4.2.1.1 Crescimento inicial	54
4.2.1.1 Crescimento final.....	58
4.1.2 Índice de eficiência e produção das várias partes da planta	60
4.2.2.1 Índice de eficiência.....	60
4.2.2.2 Produção de matéria seca nas várias partes da planta	61
4.2.3 Produção de matéria seca das lâminas foliares	62
4.2.4 Concentração de nitrogênio.....	64
4.2.4.1 Crescimento inicial.....	64
4.2.4.2 Crescimento final.....	67
4.2.5 Estimativa do teor de clorofila através do valor SPAD	69
4.2.5.1 Crescimento inicial.....	69
4.2.5.2 Crescimento final.....	71
4.2.6 Nível crítico de nitrogênio total e relação da concentração de nitrogênio e valor SPAD	74
4.2.6.1 Crescimento inicial.....	74
4.2.6.2 Crescimento final.....	76
5 CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
APÊNDICE.....	96

PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DOS CAPINS TANZÂNIA-1 E MARANDU EM FUNÇÃO DE ESTÁDIOS DE CRESCIMENTO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Autor: JOÃO BATISTA RODRIGUES DE ABREU

Orientador: Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO

RESUMO

Foram realizados dois experimentos em casa-de-vegetação durante o período de fevereiro a junho de 1998, utilizando o delineamento de blocos completos ao acaso, com quatro repetições, objetivando avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio na produção de matéria seca, no desenvolvimento das partes da planta, na concentração de nitrogênio total em lâminas de folhas novas, na estimativa do teor de clorofila nas lâminas de folhas novas e na determinação dos níveis críticos internos dos capins Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf) e Tanzânia-1 (*Panicum maximum* Jacq), aos 14, 28 e 42 dias após aplicação do nutriente em dois crescimentos das plantas. As plantas foram cultivadas em seis quilogramas de amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico coletado à profundidade de 0-20 cm. Aplicaram-se quatro doses de nitrogênio (0; 75; 150 e 300 mg kg⁻¹ de N), usando-se o nitrato de amônio. A aplicação de nitrogênio afetou a produção de matéria seca da parte aérea, a concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas novas, a produção de raízes e o teor de clorofila estimado tanto no capim-Marandu como no capim-Tanzânia-1 de formas distintas entre o crescimentos inicial e final. No capim-Marandu os níveis críticos de nitrogênio total determinados nas lâminas de folhas novas foram: aos 14 dias de desenvolvimento do crescimento final de 8,5 g kg⁻¹, associado ao valor SPAD de 21,8; aos 28 dias do crescimento final de 23,17 g kg⁻¹, associado ao valor SPAD de 38,6; aos 42

dias dos crescimentos inicial e final de 8,5 e 13,2 g kg⁻¹, associados aos valores SPAD de 22 e 34,5, respectivamente. No capim-Tanzânia-1 os níveis críticos determinados nas lâminas de folhas novas foram: aos 14 dias de desenvolvimento do crescimento final de 36,9 g kg⁻¹, associado ao valor SPAD de 41,8; aos 28 dias do crescimento e final de 21,4 g kg⁻¹, associado ao valor SPAD de 40,4; aos 42 dias dos crescimentos inicial e final de 10,2 e 12,3 g kg⁻¹, associados aos valores SPAD de 25 e 27, respectivamente.

A produção de matéria seca da parte aérea das duas forrageiras se ajustou a um modelo de regressão de segundo grau nos três estádios dos crescimentos avaliados. As doses de nitrogênio que proporcionaram a máxima produção calculada foram: para o capim-Marandu aos 14, 28 e 42 dias do crescimento inicial de 140, 150 e 190 mg kg⁻¹ e 233, 218 e 249 mg kg⁻¹, respectivamente, para os crescimento inicial e final; para o capim-Tanzânia-1 aos 14, 28 e 42 dias do crescimento inicial de 444, 219 e 254 mg kg⁻¹ e 287, 217 e 234 mg kg⁻¹, respectivamente, para os crescimento inicial e final. A avaliação da eficiência de utilização do nitrogênio demonstrou que houve maior aproveitamento pelas plantas de capim-Tanzânia-1, a medida que aumentou os dias de desenvolvimento para os dois crescimentos, porém para o capim-Marandu este comportamento só foi observado para o crescimento final.

TANZÂNIA-1 AND MARANDU PRODUCTION AND NUTRITION GRASSES IN RELATION TO GROWTH STAGES AND NITROGEN FERTILIZATION

Author: JOÃO BATISTA RODRIGUES DE ABREU

Adviser: Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO

SUMMARY

Two experiments were carried out in greenhouse conditions from February to June 1998, using a complete randomized block design, with four replications. The objective of these studies were to evaluate the effects of nitrogen rates on dry matter, development of the plant parts, young leaf blades total-nitrogen concentration and chlorophyll concentration, and to establish parameters to determine the critical level of nitrogen in Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf.) and Tanzânia-1 (*Panicum maximum* Jacq), with 14, 28 e 42 days after the nutrient application, in two growth periods. The plants were grown in six kilograms of soil samples collected from the 0-20 layer of a dystrophic Red-Yellow Latosol. For both grasses nitrogen was applied at planting and after the cuts of the plants, in rates of 0; 75; 150 e 300 mg kg⁻¹, using ammonium nitrate. Nitrogen application affected dry matter of roots and plant tops. The total-N young leaf blades and the estimated chlorophyll content influenced in different ways to Marandu and Tanzânia-1 grasses, between initial and final growths. Marandu the critical nitrogen levels determined on young leaf blades were: with 14 days of the final growth development of 8.5 g kg⁻¹ associated to SPAD value of 21.8; at 28 days of the final growth development of 23.17 g kg⁻¹, associated to SPAD value of 38.6; at 42 days of the initial and final growth developments of 8.5 and 13.2 g kg⁻¹, associated to SPAD value of 22 and 34.5, respectively. Critical nitrogen levels determined on young leaf blades of Tanzânia-1 were: at 14 days of the final growth development

36.9 g kg⁻¹ associated to SPAD value of 41.8; at 28 days of the final growth development of 21.4 g kg⁻¹, associated to SPAD value of 40.4; at 42 days of the initial and final growth of 10.2 and 12.3 g kg⁻¹ associated to SPAD value of 25 e 27, respectively.

Dry matter production of both forages had it values adjusted to a second degree equation in the three growth stages evaluated. Nitrogen rates that resulted in the highest forage yield were: for Marandu at 14, 28 e 42 days of initial growth of 140, 150 e 190 mg kg⁻¹ and 233, 218 e 249 mg kg⁻¹, respectively, for the initial and final growth; for Tanzânia-1 at 14, 28 e 42 days of initial growth of 444, 219 e 254 mg kg⁻¹ and 287, 217 and 234 mg kg⁻¹, respectively, for the initial and final growth. The evaluation of nitrogen use efficiency showed that the use of nitrogen was increased from the first to the final growth stage in Tanzânia-1 grass in the two growth periods. However this behavior was observed with Marandu grass only in the final growth.

1 INTRODUÇÃO

A produção de forragem é o recurso nutricional de mais baixo custo na alimentação dos herbívoros. Uma grande eficiência nessa produção não tem sido atingida mas continua sendo buscada por pesquisadores e produtores, que têm trabalhado arduamente para melhorar o desempenho da pastagem e dos animais que a utilizam.

Uma das formas de aumentar a produtividade e melhorar o valor nutritivo e alimentício das pastagens tem sido através da introdução e lançamento de novas gramíneas forrageiras. Esse procedimento por si só não tem atingido a expectativa dos pecuaristas, provavelmente, pela falta de informações com relação ao atendimento das exigências nutricionais dessas plantas, bem como pelo desconhecimento das técnicas para o adequado manejo das mesmas.

No contexto de capins com lançamento recente se destacam o Tanzânia-1 (*Panicum maximum* Jacq.) e Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf.) como forrageiras para utilização em condições de solo de boa fertilidade. Porém, essas gramíneas, a exemplo das anteriormente empregadas apresentam queda na produção após alguns anos de utilização, possivelmente devido a deficiências nutricionais para essas plantas.

O aumento na disponibilidade de nutrientes, no meio, é um dos principais fatores que interagem com o ambiente e que tem sido utilizado para incrementar a produção de forragem. Nesse aspecto, a aplicação de nitrogênio é reconhecidamente uma prática muito determinante para a produtividade

forrageira e o conhecimento das formas pelas quais esse nutriente propicia a elevação de forragem disponível é fundamental. Em particular para os capins Tanzânia-1 e Marandu, informações relacionadas ao fornecimento de nitrogênio e aos efeitos fisiológicos e na composição das plantas necessitam ser buscadas.

A dinâmica da produção forrageira é afetada por diversos fatores, no qual se destacam: o tipo de planta, solo, nutrição vegetal, ambiente nos seus variados aspectos e modificações, bem como as interações entre estes. Contudo, a aplicabilidade destas informações é afetada pela forma de colheita, pois no caso de terem sido obtidas através de cortes, pode ocorrer superestimação em relação ao pastejo e conseqüentes desvios no objetivo de determinar a produção. Outro aspecto relevante é a fase em que a planta está sendo avaliada, porque dependendo do estágio de desenvolvimento que a forrageira esteja, os teores de nutrientes ou valor nutricional são diferentes. Nesse aspecto, o nitrogênio é acumulado em elevadas quantidades no início do crescimento e reduzido, bem como remobilizado com o avanço da idade da planta.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o incremento de matéria seca, relacionado-o com a concentração de nitrogênio no tecido, em vários períodos de crescimento mediante a utilização de doses de nitrogênio, após cada corte, determinando os níveis críticos de nitrogênio e da estimativa do teor de clorofila correspondentes as adequadas concentrações de nitrogênio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e características dos capins Tanzânia-1 e Marandu

2.1.1 Capim-Tanzânia-1

O capim-Tanzânia-1 (*Panicum maximum* Jacq.) foi coletado por ORSTOM (Institut Française de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) em Korogwe, na Tanzânia. O lançamento comercial desta forrageira em 1990 constituiu-se em um dos resultados do programa de seleção de forrageiras do gênero *Panicum* coordenado pela EMBRAPA (Jank et al., 1994; Jank, 1995).

Essa forrageira consiste de planta cespitosa com altura média de 1,3 m e folhas decumbentes apresentando lâminas e bainhas glabras, sem cerosidade e com largura média de 2,6 cm. A inflorescências são do tipo panícula e com ramificações primárias longas e secundárias longas apenas na base. As espiguetas são arroxeadas, glabras e uniformemente distribuídas (Savidan et al., 1990).

2.1.2 Capim-Marandu

O capim-Marandu é um cultivar de *Brachiaria brizantha* Stapf., sendo originário da África tropical (especificamente do Zimbabwe), local que geralmente apresenta bom nível de fertilidade do solo (Bogdan, 1977). No

Brasil ela foi inicialmente cultivada na região de Ibirarema, Estado de São Paulo, de onde foi difundida pela EMBRAPA em 1984, para as outras regiões do país (Nunes et al., 1985).

Trata-se de planta cespitosa, muito robusta, podendo atingir até 1,5 a 2,5 m de altura, com colmos iniciais prostrados. Produz perfilhos predominantemente eretos, com perfilhamento nos nós superiores dos colmos floríferos, o que leva à proliferação de inflorescências de até 40 cm de comprimento, especialmente sob regimes de corte ou pastejo, e com rizomas muito curtos e encurvados. As lâminas foliares são linear-lanceoladas, largas e longas, com pubescências apenas na face inferior e esparsamente pilosas na face ventral e glabras na face dorsal. As bainhas apresentam pilosidade, tem cílios nas margens, e geralmente são mais longas que os entre-nós (Nunes et al., 1985).

2.2 Utilização de nitrogênio em gramíneas forrageiras

O aumento da produção de forragem tem como um dos promotores a adequada disponibilidade de nutrientes, dentre os quais se destaca o nitrogênio, em pastagem formadas (Monteiro & Werner, 1977; Werner, 1986 e Corsi e Nússio, 1985).

Ferrari Neto (1991) verificou que as principais limitações nutricionais de um Latossolo Vermelho-Escuro da região noroeste do Paraná, em ordem decrescente, foram: nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, cujas omissões na adubação promoveram, na média de dois cortes, reduções de 75, 75, 70 e 59%, respectivamente, na produção de matéria seca desse capim, em relação ao tratamento com adubação completa. Quando foi considerada somente a

produção de matéria seca no segundo corte, o nitrogênio foi a maior limitação, tendo a sua omissão causado efeito mais drástico que a de fósforo.

Novoa & Loomis (1981) afirmaram que com o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo ocorre uma elevação da concentração do mesmo nos tecidos vegetais. Essa elevação, entretanto, pode ser maior em períodos de menor disponibilidade de água e temperaturas mais baixas, como apontado por Paretas (1981), ao trabalhar com capim-rhodes (*Chloris gayana* Kunth) e por Ramos et al. (1983) e Brunet et al. (1988a), quando compararam os *Cynodons* bermuda cruzada nº 1, coastal bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) e estrela jamaicano (*Cynodon nlenfuensis* Vanderyt), e o *Panicum maximum* (Jacq) cv. Likoni. Tendência de mais alta concentração de nitrogênio na forrageira, no período de primavera, encontrou Paretas (1981) também ao trabalhar com capim-pangola (*Digitaria decumbens* Stent). Por sua vez, Aspiolea & Arteaga (1978) destacaram que baixas doses de adubos nitrogenados são insuficientes para aumentar a concentração de nitrogênio total na planta.

Vicente-Chandler (1972), ao comparar sete gramíneas tropicais em condições de trópico úmido, verificou que todas aumentavam a concentração de proteína até 100 g kg⁻¹, aos 60 dias de crescimento, sendo que as gramíneas prostradas apresentaram elevações mais rápidas nessa concentração do que os capins colônio (*Panicum maximum* Jacq), braquiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf) e elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach).

As relações entre quantidade de material seco produzido por forrageiras tropicais melhoradas e quantidade de nitrogênio aplicado não diferem muito. Crespo et al. (1986) testando doses anuais de nitrogênio até 800 kg ha⁻¹ para os capins colônio, pangola, estrela comum e elefante, encontraram valores para esta relação entre 12 - 15 kg MS/ kg N para as três primeiras forrageiras, podendo chegar a 18, para o capim-elefante. Tendência semelhante foi encontrada por Brunet et al. (1988b) ao avaliarem capins do

gênero *Cynodon* e o capim-guiné likoni, com valores de 11,88 a 14,83 kg MS/Kg N respectivamente, sendo que o *Panicum* apresentou as mais altas conversões.

Crespo (1986), trabalhando com capim-colonião encontrou valores de 7,1 (inverno) até 83,3 (verão) kg MS/kg N quando o adubo foi aplicado em condições de irrigação suplementar ao déficit hídrico, e pode constatar a capacidade de resposta dessa forrageira à adubação em presença de condições edafoclimáticas adequadas. Esta mesma relação foi comparada entre gramíneas do gênero *Brachiaria* por Alvim et al. (1990) e Botrel et al. (1990), quando encontraram o maior valor de 72,3 kg de MS/kg N para o capim-Marandu na dose mais elevada de nitrogênio (150 kg ha^{-1}).

A extração do nitrogênio em condições de baixa taxa de crescimento é de 50 a 100 kg ha^{-1} anualmente, aumentando para 300 - 500 kg ha^{-1} com utilização de doses mais elevadas de adubação nitrogenada (Middleton, 1982; Crespo et al., 1986; Brunet et al., 1988a). A adubação é um fator muito importante para a composição da forragem não somente em nitrogênio mas em outros minerais, sendo o potássio muito importante sob condições de altas doses de adubos nitrogenados (Novoa & Loomis, 1981; Paretas, 1981; Brunet et al., 1988a e Brunet et al., 1988b).

A recuperação do adubo nitrogenado é um aspecto de muita relevância e na qual apreciável parte das pesquisas se concentra. Procura-se constantemente buscar equilíbrio entre doses de adubo, épocas de aplicação, período de crescimento da planta, fontes utilizadas e diferenças entre espécies e até variedades (Crespo et al., 1986).

Vicente-Chandler (1972), através de resultados compilados de diversos trabalhos desenvolvidos em Porto Rico, demonstrou que ocorre recuperação decrescente de nitrogênio com o aumento da dose. Brunet et al. (1988a) assinalaram o decréscimo na recuperação de 72,4 para 50,2%, em coloniã cv. Likoni, ao promoverem adubação com nitrogênio em doses de 60 a

240 kg ha⁻¹. Este resultado serviu para demonstrar superioridade absoluta do *Panicum* em relação aos dois cultivares de *Cynodon dactylon* Pers e o cultivar jamaicano de *Cynodon nlemfuensis*, principalmente para a dose mais baixa de nitrogênio.

O valor de 60% de recuperação do nitrogênio foi encontrado por Caro-Costas et al. (1960) avaliando o capim-colonião na dose de 448 kg ha⁻¹ e atingindo 41,5% na dose anual de 896 kg ha⁻¹ (mesmas doses utilizadas no trabalho anterior).

A porcentagem do nitrogênio recuperado com o aumento dos níveis de adubação deve ser cuidadosamente observada porque diversos resultados demonstram que as quantidades extraídas superam às adicionadas. Isto foi verificado por Andrade et al. (1991) com cultivares de *Panicum maximum*, em presença da dose mais baixa de nitrogênio, o que indica a provável degradação destas forrageiras sem reposição da fertilidade do solo. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Brunet et al. (1988a) utilizando, anualmente, dose de nitrogênio de 60 kg ha⁻¹ para *Panicum maximum* Jacq cultivar Likoni.

Monteiro et al. (1980), trabalhando com capim-colonião não encontraram tendência a extrações mais elevadas para os tratamentos com adição de nitrogênio, o que possivelmente ocorreu devido à baixa produção de matéria seca. Ghisi et al. (1989), comparando cultivares de *Panicum maximum* Jacq, observaram que para o nitrogênio na dose anual de 50 kg ha⁻¹ a extração de nitrogênio foi superior a alcançada com a dose de 200 kg ha⁻¹ no primeiro ano.

Estudo realizado por Alvim et al. (1990) determinou que a *Bracharia brizantha* Stapf apresentou o melhor desempenho em relação às outras gramíneas do mesmo gênero, na mais elevada dose de nitrogênio, mas atingiu a mais baixa produção em ausência da adubação nitrogenada. Isto também foi verificado por Sotomayor-Rios et al. (1973) quando utilizaram 470 kg ha⁻¹ e

compararam dois acessos de *Brachiaria brizantha* Stapf, dentre dezesseis gramíneas, e obtiveram a mais alta produção de matéria seca para esses dois acessos, com corte aos 60 dias de crescimento. O mesmo não ocorreu quando a colheita foi realizada no melhor estágio desenvolvimento (35 dias), o que foi confirmado por Sotomayor-Rios et al. (1976) e Ruggieri et al. (1995).

Atualmente existem poucos resultados publicados com relação à fertilização nitrogenada para o capim-Marandu. Entre os disponíveis está o de Petrosemoli et al. (1996) que obtiveram aumentos decrescentes da produção de matéria seca com o incremento da adubação anual com nitrogênio de 0 a 400 kg ha⁻¹. Abreu (1994), trabalhando com os capins Marandu e Tanzânia-1, obteve efeito linear positivo, quando incrementou as doses de nitrogênio de 28 a 210 mg L⁻¹ na solução nutritiva.

O efeito do nitrogênio no desenvolvimento fisiológico da forragem foi destacado por Corsi (1975), assinalando que a sua utilização provoca o aumento da longevidade das folhas. Este fato foi demonstrado por Corsi et al. (1994) ao compararem as braquiárias Marandu, decumbens e humidícola, que também verificaram maior taxa de alongação do capim-Marandu, além de maior número de folhas em alongação.

Paerse & Willian (1984), ao aumentarem a dose de nitrogênio de 0 para 132 kg ha⁻¹, demonstraram para o azevém (*Lolium multiflorum*) que a taxa de aparecimento de folhas por perfilho em cada semana aumentou de 0,52 para 0,76 enquanto a taxa de alongação de folha passou de 4,2 para 12,1 mm/perfilho/dia em azevém. Infelizmente resultados deste tipo não estão disponíveis na literatura publicada com forrageiras tropicais.

A melhoria de valor nutritivo também ocorre em consequência do aumento da disponibilidade de nitrogênio, que nutricionalmente é expresso como proteína pela simples multiplicação da quantidade de nitrogênio determinada por 6,25. Contudo, esse valor pode variar, devido ao fato de que nem todo nitrogênio da planta encontra-se na forma de proteína verdadeira

(Fernandes & Rossiello, 1986). Deve-se isto às diversas formas nas quais o nitrogênio é geralmente encontrado na planta, e que são determinadas por diversos fatores inerentes à planta e ao ambiente.

2.3 Nitrogênio em tecidos de gramíneas forrageiras tropicais

O nitrogênio é um dos elementos essenciais para as plantas, fazendo parte de inúmeros compostos orgânicos tais como: aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos. Além disso, como parte da composição da molécula de clorofila participa na fotossíntese (Marschner, 1995; Malavolta et al., 1997).

O aumento da disponibilidade de nitrogênio no substrato pode resultar em elevação na concentração deste nutriente nos tecidos vegetais (Novoa & Loomis, 1981). Esta concentração usualmente varia entre 20 e 40 g kg⁻¹ na matéria seca das espécies vegetais (Mengel & Kirkby, 1987). Entretanto, podem ser maiores em períodos de menor disponibilidade de água e temperaturas mais baixas em decorrência dos efeitos de acúmulo de nutriente em função do menor crescimento das plantas (Paretas, 1981; Brunet et al., 1988a).

As formas de nitrogênio mais absorvidas pelas plantas são o nitrato e o amônio. O nitrato é a forma predominantemente absorvida, mas depende da espécie vegetal e de fatores ambientais como luminosidade, temperatura, pH, umidade e concentração de nitrato no meio externo (Mengel & Kirkby, 1987; Marschner, 1995). A absorção do nitrogênio dá-se por processo ativo, é regulada pela entrada de cátions ou excreção de outros ânions para manter a eletroneutralidade dentro da célula e o nutriente move-se dentro da planta contra o gradiente de concentração (Malavolta, 1980; Mengel & Kirkby, 1987).

Silveira (1980) relatou que o nitrogênio presente nas plantas pode ser dividido em três grandes frações: N-inorgânico (NO_3^- e NH_4^+), N-alfa amino

solúvel e N-proteico. O N-alfa amino (aminoácidos, aminos e amidas) é a fração mais variável em função dos distúrbios nutricionais.

A fase intermediária da assimilação do nitrogênio, que constitui o N-alfa amino, pode ser aumentada pelas reduções de iluminação e temperatura, causando um acúmulo desta fração nos tecidos vegetais e, principalmente na parte aérea, o que pode provocar redução na produção de matéria seca da forragem. Esta situação pode ser evidenciada pelo coeficiente de correlação negativo ($r = - 0,978$) entre N-alfa amino e produção de matéria seca obtido por Bendix et al. (1982) com *Paspalum notatum* Flugge. Esse resultado corrobora os apresentados por Fernandes & Freire (1976) com *Bracharia* sp. e Rossiello et al. (1981) com milho (*Zea mays* L.).

A aplicação de doses elevadas de nitrato de amônio para *Dactylis glomerata* e *Festuca arundinacea* resultou em mais baixa taxa de síntese de proteína do que a taxa de acumulação de N-alfa amino, implicando em elevação desta concentração nas plantas (Glenn et al., 1985).

O N-alfa amino normalmente está em quantidades reduzidas nos tecidos vegetais. Entretanto, quando ocorre deficiência de nitrogênio e na situação em que a dose de nitrogênio supera o necessário para o crescimento, as formas solúveis começam a se acumular nas plantas (Novoa & Loomis, 1981)

Assim, em um primeiro passo, a perfeita compreensão do sistema enzimático e o aproveitamento de formas amídicas e amínicas são de fundamental importância. Isto deve ser apontado principalmente para plantas em que o sistema radicular não funcione como órgão armazenador, como foi demonstrado no trabalho de Impithuksa & Blue (1985), no qual compararam as forrageiras *Cynodon nlemfuensis* Vandyerst, *Digitaria decumbens* Stent e *Paspalum notatum* Flugge e apenas o *Paspalum* teve as raízes e os rizomas funcionando como acumuladores destas formas nitrogenadas.

A velocidade de rebrote e crescimento da pastagem podem ser influenciadas pelas quantidades de nitrogênio disponível, absorvido e assimilado. Dependendo da forma como este processo ocorra podem haver diferenças na precocidade e nas quantidades de acúmulos de carboidratos não-estruturais acumulados, os quais influenciam no vigor de crescimento após o corte. A maior concentração de nitrogênio ocorre na zona de alongação da folha, devido a deposição preferencial desse nutriente nessa região da folha. Altas correlações entre a concentração de nitrogênio nessa zona da folha e a taxa de alongação foliar foram encontradas por Gastal & Nelson (1994), sugerindo que este processo é normalmente limitado pelo nitrogênio e não pelo suprimento de carboidratos (Skinner & Nelson, 1995). De outra forma, Humphreys & Robinson (1996) verificaram com *Panicum maximum* Schum var. Trichoglume que o teor de carboidratos não-estruturais e a área foliar remanescente afetaram os parâmetros avaliados em análise de crescimento e a expansão e aparecimento de tecidos, sob adequadas condições de umidade e suprimento de nitrogênio.

2.4 Nível crítico de nitrogênio em gramíneas forrageiras

A diagnose foliar é uma ferramenta para determinação do estado nutricional das plantas através do nível crítico interno, que é classicamente definido como a concentração do nutriente abaixo da qual existe uma alta probabilidade de resposta à sua adição, que pode ser feita através da adubação no solo ou foliar. Ulrich & Hills (1973) definiram nível crítico como a concentração do nutriente na planta ou em uma parte dela capaz de proporcionar 90% do crescimento máximo. Malavolta et al. (1997) consideraram esses valores como níveis críticos inferior e superior, respectivamente os valores de 90 e 100% da produção. De acordo com Munson & Nelson (1973)

os fatores diretamente responsáveis por alterações nas concentrações no tecido vegetal são: espécie e/ou variedade, condições do ambiente, tipo de tecido e sua idade, forma química do nutriente considerado, níveis de nutrientes e suas interações, os quais refletem seus efeitos na absorção, transporte e redistribuição interna do elemento.

A determinação do nível crítico do nitrogênio em tecidos vegetais é dificultada pela grande mobilidade do nutriente, que acaba por resultar em maiores acúmulos do mesmo nos tecidos mais novos das plantas (Mengel & Kirkby, 1987). O manejo correto da adubação nitrogenada e a manutenção de um suprimento adequado de nitrogênio, com vistas à obtenção de maior produtividade e considerando o nível crítico externo, é dificultado pelas transformações químicas e biológicas que o nitrogênio sofre no solo. As dificuldades para realizar estas quantificações geralmente são aumentadas quando o regime de utilização da forragem é o de pastejo.

A verificação da necessidade de adubação nitrogenada para as plantas pode ser feita através da observação de sintomas visuais de deficiência. Porém os sintomas podem ter o diagnóstico complicado pela semelhança com os danos provocados por pragas, doenças, produtos agroquímicos e alterações edafoclimáticas. Outra dificuldade refere-se à adiantada fase de degradação da pastagem em que o sintoma pode surgir, prejudicando a correção da deficiência de nitrogênio.

A parte da planta a ser amostrada é variável em função do nutriente em questão, mas geralmente as folhas são as mais recomendadas para esta avaliação (Smith, 1962). O mesmo autor citou, que a mistura de partes do tecido vegetal com várias idades fisiológicas acarretam uma perda significativa da sensibilidade do diagnóstico da adequada faixa de concentração do nutriente, devido ao fato indesejável de nutrientes minerais em tecidos inativos poderem mascarar as diferenças funcionais. Porém, conforme Smith (1988), tm

sido mais usual utilizar toda parte aérea da planta, para determinação do nível crítico, na maioria das culturas.

Procurando mostrar a variabilidade da concentração de nitrogênio nas várias partes da planta (duas folhas mais novas completamente expandidas e broto, folhas velhas e colmo mais bainhas), Werner (1971) observou que as concentrações de nitrogênio nas folhas expandidas apresentavam maior correlação com a produção de matéria seca, estando os resultados de Santos et al. (1995) de acordo com o primeiro autor.

Hoffmann et al. (1995) determinaram níveis críticos para 80 e 90% de produção máxima em capim-colonião, obtendo no primeiro corte valores, respectivamente, de 11,4 e 13,8 g kg⁻¹ na parte aérea e 15,7 e 19,4 g kg⁻¹ nas folhas totalmente expandidas. Entretanto, para o segundo corte as concentrações desse nutriente nos tecidos dessa forrageira foram inferiores, sem que se tivesse atingido o ponto de máxima produção da gramínea.

Smith (1975) realizou estudo buscando escolher a melhor parte da planta para diagnóstico nutricional em *Panicum maximum* cv. Petri e concluiu que as lâminas de folhas novas refletem bem o estado nutricional. Resultado idêntico foi reportado por Meirelles et al. (1988) para a mesma espécie, com o cultivar IZ-1.

Haag et al. (1967) observaram que a concentração de nitrogênio em *Panicum maximum* Jacq. decresce com a idade, apresentando valores de aproximadamente 21, 17 e 11 g kg⁻¹ na planta inteira, aos 28, 56 e 84 dias de crescimento, respectivamente. Amostrando as plantas em outras épocas de avaliação (30 e 136 dias), Weber & Haag (1984) encontraram concentrações de 16,2 e 7,0 g kg⁻¹ no cultivar Makueni.

Os níveis críticos de nitrogênio nas lâminas de folhas novas de *Panicum maximum* Jacq. obtidos por Colozza (1998), em dois cortes das plantas, foram de 18,8 e 21,6 g kg⁻¹ para o cultivar Aruana e de 20,8 e 22,9 g

kg⁻¹ para cultivar Mombaça. No mesmo estudo, a autora destacou ser esta a parte da planta que melhor reflete estado nutricional dessa forrageira.

Santos (1997), trabalhando com doses de nitrogênio em capim-braquiária, obteve como nível crítico de nitrogênio nas lâminas de folhas novas, os valores de 14,5 e 22 g kg⁻¹ de matéria seca, para o primeiro e segundo corte, respectivamente. No mesmo trabalho de Santos (1997) se verificou que as lâminas de folhas novas tiveram melhor relação da concentração de nitrogênio com a produção de matéria seca da parte aérea, ratificando ser essa fração da planta a mais indicada para determinação do nível crítico.

2.5 Estimativa da concentração de clorofila

A concentração de clorofila é um parâmetro que, apesar de não ser usualmente medido, indiretamente reflete a concentração de nitrogênio no tecido das plantas, porque já se conhece o efeito do nitrogênio na intensidade de verde das folhas. Esse fato pode ser explicado pela própria composição da clorofila que tem um anel de porfirina com uma molécula de magnésio no centro ligada a quatro nitrogênios (Campbell, 1996). Dessa forma, o adequado suprimento de nitrogênio pode afetar o processo de fixação de carbono e aumento da produção de matéria seca.

A determinação indireta do teor de clorofila de várias plantas cultivadas vem sendo feita pelo aparelho Chlorophyll Meter SPAD-502. Esse equipamento expressa os resultados em valores de unidade SPAD e apresenta algumas vantagens como facilidade de manuseio e obtenção de leituras rápidas correspondentes ao teor de clorofila na lâmina foliar, sem a necessidade da destruição da parte amostrada (Minolta Camera Co, 1989).

Trabalhos realizados por Yadava (1986) mostraram alta correlação entre o valor SPAD e o teor de clorofila determinado pela extração com acetona

a 80%, em 22 espécies de plantas. Acrescentou o autor que estes valores podem ser transformados em $\mu\text{mol L}^{-1}$ de clorofila (CHL) no suco celular ou $\mu\text{mol m}^{-2}$ de clorofila por área foliar, através de equações de regressão.

Os valores da unidade SPAD foram estudados para arroz (*Oriza sativa* L.) em várias fases do desenvolvimento da cultura e constatou-se que a avaliação preliminar com o equipamento permite determinar a necessidade de adubação nitrogenada complementar (Turner & Jund, 1991).

Para a cultura do milho, Piekielek et al. (1995) observaram que os valores de unidade SPAD entre 52 e 56, que transformados pela equação de Yadava (1986), correspondem a 467,79 e 503,25 $\mu\text{mol m}^{-2}$ foram considerados adequados para a suficiência de nitrogênio. Para a mesma cultura Malavolta et al. (1997) consideraram adequados os valores entre 45 e 48 unidades SPAD, que correspondem a 405,74 e 432,34 $\mu\text{mol m}^{-2}$ de clorofila total (a e b). Cabe salientar que esses valores podem variar em função da espécie, cultivar e das condições edafoclimáticas locais.

Santos (1997) determinou o valor SPAD nas lâminas de folhas novas e constatou um alto coeficiente de correlação entre as leituras do clorofilômetro e as doses de nitrogênio no primeiro ($r = 0,90$) e no segundo crescimento ($r = 0,99$) da *Brachiaria decumbens*, indicando a possibilidade de utilizar essa medida para prever o estado nutricional da forrageira quanto ao nitrogênio.

Colozza (1998) avaliou as relações entre o valor SPAD nas lâminas de folhas expandidas dos capins Aruana e Mombaça e a produção de matéria seca do primeiro crescimento. Verificou que essas relações tiveram comportamento quadrático significativo ($P < 0,05$) e os níveis críticos foram de 29,7 e 32,0 unidades SPAD.

Apesar do clorofilômetro vir sendo utilizado como uma ferramenta complementar para avaliação do estado nutricional, poucos estudos com forrageiras estão disponíveis na região tropical. Dessa forma, a obtenção de correlações entre os valores SPAD e a concentração de nutrientes, em especial o nitrogênio e paralelamente à produção necessita ser incrementada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Local e época

O presente trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, situada em Piracicaba, São Paulo, cujas coordenadas geográficas são 22°42’31”de latitude Sul e 47°38’01”de longitude Oeste e altitude média de 576 metros, durante o período de fevereiro de 1997 a setembro de 1998. Foram utilizadas as gramíneas forrageiras *Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia-1 e a *Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu.

3.1.2 Solo e suas características

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média argilosa, fase cerradão, coletado Fazenda Canchim, do Centro de Pesquisa Pecuária do Sudeste, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, cujas coordenadas geográficas são: 22°01’ de latitude S , 47°53’ de longitude W e altitude média 864 m. Após o destorroamento e homogeneização, o solo foi secado ao ar, e passado em peneira de malha de 2 mm.

Amostras do solo foram analisadas em laboratório de fertilidade do solo, seguindo metodologia descrita por Raji & Quaggio (1983). As extrações do P disponível, Ca, Mg e K trocáveis efetuadas através da resina trocadora de íons, sendo que para o alumínio trocável empregou-se como extrator o KCl 1 mol L⁻¹ a pH 7,0. Para a determinação da matéria orgânica utilizou-se o dicromato de sódio em ácido sulfúrico. Os micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco foram extraídos com DTPA-TEA, segundo metodologia descrita por Lindsay & Norvell (1978), e a extração de boro foi realizada pelo método do cloreto de bário à quente.

A análise química dessa terra revelou os seguintes resultados: pH (em CaCl₂) = 3,85; matéria orgânica = 15 g dm⁻³; fósforo (resina) = 4 mg dm⁻³; potássio = 0,9 mmol_c dm⁻³; cálcio = 5,5 mmol_c dm⁻³; magnésio = 3,5 mmol_c dm⁻³; hidrogênio + alumínio = 44,5 mmol_c dm⁻³; soma de bases = 9,9 mmol_c dm⁻³; capacidade de troca de cátions = 54,4 mmol_c dm⁻³; saturação por bases = 18,5%; boro = 0,22 mg kg⁻¹; cobre = 0,5 mg kg⁻¹; ferro = 82,6 mg kg⁻¹; manganês = 6,5 mg kg⁻¹ e zinco = 0,4 mg kg⁻¹.

A determinação da granulometria foi realizada por sedimentação, através do método da pipeta, utilizando-se o hidróxido de sódio 1,0 mol L⁻¹ como dispersante, conforme a metodologia descrita pela EMBRAPA (1979). A análise granulométrica desta terra mostrou os seguintes valores: areia = 68%; silte = 6% e argila = 26%, que caracteriza a amostra como moderadamente argiloso.

3.2 Instalação e condução do experimento

3.2.1 Preparo dos vasos e semeadura

Os recipientes utilizados eram de plástico, com capacidade de 6 quilogramas de solo. Os vasos foram totalmente preenchidos com solo nos dias

7 e 8 de fevereiro de 1997 e em seguida procedeu-se à aplicação do calcário (PN = 103,717% e PRNT = 97%) para elevar a saturação por bases a 60%, o que necessitou do emprego do corretivo na dose de 5,93 g/vaso. Após adição do corretivo, o solo foi incubado por um período de 90 dias, mantendo-o permanentemente úmido (70% do volume total de poros - VTP). Após esse período, realizou-se nova análise química que revelou os seguintes resultados: pH (em CaCl_2) = 6,3; matéria orgânica = $15,6 \text{ g dm}^{-3}$; fósforo (resina) = $6,3 \text{ mg dm}^{-3}$; potássio = $0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; cálcio = $20,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; magnésio = $16,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; hidrogênio + alumínio = $23,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; soma de bases = $39 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; capacidade de troca de cátions = $59,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; saturação por bases = 62,5%; boro = $0,29 \text{ mg kg}^{-1}$; cobre = $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$; ferro = $27,6 \text{ mg kg}^{-1}$; manganês = $4,0 \text{ mg kg}^{-1}$ e zinco = $0,45 \text{ mg kg}^{-1}$.

As sementes utilizadas, Inicialmente, foram separadas de páleas e outros materiais por gravidade, utilizando-se um soprador. Esse material separado foi manuseado com o uso de pinça para separar material sem embrião desenvolvido. As sementes foram previamente tratadas com Carboxin-Thiran na forma de pó molhável nas quantidades de 200 g do produto por 100 kg de sementes de *braquiária* e 150 g de produto por 100 kg de sementes de *Panicum*

Após dois plantios mal sucedidos, realizou-se a semeadura em 15 de fevereiro de 1998, diretamente nestes vasos, em sulco circular de aproximadamente 1 cm de profundidade, distando 4 a 5 cm da lateral do vaso. Foram utilizadas 50 sementes por vaso de capim-Tanzânia-1 e 30 de capim-Marandu. Essas diferentes quantidades para cada espécie deveram-se a maior quantidade de plantas vigorosas do capim-Marandu, que apresenta sementes com mais reservas em relação ao capim-Tanzânia-1. Esse procedimento teve a finalidade de obter uniformidade em pelo menos 15 plântulas por parcela, para cada espécie. Foram realizados desbastes com 1, 3 e 5 dias a contar da

completa emergência das plântulas, deixando-se apenas as cinco plantas mais uniformes nos vasos.

3.2.2 Adubações

3.2.2.1 Adubação com fósforo e micronutrientes

O solo recebeu, três meses após a calagem, em 15 de maio de 1997 adubação à base de 200 mg kg^{-1} de fósforo na forma de superfosfato simples previamente moído, aplicando-se $12,72 \text{ g/vaso}$ do produto. Posteriormente, procedeu-se à incubação por um período de 30 dias, mantendo o solo permanentemente úmido. O enxofre, nos dois crescimentos iniciais, foi fornecido juntamente com o fósforo. Os micronutrientes foram aplicados na forma de solução de sais puros para análise, nas doses e produtos descritos na Tabela 1, em 18 de novembro de 1997.

3.2.2.2 Adubação com potássio, nitrogênio e enxofre

O potássio foi aplicado na quantidades de 150 mg kg^{-1} de solo por crescimento, dividida em três parcelas, tomando-se como base as concentrações adequadas ao crescimento *Panicum maximum* Jacq e *Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu. Utilizou-se o reagente cloreto de potássio para análise nos dois primeiros crescimentos e sulfato de potássio como fornecedor de K e S no último crescimento para evitar a deficiência de enxofre nesta etapa.

O nitrogênio foi aplicado nas quantidades correspondentes a cada dose, utilizando o reagente nitrato de amônio para análise, na forma de solução, buscando minimizar a acidificação do solo.

Tabela 1. Quantidade de nutrientes e produtos químicos fornecidos por vaso.

Elemento	Dose (mg dm ⁻³)			Produto
	Semeadura	Cobertura		
K	50	50	50	K ₂ SO ₄
S ⁽¹⁾	44			K ₂ SO ₄
Zn	5,0		-	ZnSO ₄ .H ₂ O
Fe	5,0		-	Fe-EDTA
Mn	10		-	MnSO ₄ .H ₂ O
Cu	1,5		-	CuSO ₄ .5H ₂ O
Mo	0,5		-	Na ₂ Mo ₄ .2H ₂ O

⁽¹⁾ O enxofre foi fornecido juntamente com as fontes de fósforo e potássio.

3.2.3 Determinação do adequado teor de umidade do solo

O solo dos vasos foi preparado como já descrito anteriormente e a determinação aproximada do valor total de poros (VTP), foi previamente realizada tomando-se uma massa conhecida de solo contida por saco plástico e envasada em recipiente com orifício no fundo. O saco plástico teve uma pequena extremidade que foi posicionada na saída do orifício do vaso. Volumes conhecidos de água foram adicionados ao solo (seco) até que se observou umidade na porção do saco plástico que sai do orifício, quando então o volume utilizado de água corresponde à capacidade máxima de retenção de água pelo solo. Com o conhecimento desse volume utilizou-se 70% do valor encontrado em mL (70% do VTP), que correspondeu a 1,112 mL de água por seis quilogramas de solo.

3.2.4 Condução do experimento

Foram avaliados o crescimento de formação ou estabelecimento, que será denominado de primeira fase ou crescimento inicial, e o crescimento após o segundo corte, descrito como segunda fase ou crescimento final.

3.2.4.1 Crescimento inicial

As unidades experimentais receberam a primeira aplicação de nitrogênio em cobertura, de forma parcelada aos 2, 4 e 6 dias após o último desbaste. Dessa forma efetuaram-se os cortes aos 14, 28 e 42 dias à contar do último desbaste, e que foram realizados respectivamente em 10 de março, 24 de março e 07 de abril de 1998. A manutenção do teor de umidade foi realizada diariamente, pesando-se os vasos por amostragem, e completando com água o peso inicial dos vasos segundo os valores obtidos nessa amostragem.

3.2.4.2 Crescimento final

Após o corte realizado em 19 de maio de 1998 as unidades experimentais receberam, aos 2, 4 e 6 dias, a aplicação parcelada de nitrogênio. As colheitas foram realizadas aos 14, 28 e 42 dias a contar desse corte, e foram realizadas respectivamente em 02 de junho, 16 de junho e 30 de junho de 1998. A manutenção do teor de umidade foi realizada da mesma forma que a utilizada no crescimento inicial.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento de blocos completos ao acaso, em decorrência das conhecidas diferenças ocorridas dentro do microambiente da casa-de-vegetação, provocadas pela disposição das bancadas, dos ventiladores e posição do sol. Foram empregadas quatro repetições

As doses de nitrogênio foram aplicadas por ocasião da implantação e após cada corte das plantas. As doses utilizadas foram de 0, 75, 150 e 300 mg kg⁻¹. As avaliações aos 14, 28 e 42 dias de crescimento a partir da implantação e de cada crescimento avaliado motivaram a triplicação do número de vasos.

Os resultados de cada forrageira foram analisadas como um experimento separado. Os resultados de produção das frações de matéria seca e de concentração de nitrogênio em cada estágio de crescimento (inicial e final) foram submetidos à análise de variância conforme com a metodologia descrita por Gomes (1990). Nos casos de teste F significativo, efetuou-se o estudo das regressões, das quais aquelas mostrando significância tiveram suas equações calculadas.

3.4 Determinações no material vegetal

3.4.1 Produção de matéria seca

Todo o material vegetal colhido foi secado em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65^o C por 48 horas. Esse material foi separado nos

seguintes componentes: folhas não-expandidas; lâminas de folhas expandidas sem sintomas de senescência ou lâminas de folhas novas; lâminas de folhas expandidas com sintomas de senescência ou lâminas de folhas velhas; colmos + bainhas; base do colmo (10 cm mais próximos ao solo) e raízes (após lavagem do solo residual em torno destas).

Parte das frações separadas das plantas foi colocada em frascos de vidro (20 mL), com tampa do tipo fraconete e resfriada imediatamente em ambiente de nitrogênio líquido e armazenada em congelador até ser levada para liofilização.

3.4.2 Concentração de nitrogênio

O nitrogênio total foi determinado na lâmina de folhas novas, realizando-se a digestão sulfúrica, seguida de adição de NaOH e da destilação e titulação com ácido sulfúrico. Esta metodologia foi descrita por Sarruge & Haag (1974).

3.4.3 Estimativa do teor de clorofila

A determinação de clorofila foi realizada através do “Chlorophyll Meter SPAD-502”, um aparelho produzido pela Minolta Camera Corporation, Japão. O espectro de emissão de luz está aproximadamente na região do vermelho em 650 nm e infravermelho em 940 nm, no qual os picos de absorção de luz pela clorofila são máximo (e não afetados por outros pigmentos) e mínimo, respectivamente. A luz transmitida pela folha é convertida em sinais elétricos, e estes, em sinais digitais microprocessados em unidade SPAD.

As leituras foram realizadas um dia antes de cada corte, na porção média da primeira folha expandida do perfilho principal de cada planta, de tal forma que se trabalhou com um valor médio de cinco leituras. Realizaram-se as determinações do valor SPAD em todos os estádios de crescimento, exceto aos 14 dias do crescimento inicial.

3.5 Determinação do índice de eficiência

Com a finalidade de comparar a eficiência da adubação no decorrer de cada crescimento, utilizou-se um índice proposto por Moreira (1997). Esse índice foi calculado para cada estágio de desenvolvimento dividindo o valor da máxima quantidade calculada de matéria seca produzida pela dose que proporcionou essa produção, sendo este valor multiplicado por cem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

4.1.1 Produção de matéria seca

4.1.1.1 Crescimento inicial

As produções de matéria seca da parte aérea do capim-Marandu, avaliadas aos 14, 28 e 42 dias após o início da aplicação de nitrogênio, ocorrido no primeiro crescimento são apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3. Observa-se que as doses de nitrogênio afetaram significativamente ($P < 0,05$) a produção de matéria seca da parte aérea e que essa produção seguiu em dois dos três cortes, modelo de segundo grau. Resultados semelhantes também foram apresentados por Vicente-Chandler (1972), Alvim et al. (1990), Abreu (1994), Ruggieri et al. (1995), Pietrosemoli et al. (1996), entre outros.

Por ocasião do primeiro, segundo e terceiro estádios do crescimento inicial (14, 28 e 42 dias), a produção de matéria seca teve seus pontos de máxima produção, com as aplicações de nitrogênio de 140, 152 e 190 mg kg⁻¹, respectivamente (Figuras 1 e 3).

Os resultados encontrados nas avaliações feitas no primeiro crescimento (Figuras 1, 2 e 3), mostraram alcançar o ponto de máximo com dose de nitrogênio abaixo das obtidas por Vicente Chandler et al. (1972) e Hoffman (1992) que, ao trabalharem com espécies do gênero *Brachiaria* sp.,

alcançaram máxima produção com aplicação de nitrogênio de 200 e 437 mg kg^{-1} , respectivamente.

Figura 1. Produção de matéria seca da parte aérea obtida no primeiro estágio (14 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial do capim-Marandu cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

Possivelmente, os valores mais baixos obtidos na primeira avaliação, quando comparados com os de Hoffman (1992), podem ser devidos à elevada absorção de nitrogênio num momento em que as plantas apresentavam em média seis perfilhos secundários em estágio inicial de desenvolvimento. Isso corrobora os resultados de Santos (1997) e Ferragine (1998), em estudo com *Brachiaria decumbens*, cultivada em solução nutritiva.

Figura 2. Produção de matéria seca da parte aérea obtida no segundo estágio (28 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial do capim-Marandu cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

O aumento da dose estimada de nitrogênio (em relação à primeira avaliação) para obtenção do ponto de produção máxima, obtida na terceira avaliação realizada no crescimento inicial (Figura 3), decorre do fato que o nitrogênio pode ter estimulado o aumento da produção, e com isso, houve a necessidade de uma maior absorção de nitrogênio. Provavelmente isto seja uma resposta necessária para manter o equilíbrio entre o carbono e nitrogênio, que segundo Malavolta, (1980), Mengel & Kirkby (1987) e Marschner (1995), apresentam esta relação na faixa de 10 a 20:1, dependendo da espécie, clima, cultivar, entre outros.

Figura 3. Produção de matéria seca da parte aérea obtida no terceiro estágio (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial do capim-Marandu cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

4.1.1.2 Crescimento final

São mostradas nas Figuras 4, 5 e 6, as produções de matéria seca da parte aérea do capim-Marandu, avaliadas aos 14, 28 e 42 dias no terceiro crescimento. Nota-se que a produção de matéria seca da parte aérea variou significativamente ($P < 0,05$) com as doses de nitrogênio, e também se deu de acordo com equações do segundo grau.

Figura 4. Produção de matéria seca da parte aérea obtida no primeiro estágio (14 dias após ao segundo corte) do crescimento final do capim-Marandu cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

Ao contrário do que ocorreu no segundo estágio de desenvolvimento do crescimento inicial (Figura 5), a produção de matéria seca da parte aérea do capim-Marandu foi afetada significativamente ($P < 0,05$) de forma quadrática, pelas doses de nitrogênio. A máxima produção estimada de 28,55 g foi obtida com a dose de nitrogênio de 218 mg kg⁻¹. Da mesma forma, as doses nas quais se obtiveram as produções máximas no primeiro e terceiro estádios desse crescimento (Figuras 4 e 6) foram 233 e 249 mg kg⁻¹, respectivamente. Esses resultados no crescimento final, situam-se entre os obtidos por Vicente Chandler et al. (1972) e Hoffman (1992).

Figura 5. Produção de matéria seca da parte aérea obtida no segundo estágio (28 dias após o segundo corte) do crescimento final do capim-Marandu cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

Figura 6. Produção de matéria seca da parte aérea obtida no terceiro estágio (42 dias após o segundo corte) do crescimento final do capim-Marandu cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

De acordo com as produções máximas estimadas pelas equações de regressão (Figuras 1,2,3,4,5 e 6), as maiores produções foram obtidas no terceiro crescimento. Este resultado pode ser explicado pelo maior acúmulo de carboidratos não-estruturais que são mobilizados nas raízes e base dos colmos, e levados para a parte aérea, isso ocorreu, possivelmente, em decorrência do aumento da quantidade de raízes (Figura 8), resultante da maior área explorada pela planta no vaso (Gomide, 1973; Botrel, 1990).

A produção de matéria seca da parte aérea do capim-Marandu apresentou na dose zero valores, aos 42 dias, 80,0% e 8,5% das máximas produções alcançadas, respectivamente, para os crescimentos inicial e final. Verifica-se, também, que a produção de matéria seca final na dose 0 de nitrogênio do primeiro corte foi quase quatro vezes maior que a encontrada no crescimento final. Tal diferença decorre, possivelmente da maior disponibilidade de nitrogênio durante o primeiro crescimento, devido a mineralização da matéria orgânica presente no solo.

4.1.2 Índice de eficiência e produção das várias partes da planta

4.1.2.1 Índice de eficiência

Quando se observa o Índice de Eficiência (IE) verifica-se que na avaliação dos dois crescimentos (inicial e final), o capim-Marandu apresentou comportamento distinto nesse índice (Figura 7). Pode-se notar um aumento no índice da primeira para a segunda avaliação e uma queda no índice da segunda para a terceira avaliação no crescimento inicial. Por outro lado, no crescimento final esse capim apresentou aumento no índice de eficiência do primeiro até o último período avaliado. Tal resultado evidencia que, dependendo da avaliação e do estágio de crescimento, a

planta necessita de diferentes doses de nitrogênio para obtenção do máximo de resposta na produção de matéria seca.

Figura 7. Índice de eficiência da utilização do fertilizante aos 14, 28 e 42 dias dos crescimentos inicial e final do capim-Marandu cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

A produção de matéria seca das raízes aos 42 dias do crescimento inicial foi afetada significativamente ($P < 0,05$) pelas doses de nitrogênio (Figura 8). As doses aplicadas afetaram tanto a produção da matéria seca da parte aérea quanto a das raízes, mais notadamente no terceiro crescimento. No primeiro crescimento verificou-se um efeito linear e negativo das doses de nitrogênio na massa de raízes desse capim.

O comportamento durante o crescimento inicial pode ser explicado pelo fato da planta em condições nutricionais adequadas não necessitar

gastar energia para desenvolver o sistema radicular, uma vez que grande quantidade de nutriente estava presente em um pequeno volume de solo. Possivelmente, os nutrientes presentes no volume de solo explorado sejam suficientes para o desenvolvimento inicial da planta, como foi mencionado por Fitter e Hay (1987), que também relacionaram o menor volume de solo explorado em fases iniciais do desenvolvimento da planta, quando não ocorre estresse hídrico.

Verificou-se que a produção de matéria seca de raízes no crescimento final foi afetada pelas doses de nitrogênio e ajustaram-se ao modelo quadrático de desenvolvimento, atingindo a máxima produção calculada com 189 mg kg^{-1} . A redução da quantidade de raízes a partir de determinada disponibilidade de nitrogênio pode ter a mesma explicação usada no crescimento anterior.

Drew & Saker (1975), Maizlish et al. (1980) e Jones (1985), obtiveram aumento da produção da parte aérea e do sistema radicular de gramíneas tropicais com a elevação da disponibilidade de nitrogênio. Contudo, em muitos casos a maior disponibilidade de N no solo aumenta mais a produção da parte aérea do que das raízes (Maizlish et al. 1980 e Myers, 1980).

A proliferação das raízes pode ser maior em zonas de maior concentração de nitrogênio, quando o fertilizante é colocado em faixas (Drew & Saker, 1975). O mesmo autor ressalta que apenas um terço do sistema radicular é suficiente para suprir a necessidade de nitrogênio da parte aérea quando existe uma adequada disponibilidade de nitrogênio no solo. Essas considerações podem justificar a redução da massa seca de raízes do presente trabalho, uma vez que, a adubação com solução na superfície do

solo proporcionou maiores concentrações nessa região, com consequente redução do volume de solo explorado.

Os resultados deste crescimento concordam com o obtido por Santos (1997), cultivado, a *Brachiaria decumbens* em substrato inerte com solução nutritiva.

Figura 8. Influência das doses de N sobre a produção de matéria seca das raízes do capim-Marandu, obtidas aos 42 dias dos crescimentos inicial e final, em função das doses de nitrogênio aplicadas ao Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

4.1.3 Produção de matéria seca das lâminas foliares

No primeiro crescimento do capim-Marandu (Tabela 2), observou-se que as produções de lâminas de folhas novas e velhas variaram significativamente ($P < 0,05$) em função das doses de nitrogênio aplicadas no

solo. Exceto para as lâminas de folhas velhas avaliadas aos 28 dias, as produções dessa parte das plantas seguiram um modelo de segundo grau. Estes resultados são discordantes dos encontrados por Abreu (1994), Santos (1997) e Ferragine (1998), que obtiveram respostas lineares para essas mesmas partes do capim-Marandu. Cabe salientar que os resultados encontrados por esses autores foram obtidos em solução nutritiva até a dose máxima aplicada de 210, 462 e 434 mg L⁻¹, respectivamente.

Os resultados obtidos em plantas cultivadas em solo, como pode ser observado no primeiro crescimento, demonstram que havia uma adequada quantidade de nitrogênio para o desenvolvimento inicial das raízes (Figura 8) e da parte aérea (Figuras 1, 2 e 3), o que proporciona uma diferença na determinação dos níveis críticos. Outras considerações, são as perdas de nitrogênio pela volatilização, acidificação devido a fonte utilizada (NH₄NO₃), que indiretamente podem acarretar diferenças nas respostas.

Dentre as equações de lâminas de folhas velhas do crescimento inicial, observa-se que apenas aos 42 dias houve tendência de redução desta fração com o aumento da dose. As tendências para as curvas dos demais estádios estão de acordo com a revisão de Sistachs et al. (1986), no qual relatam que o nitrogênio afeta positivamente a longevidade de talos e folhas de gramíneas forrageiras.

No terceiro crescimento, com exceção das avaliação das folhas velhas aos 14 dias, que não apresentou produção devido ainda não existir folhas com sintomas de senescência, os demais foram significativos ($P < 0,05$). As produções de matéria seca das lâminas novas e velhas, como no primeiro crescimento ajustaram-se ao modelo de segundo grau, exceto para lâminas de folhas velhas aos 28 dias que ajustou-se ao modelo linear.

Tabela 2 Equações de regressão significativas da produção de matéria seca (g/vaso) das lâminas de folhas novas e folhas velhas aos 14, 28 e 42 dias do primeiro e terceiro crescimento, em função das doses de N (média de quatro repetições).

Parte amostrada	Equação	R ²
1º crescimento		
14 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,5118 - 0,0031X + 0,00001X^2$	0,994*
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,3993 + 0,0002X + 0,000001X^2$	0,624*
28 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,5423 - 0,0858X - 0,0002X^2$	0,947*
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,6702 + 0,0008X$	0,346*
42 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,9296 + 0,0116X - 0,00002X^2$	0,943*
Lâminas de folhas velhas	$Y = 9,5603 - 0,0101X + 0,00003X^2$	0,183*
3º crescimento		
14 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 0,3612 + 0,821X - 0,00005X^2$	0,999*
Lâminas de folhas velhas		ns
28 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 1,324 - 0,0932X - 0,0004X^2$	0,632*
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,532 + 0,0010X$	0,430*
42 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 2,2064 + 0,1218X - 0,0003X^2$	0,952*
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,6317 + 0,0812X - 0,0001X^2$	0,999*

* significativo a 5% de probabilidade.

4.1.4 Concentração de nitrogênio

4.1.4.1 Crescimento inicial

A concentração de nitrogênio na matéria seca das lâminas de folhas novas obtida nos três estádios variou significativamente ($P < 0,05$) com as doses de nitrogênio (Figuras 9, 10 e 11). Os trabalhos de Santos (1997) e Colozza (1998), com gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, respectivamente, mostraram que é aconselhável a utilização da lâmina de folha nova como a parte indicada para avaliação do estado nutricional em nitrogênio nessas forrageiras.

A concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas novas ajustou-se a modelo quadrático de regressão para os três períodos de avaliação (Figuras 9, 10 e 11). Utilizando-se as respectivas equações de regressão verifica-se, aos 14 dias, que a dose de 290 mg kg^{-1} proporcionou a máxima concentração de nitrogênio (40 g kg^{-1} de matéria seca). Aos 28 e 42 dias as doses para máxima concentração de nitrogênio seriam de 566 e 524 mg kg^{-1} e estariam associadas aos teores de 47 e 20 g kg^{-1} , respectivamente.

Aos 14 dias do primeiro crescimento da forrageira, ocorreu variação de 33,60 a $39,90 \text{ mg kg}^{-1}$ na concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas expandidas, da mais baixa para a mais alta dose de nitrogênio (Figura 8). Esses elevados valores de concentração para o estágio de desenvolvimento inicial está de acordo com os obtidos por Haag et al. 1967, e são explicados por Kikby & Mengel (1987) como um comportamento para esta fase do desenvolvimento.

A amplitude de variação nas concentrações entre as doses estudadas aos 28 e 42 dias do primeiro crescimento foi maior que no primeiro estágio de avaliação com, respectivamente, maiores e menores teores de 35,29

e 15,30 g kg⁻¹ e 17,86 e 6,75 g kg⁻¹. Estes valores mostram a elevada concentração inicial e a posterior diluição devido ao crescimento.

Figura 9. Concentração de N da parte aérea do capim-Marandu, obtida no primeiro estágio (14 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

As doses calculadas de nitrogênio para a obtenção das concentrações máximas do nutriente no tecido foliar, possibilitam considerar que aos 14, 28 e 42 dias de desenvolvimento, pode-se aumentar os teores nesta forrageira através do incremento da adubação. Santos (1997) mencionou que podem ocorrer aumentos de produção de matéria seca e da concentração de nitrogênio no tecido foliar de *Brachiaria decumbens*, com o suprimento de nitrogênio em doses bem elevadas. Este efeito pode ser explicado com base na

consideração de Gastal & Nelson (1994) de que o nitrogênio promove o aumento da divisão e expansão de folhas de festuca (*Festuca arundinacea* Schreb), e consequente elevação do dossel foliar, responsável pela fixação de CO₂. Com o crescimento da área foliar ocorrendo mais acentuadamente, devido ao aumento da disponibilidade de nitrogênio, o limite par este desenvolvimento passa a ser, segundo Harris (1878), a interceptação de 85% da radiação incidente.

Figura 10. Concentração de N da parte aérea do capim-Marandu, obtida no segundo estágio (28 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Observou-se que os valores absolutos dos teores de nitrogênio na matéria seca de lâminas de folhas novas reduziu a medida que aumentou o número de dias na avaliação do crescimento inicial. Esta diferença mostrou concentrações médias de 37, 25 e 12 g kg⁻¹ entre as doses de nitrogênio,

respectivamente para 14, 28 e 42 dias de crescimento. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Haag et al. (1967) com forrageiras tropicais e inferiores aos relatados por Smith (1986) como adequados para azevém.

Figura 11. Concentração de N da parte aérea do capim-Marandu, obtida no terceiro estágio (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

4.1.4.2 Crescimento final

A concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas novas variou segundo modelo quadrático ($P < 0,01$) nos dois primeiros períodos avaliados no crescimento final (Figuras 12 e 13) e em conformidade com modelo linear aos 42 dias (Figura 14). Santos (1997) também obteve um ajuste da

concentração de nitrogênio ao modelo quadrático, ao trabalhar com capim-braquiária na avaliação da rebrota.

Ocorreu uma maior variação nas concentrações entre as doses extremas no crescimento final. A menor diferença foi obtida aos 14 dias de crescimento do crescimento final, quando a ausência de adubação com N apresentou 13,40 e a maior dose 41,41 mg kg⁻¹. A partir desse estágio as diferenças aumentaram mais do que durante o primeiro crescimento (Tabelas 2 e 3) , sustentando a hipótese de que o nitrogênio mineralizado após a correção do solo já havia sido consumido durante os dois primeiros crescimentos.

As lâminas de folhas novas apresentaram, aos 14 e 28 dias, máximas concentrações de 43 e 32 g kg⁻¹, respectivamente, nas doses de nitrogênio calculadas, de 309 e 370mg kg⁻¹. Entretanto, para o estágio de 42 dias não foi possível determinar a concentração máxima devido o ajuste a equação de primeiro grau.

Os valores absolutos dos teores de nitrogênio na matéria seca de lâminas de folhas novas reduziu a medida que aumentou a ordem dos períodos de avaliação, de forma semelhante aos valores do crescimento final. Esta diferença mostrou concentrações médias entre as dose de nitrogênio de 29, 20 e 11 g kg⁻¹, respectivamente para 14, 28 e 42 dias de crescimento.

Figura 12. Concentração de N da parte aérea do capim-Marandu, obtida no primeiro estágio (14 dias) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 13. Concentração de N da parte aérea do capim-Marandu, obtida no segundo estágio (28 dias) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 14 Concentração de N da parte aérea do capim-Marandu, obtida no terceiro estágio (42 dias) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

4.1.5 Estimativa do teor de clorofila através do valor SPAD

4.1.5.1 Crescimento inicial

Os resultados das estimativas do teor de clorofila obtidos indiretamente como SPAD foram determinados no crescimento inicial para os dois últimos períodos do crescimento inicial e nos três estádios do crescimento final

Os valores das leituras correspondentes ao crescimento inicial estão mostrados nas Figuras 15 e 16. Observa-se que, para as duas idades avaliadas, os valores SPAD apresentaram ajuste a modelo quadrático de regressão e foram significativamente ($P < 0,01$) influenciados pelas doses de nitrogênio. As doses para o máximo valor SPAD foram de 205 e 314,5 mg kg⁻¹, respectivamente.

Figura 15. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Marandu, obtida na segunda avaliação (28 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

A análise das equações de regressão demonstram que aos 28 e 42 dias de crescimento da forrageira, o valor SPAD variou entre 32 e 45 e 18 e 38 para as condições de dose zero e dose de nitrogênio para máximo valor SPAD.

Santos (1997) trabalhou com *Brachiaria decumbens* em solução nutritiva e obteve valores superiores aos encontrados no presente experimento quando considerou o crescimento inicial. Ao se comparar os valores obtidos com outras gramíneas observa-se que os valores deste estudo são inferiores aos determinados com arroz Peng et al. (1995) e milho Piekielek et al. (1995). Contudo, os estudos tem o objetivo de determinar os valores específicos para cada cultura e até cultivares.

Figura 16. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Marandu, obtida na terceira avaliação (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

4.1.5.2 Crescimento final

As leituras dos valores SPAD verificadas no crescimento final da gramínea apresentaram ajuste a modelo quadrático de regressão (Figuras 17, 18 e 19). e foram significativamente ($P < 0,01$) afetados pelas aplicações de nitrogênio no solo.

Os cálculos realizados a partir das equações de regressão demonstram que aos 14, 28 e 42 dias de crescimento da forrageira, o valor SPAD variou entre 31, 18 e 14 e 51, 57 e 46 respectivamente para a omissão de nitrogênio e o máximo valor SPAD, tendo esse último valor correspondido as doses máximas calculadas de 228, 239 e 302 mg kg⁻¹, respectivamente.

Figura 17. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Marandu, obtida na primeira avaliação (14 dias de desenvolvimento) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 18. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Marandu, obtida na segunda avaliação (28 dias de desenvolvimento) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 19. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Marandu, obtida na terceira avaliação (42 dias de desenvolvimento) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Os valores SPAD dos crescimentos inicial e final apresentaram redução com o avançar do estágio de desenvolvimento da planta. As mesmas observações feitas para a maior concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas novas da forrageira no primeiro crescimento, em omissão do nutriente, são também pertinentes para a variável valor SPAD.

4.1.6 Nível crítico de nitrogênio total e relação da concentração de nitrogênio e valor SPAD

4.1.6.1 Crescimento inicial

Conforme Ulrich & Hills (1973) o nível crítico foi estabelecido como a concentração do nutriente que corresponde a 90% da produção máxima da

cultura. Através desse conceito determinou-se o nível crítico de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas do capim-Marandu.

Nos três estádios do crescimento inicial foram determinados os coeficientes de correlação entre a concentração de nitrogênio e a produção de matéria seca da parte aérea desse capim. Aos 14 e 28 dias de desenvolvimento obteve-se para esse coeficiente valores de $r=0,25$ e $r=0,31$, respectivamente. Esses valores são extremamente baixos, o que impossibilitou a determinação do nível crítico. No estágio de 42 dias de desenvolvimento o coeficiente de correlação foi de 0,70 ($P<0,01$).

Com base nos valores dos coeficientes de correlação construiu-se a relação entre concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas novas e produção de matéria seca da parte aérea para os 42 dias (Figura 20). Nesse estágio o nível crítico calculado foi de $8,5 \text{ g kg}^{-1}$.

Figura 20. Relação entre a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e produção de matéria seca da parte aérea do capim-Marandu, obtida na terceira avaliação (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial.

O valor de nível crítico de nitrogênio determinado no primeiro crescimento foi menor que os valores de 10, 21 e 22 g kg⁻¹ obtidos, respectivamente, por Carriel et al. (1989), Hoffmann et al. (1995) e Santos (1997) para o capim-braquiária. Esse menor valor obtido no presente experimento possivelmente se deve ao maior período de crescimento do do capim-Marandu nesse estudo.

Figura 21. Relação entre valor SPAD e a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas do capim-Marandu, obtida na terceira avaliação (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial.

As leituras do valor SPAD foram correlacionadas com os teores de nitrogênio nas lâminas de folhas novas, obtendo-se o coeficiente de correlação de 0,88 aos 42 dias de crescimento. Com a equação de regressão dessa relação (Figura 21) foram calculados os valores SPAD para a concentração de nitrogênio correspondente a 90 e 100% da produção de matéria seca da parte aérea, os quais foram de 21,8 e 29,8, respectivamente. Esses valores podem servir de parâmetros para avaliar a concentração de nitrogênio para esta fase, contudo deve-se ressaltar que o seu emprego deve observar as condições em

que foi determinado. Santos (1997) determinou valor SPAD de 49 correspondente ao nível crítico aos 35 dias do primeiro crescimento do capim-braquiária.

4.1.6.2 Crescimento final

Os coeficientes de correlação entre a concentração de nitrogênio e a produção de matéria seca da parte aérea aos 14, 28 e 42 dias de desenvolvimento Tiveram valor de 0,86, 0,73 e 0,72, respectivamente. Esses valores possibilitaram determinar os níveis críticos de nitrogênio de 38,60; 23,17 e 13,21 g kg⁻¹, respectivamente para 14, 28 e 42 dias de desenvolvimento da forrageira no crescimento final (Figuras 22, 23 e 24).

Figura 22. Relação entre a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e produção de matéria seca da parte aérea do capim-Marandu, obtida na primeira avaliação (14 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

Figura 23. Relação entre a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e produção de matéria seca da parte aérea do capim-Marandu, obtida na segunda avaliação (28 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

O valor de nível crítico determinado aos 42 dias do crescimento final foi semelhante aos 14,5 g kg⁻¹ obtido por Santos (1997) no segundo crescimento, quando colheu as plantas com 31 dias de rebrota.

Da mesma forma que se procedeu para o crescimento inicial, as leituras do valor SPAD foram correlacionadas com as concentrações de nitrogênio nas lâminas de folhas novas, obtendo-se os coeficientes de correlação de 0,73; 0,80 e 0,92, respectivamente, para os estádios de 14, 28 e 42 dias de crescimento.

Figura 24. Relação entre a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e produção de matéria seca da parte aérea do capim-Marandu, obtida na terceira avaliação (42 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

Através das equações de regressão da relação entre valor SPAD e concentração de nitrogênio (Figuras 25, 26 e 27) foram calculados os valores SPAD para as concentrações de nitrogênio correspondentes a 90 e 100% da produção de matéria seca da parte aérea. Aos 14 dias esses valores foram de 49,36 e 59,66, aos 28 dias foram de 38,59 e 49,20 e para os 42 dias foram de 34,49 e 44,37. Os valores compreendidos entre esses limites determinados, segundo Malavolta et al. (1997) correspondem à concentração de nitrogênio adequada para o crescimento da planta.

Figura 25. Relação entre valor SPAD e a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas do capim-Marandu, obtida na primeira avaliação (14 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

Figura 26. Relação entre valor SPAD e a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas do capim-Marandu, obtida na segunda avaliação (28 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

Figura 27. Relação entre valor SPAD e a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas do capim-Marandu, obtida na terceira avaliação (42 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

4.2 Experimento com *Panicum maximum* cv Tanzânia-1

4.2.1 Produção de matéria seca

4.2.1.1 Crescimento inicial

As produções de matéria seca da parte aérea do capim-Tanzânia-1, avaliadas aos 14, 28 e 42 dias após o último desbaste e início da aplicação de nitrogênio, ocorrido no primeiro crescimento são mostrados nas Figuras 28, 29 e 30. Observa-se uma similaridade com capim-Marandu, no qual as doses de nitrogênio, também afetaram ($P < 0,05$) a produção de matéria seca da parte aérea ajustando-se, novamente, a equação do segundo grau. Confirmando os resultados obtidos por; Corsi (1984); Gomide (1984); Abreu (1994); Corrêa (1996) e Colozza (1998).

A importância do nitrogênio na produção de matéria seca é demonstrada através do maior incremento, para as maiores doses, no decorrer das três avaliações. Contudo, é oportuno ressaltar que a planta têm um limite de resposta, mesmo assim, o resultado obtido ressalta a ação do nitrogênio como promotor da produção desta gramínea forrageira (Novoa, 1981)

Por ocasião das três avaliações (14, 28 e 42 dias), verifica-se que a produção máxima foi obtida através da derivada das equações de regressão, com as aplicações de 444, 219 e 254 mg kg⁻¹ de nitrogênio, respectivamente (Figuras 28, 29 e 30).

Figura 28. Produção de matéria seca da parte aérea, obtida na primeira avaliação (14 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial do capim-Tanzânia-1 cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

Exceto para a primeira avaliação, na qual a produção máxima foi obtida com aplicação de 444 mg kg^{-1} de nitrogênio, as doses necessárias para obtenção do máximo de produção no primeiro crescimento (Figuras 28, 29 e 30), estão abaixo da encontrada por Corrêa et al. (1996), que obteve efeito linear, em trabalho conduzido em solução nutritiva, até a dose máxima aplicada (378 mg kg^{-1} de N). O mesmo se verifica com resultados obtidos por Hoffmann (1992), em experimento com *Panicum maximum* cv. IZ-1, cultivado em um Latossolo Vermelho-Escuro coletado na região noroeste do Paraná.

As produções de matéria seca no primeiro crescimento desse trabalho foram maiores (Figuras 28, 29 e 30), que aquelas encontradas por Colozza (1998). Contudo, essas produções concordam com os resultados de Abreu (1994), em estudo com a mesma gramínea

Figura 29. Produção de matéria seca da parte aérea, obtida na segunda avaliação (28 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial do capim-Tanzânia-1 cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

Nas avaliações realizadas aos 28 e 42 dias (Figuras 28 e 29), as doses necessárias para obtenção do ponto de máxima produção teórica de matéria seca da parte aérea, corresponderam as produções de 12,11 e 23,23 g/vaso, respectivamente. O comportamento diferencial da produção de matéria seca, aos 14 dias em relação aos 28 e 42 dias pode ser atribuído ao fato, da grande resposta às doses nitrogênio por essa forrageira, concordando com comportamento de crescimento inicial desta cultivar, observado ao nível de campo (Corsi & Santos, 1995)

Figura 30. Produção de matéria seca da parte aérea, obtida na terceira avaliação (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial do capim-Tanzânia-1 cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

4.2.1.2 Crescimento final

Nas Figuras 31, 32 e 33 são mostradas as produções de matéria seca da parte aérea do capim-Tanzânia-1, avaliadas aos 14, 28 e 42 dias de desenvolvimento do crescimento final das plantas. Nota-se, como ocorreu no crescimento inicial, que as produções de matéria seca da parte aérea variaram significativamente ($P < 0,01$) com as doses de nitrogênio

Figura 31. Produção de matéria seca da parte aérea, obtida na primeira avaliação (14 dias de desenvolvimento) do crescimento final do capim-Tanzânia-1 cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

Nas avaliações realizadas nos crescimentos inicial e final, nota-se a mesma tendência da obtenção da produção máxima teórica, em função das doses de nitrogênio aplicada. A matéria seca da parte aérea do capim-Tanzânia-1 apresentou as produções máximas estimadas de 9,13, 21,79 e 39,57 g/vaso obtidas com as doses 287,5, 217,12 e 233,8 mg kg⁻¹ (Figuras

31, 32 e 33), estando estes valores abaixo dos encontrados por Colozza (1998), com os capins Aruana e Mombaça cultivados em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Os valores de produções máximas, obtidos neste experimento, em condições de vaso, foram diferentes, daqueles obtidos por Vicente-Chandler (1972) em condição de campo, com a produção máxima na dose de 840 kg ha⁻¹.

As doses de nitrogênio necessárias para obtenção da produção máxima de matéria seca, pode-se dever ao fato de que o sistema radicular estando confinado aos limites do vaso explora somente seis quilogramas de solo, o que não ocorre em condições de campo. Deve-se considerar que a relação entre parte aérea e raízes em experimento utilizando vasos, fica limitada ao volume do vaso, não permitindo que continue a evolução do desenvolvimento da parte aérea.

Figura 32. Produção de matéria seca da parte aérea, obtida na segunda avaliação (28 dias de desenvolvimento) do crescimento final do capim-Tanzânia-1 cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

Figura 33. Produção de matéria seca da parte aérea, obtida na primeira avaliação (42 dias de desenvolvimento) do crescimento final do capim-Tanzânia-1 cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função das doses de nitrogênio.

4.2.2 Índice de eficiência e produção das várias partes da planta.

4.2.2.1 Índice de eficiência

Em ambos crescimentos, o IE do capim-Tanzânia-1, foram sempre maiores no terceiro crescimento (Figura 34), concordando com resultados alcançados pelo capim-Marandu (Figura 7). O maior desenvolvimento das plantas no crescimento final se deve, provavelmente, em decorrência do grande volume de raízes já estabelecido no vaso, suprimindo a demanda de água e nutrientes para o estabelecimento e desenvolvimento da parte aérea da planta.

Figura 34. Índice de eficiência da utilização do fertilizante aos 14, 28 e 42 dias dos crescimentos inicial e final do capim-Tanzâni-1 cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

4.2.2.2 Produção de matéria seca nas várias partes da planta

Os resultados obtidos com o capim-Tanzânia-1 (Apêndices 3 e 4) foram semelhantes aos do capim-Marandu (Apêndices 1 e 2). Observa-se que aos 42 dias, nos crescimentos inicial e final, apesar da mesma tendência de incremento em função das doses de nitrogênio aplicado no solo, verifica-se que a testemunha, no crescimento final foi bastante reduzida em relação as demais doses e as plantas do primeiro crescimento em ausência de adubação nitrogenada. Isto se deve ao fato que nesta dose após os sucessivos cortes houve um esgotamento natural dos nutrientes existente no solo pelas plantas. Nas demais doses, devido o sistema radicular já estabelecido, estes tratamentos tiveram um elevado incremento de massa foliar.

4.2.3 Produção de matéria seca das lâminas foliares

Observa-se no crescimento inicial do capim-Tanzânia-1 (Tabela 3), que as produções de lâminas de folhas novas e velhas variaram significativamente ($P < 0,05$) em função das doses de nitrogênio aplicadas no solo. Com exceção das lâminas de folhas novas aos 28 e 42 dias e as lâminas velhas avaliadas aos 28 dias, as demais produções seguiram um modelo quadrático. Estes resultados são discordantes dos encontrados por Abreu (1994), em solução nutritiva e semelhantes as de Colozza (1998), em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

As equações de lâminas de folhas velhas do primeiro crescimento, apresentaram, aos 28 e 42 dias, tendência de redução desta fração com o aumento da dose de nitrogênio ($P < 0,01$), o que está de acordo, novamente, com a revisão de Sistachs et al. (1986). A tendência de aumento linear ($P < 0,01$) de lâminas de folhas novas, aos 42 dias do primeiro crescimento, pode ser explicado pelo fato do N atuar no processo de expansão e divisão celular, proporcionando um aumento desta fração (Gastal & Nelson, 1994), enquanto que para o crescimento final a elevada quantidade de material rebrotado, após o corte, logo sobrepõe folhas mais novas, que possivelmente, fez aumentar a senescência devido ao sombreamento de extratos mais baixos.

A produção de matéria seca das lâminas, aos 42 dias, variaram em função das doses de N, no crescimento inicial de 4,94 a 9,46 g/vaso nas novas e de 0,62 a 1,86 g/vaso nas velhas (Apêndice 3).

Tabela 3 – Equações de regressão significativas da produção de matéria seca (g/vaso) das lâminas de folhas novas e folhas velhas aos 14, 28 e 42 dias do primeiro e terceiro crescimento, em função das doses de N (média de quatro repetições).

Parte amostrada	Equação	R ²
1º crescimento		
14 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 0,7793 + 0,0017X - 0,000007X^2$	0,822*
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,7592 + 0,0022X - 0,00001X^2$	0,730*
28 dias		
Lâminas de folhas novas	-	ns
Lâminas de folhas velhas	-	ns
42 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 4,6548 + 0,0129X$	0,969*
Lâminas de folhas velhas	$Y = 1,2946 - 0,014X - 0,00005X^2$	0,996*
3º crescimento		
14 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 0,1909 + 0,016X - 0,00005X^2$	0,999*
Lâminas de folhas velhas	-	ns
28 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 0,9728 + 0,0656X - 0,0002X^2$	0,874*
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,2162 + 0,0155X - 0,00003X^2$	0,921*
42 dias		
Lâminas de folhas novas	$Y = 2,953 + 0,0652X - 0,0002X^2$	0,920*
Lâminas de folhas velhas	$Y = 0,9929 + 0,0675X - 0,0001X^2$	0,982*

* significativo a 5% de probabilidade.

4.2.4 Concentração de nitrogênio

4.2.4.1 Crescimento inicial

Conforme as Figuras 35, 36 e 37, a concentração de nitrogênio presente na matéria seca da lâminas de folhas novas, obtidas nas três avaliações realizadas, ajustaram-se ao modelo de segundo grau com as doses de nitrogênio aplicadas no solo ($P < 0,01$). Resultado que está de acordo com os obtidos por Colozza (1998), com *Panicum*, nas lâminas de folhas novas, as quais a autora obteve as melhores correlações com a produção de matéria seca da parte aérea.

Aos 14 dias do crescimento inicial (Figura 35), verifica-se através da equação de regressão, que houve pequena variação na concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas expandidas, variando de 17,25 a 37,82 mg kg⁻¹ na menor e maior doses de nitrogênio, respectivamente.

A variação das concentrações nos limites das doses estudadas aos 28 e 42 dias do crescimento inicial acompanhou a mesma tendência do capim-Maradu, sendo maior no primeiro estágio de avaliação com os menores e maiores teores de 9,36 e 5,99 g kg⁻¹ e 31,18 e 14,39 g kg⁻¹, respectivamente.

Utilizando-se as equações de regressão de cada estágio, se verifica, aos 14 dias, que a dose de 226,75 mg kg⁻¹ proporcionou a máxima concentração de nitrogênio (37,82 g kg⁻¹ de N na matéria seca), enquanto que aos 28 e 42 dias as doses foram de 269 e 346 mg kg⁻¹. Colozza (1998) estudando o efeito das doses de N na produção desta gramínea, também, menciona o aumento ajustado ao modelo de segundo grau da produção em *Panicum*,

Figura 35. Concentração de N da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida no primeiro estágio (14 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 36. Concentração de N da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida no segundo estágio (28 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Observou-se que as concentrações médias de nitrogênio encontradas na matéria seca de lâminas de folhas novas diminuíram ao longo da condução do experimento. Os valores médios das concentrações encontrados aos 14, 28 e 42 dias de crescimento, independentemente das doses de nitrogênio aplicadas no solo, foram: 30, 22 e 10 g kg⁻¹, respectivamente. Tais resultados evidenciam o efeito de diluição (Marschner, 1995) do nutriente na matéria seca, em função do maior desenvolvimento das plantas aos 28 e 42 dias, conforme pode ser observados no Apêndice 3.

Figura 37. Concentração de N da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida no terceiro estágio (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

4.2.4.2 Crescimento final

No último crescimento, houve um aumento na concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas novas, em função das doses de N, apresentando um comportamento quadrático no primeiro período (Figura 38) e linear nos demais (Figuras 39 e 40). Aos 14 dias, na maior dose de N aplicada no solo, a concentração de N na matéria seca das folhas foi de 41 g kg^{-1} , enquanto aos 28 e 42 dias, para a mesma doses foram $35,4$ e $18,5\text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Essa redução na concentração foi observada por Haag et al. (1967), estando de acordo com a colocação de Mengel & Kirkby (1987) de que tecidos mais novos apresentam maior concentração de nutrientes .

Figura 38. Concentração de N da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida no primeiro estágio (14 dias de desenvolvimento) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 39. Concentração de N da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida no segundo estágio (28 dias de desenvolvimento) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico

Os valores médios dos teores de nitrogênio na matéria seca de lâminas de folhas novas de cada estágio reduziu a medida que aumentaram os dias de crescimento, de forma semelhante aos valores do primeiro crescimento. Esta diferença mostrou concentrações médias entre as dose de N de 29, 20 e 11 g kg⁻¹, respectivamente para 14, 28 e 42 dias de crescimento.

Figura 40. Concentração de N da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida no terceiro estágio (42 dias de desenvolvimento) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico

4.2.5 Estimativa do teor de clorofila através do valor SPAD

4.2.5.1 Crescimento inicial

Os valores das leituras obtidas no primeiro crescimento estão mostrados nas Figuras 41 e 42. Verifica-se que para os dois períodos de avaliação (28 e 42 dias) os valores SPAD apresentaram ajuste ao modelo quadrático de regressão e foram significativamente ($P < 0,01$) influenciados pela dose de nitrogênio.

Figura 41. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Tanzânia-1, obtida na segunda avaliação (28 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

A análise das equações de regressão mostram que aos 28 e 42 dias, o valor SPAD variou na testemunha e na dose máxima observada de 32 a 47 e 18 a 38, respectivamente.

Os resultados obtidos apresentam poucas comparações para espécie estudada. Entretanto, Colozza (1997) trabalhando com *Panicum maximum* cv. Aruana, obteve valores semelhantes, com valores variando de 23,6 e 39,7, no crescimento inicial. Os valores SPAD encontrados aos 42 dias estão bem abaixo dos determinados nos trabalhos com forrageiras tropicais, os quais apresentam como valores adequados em torno de 40. Essa faixa só foi conseguida no estágio de 28 dias de crescimento dos dois cortes, o que pode caracterizar uma rápida queda tanto da concentração de clorofila como de nitrogênio.

Figura 42. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Tanzânia-1, obtida na primeira avaliação (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial, em função das doses de nitrogênio.

4.2.5.2 Crescimento final

As leituras SPAD dos valores do crescimento final são mostrados nas Figuras 43, 44 e 45. Verifica-se que para as três idades determinadas, os valores SPAD foram afetados significativamente ($P < 0,01$) pelo incremento das dose de nitrogênio.

Os cálculos realizados a partir das equações de regressão mostram que aos 14, 28 e 42 dias de crescimento, o valor SPAD variou de 29,27 a 46,12 unidades.

Os valores da concentração no primeiro estágio se ajustou ao modelo de equação quadrática, com o máximo valor acima da maior dose

aplicada (462 mg kg^{-1} de nitrogênio). Contudo para os demais estádios os valores SPAD ajustaram-se a uma equação linear de primeiro grau.

O comportamento das fases finais do último crescimento demonstraram haver um melhor efeito sobre a estimativa do teor de clorofila.

Figura 43. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Tanzânia-1, obtida na primeira avaliação (14 dias de desenvolvimento) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio.

Da mesma forma, que foi discutido para o primeiro crescimento, os resultados com valores SPAD são poucos, porém os valores obtidos neste trabalho, também, são semelhantes aos encontrados por Colozza (1998).

Verifica-se que os valores encontrados no capim-Tanzânia-1 sejam semelhantes aos de outras gramíneas, utilizadas principalmente para produção animal. Tal, valor obtido neste estudo podem demonstrar o real comportamento do capim-Tanzânia, considerando que existe uma variação de espécies e cultivar.

Figura 44. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Tanzânia-1, obtida na segunda avaliação (28 dias de desenvolvimento) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Figura 45. Valor SPAD na lâmina foliar do capim-Tanzânia-1, obtida na terceira avaliação (42 dias de desenvolvimento) do crescimento final, em função das doses de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

4.2.6 Nível crítico de nitrogênio total e relação da concentração de nitrogênio e valor SPAD

4.2.6.1 Crescimento inicial

A determinação do nível crítico no capim-Tanzânia-1 foi realizada de forma semelhante à do capim-Marandu. Através da utilização do conceito de nível crítico proposto por Ulrich & Hills (1973) o mesmo foi obtido nas lâminas de folhas novas dessa forrageira.

Foram calculados os coeficientes de correlação entre a concentração de nitrogênio e a produção de matéria seca da parte aérea nos três estádios do crescimento inicial. Aos 14 e 28 dias de desenvolvimento obtiveram os coeficientes de 0,41 e 0,61, respectivamente. Esses valores do coeficiente são extremamente baixos, de tal forma que não se determinou o nível crítico para esses estádios. No estádio de 42 dias de desenvolvimento o coeficiente de correlação foi significativo ($P < 0,05$) e teve o valor de 0,71.

Após a determinação dos valores dos coeficientes de correlação tratou-se de detalhar a relação entre concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da parte aérea para os 42 dias de desenvolvimento (Figura 46). Neste estádio houve ajuste dos resultados a equação de segundo grau e o nível crítico calculado para nitrogênio foi de $10,16 \text{ g kg}^{-1}$ nas lâminas de folhas novas.

O valor de nível crítico determinado no primeiro crescimento do capim-Tanzânia-1 foi inferior aos 18,8 e 19,5 obtidos por Colozza (1998), respectivamente para os capins Aruana e Mombaça. Esse valor de nível crítico no presente estudo também foi inferior ao de $19,4 \text{ g kg}^{-1}$ determinado Hoffmann et al. (1995) para o capim IZ-1. Esse menor valor possivelmente se deve ao maior período de crescimento, uma vez que os trabalhos citados não levaram em consideração o início da aplicação do nitrogênio como critério para começar o experimento.

Figura 46. Relação entre a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e produção de matéria seca da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida na terceira avaliação (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial.

As leituras do valor SPAD foram relacionadas com a concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas novas, obtendo-se o coeficiente de correlação de 0,97 ($P < 0,01$) para os 42 dias de crescimento. Com a equação de regressão dessa relação (Figura 47), foram calculados os valores SPAD para as concentrações de nitrogênio correspondentes a 90 e 100% da produção de matéria seca da parte aérea, os quais foram 25,1 e 35,27, respectivamente. Os valores compreendidos nessa faixa podem ser importantes parâmetros para avaliar a concentração adequada de nitrogênio para esta fase

Figura 47. Relação entre valor SPAD e a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas do capim-Tanzânia-1, obtida na terceira avaliação (42 dias após o início da aplicação de nitrogênio) do crescimento inicial.

4.2.6.2 Crescimento final

Os coeficientes de correlação entre a concentração de nitrogênio e a produção de matéria seca da parte aérea aos 14, 28 e 42 dias de desenvolvimento foram de 0,63; 0,61 e 0,77, respectivamente. Também foi possível determinar os níveis críticos de nitrogênio de 36,87; 21,42 e 12,3 g kg⁻¹ no capim-Tanzânia-1, respectivamente para 14, 28 e 42 dias de desenvolvimento da forrageira no crescimento final (Figuras 48, 49 e 50).

Figura 48. Relação entre a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e produção de matéria seca da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida na primeira avaliação (14 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

Figura 49. Relação entre a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e produção de matéria seca da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida na segunda avaliação (28 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

Figura 50. Relação entre a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e produção de matéria seca da parte aérea do capim-Tanzânia-1, obtida na terceira avaliação (42 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

O valor de nível crítico determinado aos 42 dias do crescimento final foi inferior aos valores de 21,6 e 15,5 g kg⁻¹ de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas obtidos por Colozza (1998) no segundo crescimento, respectivamente, para os capins Aruana e Mombaça. Entretanto, cabe ressaltar que os valores apresentados por Colozza (1998) foram determinados para folhas colhidas entre os estádios de 28 e 42 dias de crescimento.

As leituras do valor SPAD foram correlacionadas com as concentrações de nitrogênio nas lâminas de folhas novas, obtendo-se os coeficientes de correlação de 0,79, 0,89 e 0,90, respectivamente, para os estádios de 14, 28 e 42 dias de crescimento, para o capim-Tanzânia-1.

Através das equações de regressão da relação entre valor SPAD e concentração de nitrogênio (Figuras 51, 52 e 53) foram obtidos os valores SPAD para a concentração de N correspondentes a 90 e 100% da produção de matéria seca da parte aérea. Aos 14 dias esses valores foram de 41,83 e 50,30, aos 28 dias de 40,39 e 52,38 e para os 42 dias de 27,34 e 34,88.

Figura 51. Relação entre valor SPAD e a concentração de nitrogênio total as lâminas de folhas novas do capim-Tanzânia-1, obtida na primeira avaliação (14 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

Figura 52. Relação entre valor SPAD e a concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas do capim-Tanzânia-1, obtida na segunda avaliação (28 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

Figura 53. Relação entre valor SPAD e a concentração de nitrogênio total (g kg⁻¹) nas lâminas de folhas expandidas do capim-Tanzânia-1, obtida na terceira avaliação (42 dias de desenvolvimento) do crescimento final.

5 CONCLUSÕES

- ✓ A aplicação das doses de nitrogênio proporcionou aumentos na produção da matéria seca da parte aérea e das raízes, na concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas novas e na estimativa do teor de clorofila nas folhas dos capins Marandu e Tanzânia-1;
- ✓ O aumento no número de dias de crescimento dos capins Marandu e Tanzânia-1 conduziram à redução na concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas novas;
- ✓ A produção de matéria seca de raízes do capim-Marandu foi reduzida no crescimento inicial e teve esses valores ajustados ao modelo de equação de segundo grau no crescimento;
- ✓ No crescimento final dos capins Marandu e Tanzânia-1 ocorreram aumentos no índice de eficiência no uso do nitrogênio, com o avanço do estágio vegetativo das plantas do primeiro para o último estágio de crescimento;
- ✓ Os níveis críticos de nitrogênio nas lâminas de folhas novas aos 28 dias de desenvolvimento no crescimento final, foram respectivamente: para o capim-Marandu de 23,17 g kg⁻¹ e o valor SPAD associado ao nível crítico de 38,6; para o capim-Tanzânia-1 de 21,4 e o valor SPAD associado ao nível crítico de 40,4.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J.B.R. Níveis de nitrogênio e proporção de nitrato e amônio afetando produção, atividade de redutase do nitrato e composição de três gramíneas forrageiras. Piracicaba, 1994. 109p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; VERNEQUE, R. S.; SALVATI, J. A. Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. **Pasturas Tropicais**, v. 12, n.2, p. 2-6, 1990.
- ANDRADE, J. B. de; PEDREIRA, J. V. S.; HENRIQUE, W. Comparação de três capins da espécie *Panicum maximum* Jacq. (Colonião, Tobiatã e K-187 B) sob dois níveis de adubação nitrogenada. **Boletim de Indústria Animal**, v. 48, n. 2, p. 77-82, 1991.
- ASPIOLEA, J.L.; ARTEAGA, O. Fertilización con N em tres especies de pasto. I. Influencia sobre los rendimientos y contenido mineral. **Ciencia y Técnica en la Agricultura, Pastos y Forrajes**, v.1, n.2, p. 73-84, 1978.

BENDIX, M.E.S.; FERNANDES, M.S.; ROSSIELO, R.O.P. Aspectos de la nutrición nitrogenada de *Paspalum notatum* Flügge, en respuesta a fuentes de nitrógeno e inhibición de nitrificación. **Turrialba**, v. 32, n. 1, p. 33-41, 1982.

BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants**. New York: Longman, 1977. 465 p.

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

BRUNET, E.; ASPIOLEA, J. L.; ÁLVILA, A.; ALMAGUER, J. Respuesta de cuatro gramíneas a la fertilización nitrogenada bajo condiciones de secano. III. Exportación y efectos sobre el suelo. **Ciencia y Técnica en la Agricultura, Suelos y Agroquímica**, v.11, n. 3, p. 25-34, 1988a.

BRUNET, E.; ASPIOLEA, J.L.; RIOS, C.; ÁVILA, A. Respuesta de cuatro gramíneas a la fertilización nitrogenada bajo condiciones de secano. II Composición química. **Ciencia y Técnica en la Agricultura, Suelos y Agroquímica**, v.11, n. 3, p. 17-24, 1988b.

CAMPBELL, N. A.. Photosynthesis. In: CAMPBELL, N. A. (Ed.). California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1996. p. 182 –203.

CARO-COSTAS, R.; VICENTE-CHANDLER, J.; FIGARELLA, J. The yield and composition of five grasses growing in the Humid Montains of Puerto Rico as affected by nitrogen fertilization, season and harvest procedure. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 44, n. 3, p. 107-120, 1960.

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

CORRÊA, B.D. Doses de nitrogênio e de magnésio afetando aspectos produtivos e bioquímicos dos capins Colonião, Tanzânia-1 e Vencedor. Piracicaba, 1996. 76 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 2., Piracicaba 1975. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1975. p.112-135.

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

- CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim-elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 10., Piracicaba, 1992. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p.87-115.
- CORSI, M.; BALSALOBRE, M. A.; SANTOS, P. M.; SILVA, S. C. da. Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 249-266.
- CORSI, M.; SANTOS, P.M. Potencial de produção do *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 12., Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: FEALQ: 1995. p.275-303.
- CRESPO, G. Variation in the response of tropical pastures to nitrogenous fertilizers throughout the year. 3. Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) with irrigation. **Cuban Journal of Agriculture Science**, v. 20, n. 1, p. 73-81, 1986.
- CRESPO, G.; ASPIOLEA, J. L.; LOPEZ, M. Nutricion de Pastos. In: SISTACHS, M.; CRESPO, G.; FEBLES, G.; HERRERA, R.S.; RUIZ, T.E. (Ed.) **Los pastos en Cuba**. Havana: Cuba, Edica, 1986. T. I: Producción, p. 345-416.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 279p.

FERNANDES, M.S.; FREIRE, L.R. Efeitos de nitrogênio nítrico aplicado ao solo na atividade de nitrato-redutase e na acumulação de N-solúvel em *Brachiaria sp.* **Turrialba**, v. 26, n. 3, p. 268-273, 1976.

FERNANDES, M.S.; ROSSIELO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1985. **Anais**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 92 –123.

FERRAGINE, M. C. Combinação de doses de nitrogênio e potássio na nutrição mineral de capim-braquiária. Piracicaba, 1998. 84p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FERRARI NETO, J. Limitações nutricionais para o colônio (*Panicum maximum* Jacq) em latossolo da região noroeste do Estado do Paraná. Lavras, 1991. 126p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.

FITTER, A.H.; HAY, R.K.R. **Environmental physiology of plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1987. 423p.

GASTAL, F.; NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, v.105, n. 2, p. 191-197, 1994.

GHISI, O. M. A.; ALMEIDA, A. R. P. de; ALCÂNTARA, V. B. G. Avaliação agronômica de seis cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob três níveis de adubação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 46, n. 1, p. 1-15, 1989.

GLENN, B.P.; ELY, D.G.; GLENN, S.; BOLING, J.A.; BUSH, L.P. Effects of ammonium nitrate and potassium sulfate fertilization on amino acid composition of tall fescue and orchardgrass. **Journal of Plant Nutrition**, v. 8, n. 5, p. 405-454, 1985.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. Piracicaba: ESALQ, 1987. 467p.

GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1., Piracicaba, 1973. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1973. p. 83-93.

GOMIDE, J.A.; COSTA, G.G; SILVA, M.A.M.M.; ZAGO, C.P. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-colonião e capim-jaraguá. I. Produtividade e teor de nitrogênio das gramíneas e das misturas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 13,n. 1, p. 10-21, 1984.

HAAG, H.P.; BOSE, L.V.; ANDRADE, R.G. Absorção de macronutrientes pelos capins colonião, gordura, jaraguá, napier e pangola. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 24, n.1, p. 177-188, 1967.

HARRIS, W. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In: WILSON, J.R (Ed.) **Plant relation in pasture**. East Melbourn: CSIRO, 1978. p. 67-85.

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

HOFFMANN, C.R.; FAQUIN, V.; GUEDES, G.A.A.; EVANGELISTA, A.R. O nitrogênio e o fósforo no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um latossolo da região noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.79-86, 1995.

HOSSAIN, S.A.; DALAL, S.C.; WARING, S.A.; STRONE, W.M.; WESTON, E.J. Comparison of legume-based cropping systems at Warra, Queensland. I. Soil nitrogen and organic carbon accretion, and potentially mineralisable nitrogen. **Australian Journal of Soil Research**, v.34, n.2, p. 273-287, 1996.

HUMPHREYS, L.R. & ROBINSON, A.R. Subtropical grass growth. I. Relationship between carbohydrate accumulation and leaf area in growth. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, 1966, v.23, n.2, p.211-59.

IMPITHUKSA, V.; BLUE, G. Fertilizer nitrogen and nitrogen-15 in three warm-season grasses grown on a Florida spodosol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, n. 5, p. 1201-1204, 1985.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 21-58.

JANK, L.; SAVIDAN, Y.; SOUZA, M.T.; COSTA, J.G.C. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. I. Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 433-440, 1994.

LINDSAY, W.L.; NORVEL, W.A Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science of American Journal**, v. 42, p. 421-428, 1978.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: CERES, 1980, 251p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MEIRELLES, N.M.F.; WERNER, J.C.; ABRAMIDES, P.L.G.; CARRIEL, J.M.; PAULINO, V.T.; COLOZZA, M.T. Nível crítico de fósforo em capim-colonião cultivado em dois tipos de solos: Latossolo Vermelho Escuro e Podzólico Vermelho Amarelo. **Boletim de Indústria Animal**, v. 45, n. 1, p. 215-232, 1988.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

MIDDLETON, C. H. Dry matter and nitrogen changes in five tropical grasses as influenced by cutting height and frequency. **Tropical Grasslands**, v. 16, n. 3, p. 112-117, 1982.

MINOLTA CAMERA Co. **Manual for chlorophyll Meter SPAD-502**. Osaka, 1989. 22 p.

MONTEIRO, F. A.; LIMA, S. A. A.; WERNER, J. C.; MATTOS, H. B. Adubação potássica em leguminosas e em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Boletim de Indústria Animal**, v. 37, n. 1, p. 127-148, 1980.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Efeitos das adubações nitrogenada e fosfatada em capim-colonião, na formação e em pasto estabelecido. **Boletim de Indústria Animal**, v.34, n.1, p. 91-101, 1977.

- MOREIRA, A. Efeito de fontes e doses de fósforo na alfafa (*Medicago sativa* L.) e centrosema (*Centrosema pubescens* Benth) e avaliação de extratores. Piracicaba, 1997. 107 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MUNSON, R.D.; NELSON, W.L. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (Ed.) **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 223-248.
- NOVOA, R.; LOOMIS, R.S. Nitrogen and plant productions. **Plant and Soil**, v.58, n. 1/3, p. 177-204, 1981.
- NUNES, S.G.; BOOK, A., PENTEADO, M.I.O.; GOMES, D.T. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1985. 31p. (EMBRAPA.CNPGC. Documento, 21)
- PAERSE, P.J.; WILLIAN, D. Effects of applied nitrogen on grass leaf initiation, development and death in field swards. **Journal of Agricultural Science**, v. 103, n. 2, p. 405-412, 1984.
- PARETAS, J.J. Uso de nitrógeno em pastos tropicales. V. Aspectos que se han de considerar en la fertilización del fertilizante nitrogenado. **Ciencia y Técnica en la Agricultura, Pastos y Forrajes**, v. 4, n. 1, p. 59-95, 1981.
- PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H.; TOTH, J.D. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. **Agronomy Journal**, v.87, n.2, p.403-408, 1995.

PIETROSEMOLIS, S.; FARIA, L.S.; VILLALOBOS, N. Respuesta del pasto *Brachiaria brizantha* a la fertilización nitrogenada. **Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Zulia**, v.13, n.5, p.551-560, 1996.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. (IAC.Boletim Técnico, 81).

RAMOS, N.; HERRERA, R. S.; CURBELO, F. Regrowth age and nitrogen levels in star grass (*Cynodon nlemfluensis*). 2. Content of N, P, K, Ca and Mg and apparent N recovery. **Cuban Journal of Agriculture Science**, v. 17, n. 1, p. 93-99, 1983.

ROSSIELO, R.O.P.; FERNANDES, M.S.; MAZUR, N. Efectos del desecamiento del suelo sobre el metabolismo de nitrógeno en tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.). **Turrialba**, v. 31, n. 2, p. 227-235, 1981.

RUGGIERI, A.C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E. Efeito de níveis de nitrogênio e regimes de corte na distribuição, na composição bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 2, p. 222 – 232, 1995.

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

SANTOS, A.R.; CORRÊA, B.D.; MONTEIRO, F.A. Efeitos de níveis de nitrogênio sobre o rendimento de matéria seca, teor de nitrogênio e perfilhamento em *Panicum maximum* cv. Vencedor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v. 2, p. 741-742.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SAVIDAN, Y.H.; JANK, L.; COSTA, J.C.G. **Registro de 25 acessos selecionados de *Panicum maximum***, Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1990. 68 p. (EMBRAPA,CNPGC. Documentos, 44).

SILVEIRA, J.A.G. Aspectos bioquímicos e fisiológicos da relação K/N em cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) cv. - 5679, cultivada em solução nutritiva. Piracicaba, 1980. 127 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SISTACHS, M.; CRESPO, G.; FEBLES, G.; HERRERA, R.S.; RUIZ, T.E.(Ed.) **Los pastos en Cuba**. La Habana: EDICA, 1986. Tomo I Producción, 801p.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of grass leaf and its relation to the phyllocron. **Crop Science**, v.35, n.1, p. 4-10, 1995.

- SMITH, F.W. Tissue grass for assessing the phosphorus of green panic, buffel grass and setaria. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 15, n. 74, p. 383-390, 1975.
- SMITH, F.W. Pasture species. In: REUTER, D.J.; ROBINSSON, J.B. (Ed.) **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata Press, 1988. p. 100-119.
- SMITH, P.F. Mineral analysis of plant tissues. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 13, p. 81-108, 1962.
- SOTOMAYOR-RÍOS, A.; MATIENZO, A. A.; FORTUÑO, J. V. Evalution of seven forage grasses at two cutting stages. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 57, n. 3, p. 173-185, 1973.
- SOTOMAYOR-RÍOS, A.; VÉLEZ-SANTIAGO, J.; TORRES-RIVERA, S.; SILVA, S. Effect of three harvest intervals on yield and composition of nineteen forage grasses in Humid Montain Region of Puerto Rico, **Journal of the University of Puerto Rico**, v.60, n. 3, p. 294-309, 1976.
- STEVENSON, F.J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F.J. (Ed.) **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.1-42. (ASA. Agronomy Monograph, 22).
- TURNER, F.T.; JUND, M.F. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requeriment for semidwarf rice. **Agronomy Journal**, v. 83, n. 5, p. 926-928, 1991.

- ULRICH, A.; HILLS, F.J. Plant analysis as an aid fertilizing sugar crops: part I. Sugar beets. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (Ed.) **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 271-288.
- VICENTE-CHANDLER, J. Intensive grassland management in Puerto Rico. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.2, n.2, p.173-215, 1972.
- WEBER, O.L.S.; HAAG, H.P. Nutrição mineral de *Panicum maximum* cv. Makueni. I. Crescimento, concentração e extração dos macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 41, n. 2, p. 761-793, 1984.
- WERNER, J.C. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. Piracicaba, 1971. 95p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- WERNER, J.C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (IZ. Boletim Técnico, 18).
- YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**. v.21, n.6, p.1449-1450, 1986.
- YEMM, E.W.; COCKING, E.C. The determination of Aminoacid with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, n.2, p. 209-213, 1965.

APÊNDICE 1

Partição da produção de matéria seca de capim-Marandu obtidas nas várias partes da planta, em função das doses de nitrogênio e estágios de avaliação, durante o crescimento inicial. (Média de 4 repetições).

N mg kg ⁻¹	Broto	Lâminas de Folha Nova	Lâminas de Folha Velha	Colmos + Bainhas	Bases dos Colmos	Parte Aérea	Raízes	Total
	-----gramas/vaso-----							
	14 dias							
	0	0,51	0,80	0,17	0,53	0,24	2,25	1,45
75	0,46	0,81	0,21	0,48	0,26	2,21	1,35	3,56
150	0,60	0,92	0,25	0,66	0,37	2,79	1,41	4,20
300	0,45	0,70	0,21	0,43	0,23	2,01	1,33	3,34
28 dias								
0	1,06	3,77	0,91	3,99	0,65	10,38	7,02	17,40
75	1,80	5,03	0,74	5,98	0,60	14,15	9,99	24,13
150	1,46	3,84	0,74	4,70	0,49	11,23	4,52	15,75
300	1,32	4,79	0,52	4,05	0,44	11,13	3,86	14,99
42 dias								
0	1,98	4,94	1,86	8,86	1,51	19,14	17,20	19,14
75	2,19	7,95	1,39	10,52	1,35	23,40	17,16	23,40
150	2,41	9,46	0,58	10,14	1,33	23,91	16,62	23,91
300	2,77	9,02	0,62	9,51	1,05	22,96	12,26	22,96

APÊNDICE 2

Partição da produção de matéria seca de capim-Marandu obtidas nas várias partes da planta, em função das doses de nitrogênio e estágios de avaliação, durante o terceiro crescimento. (Média de 4 repetições).

N mg kg ⁻¹	Broto	Lâminas de Folha Nova	Lâminas de Folha Velha	Colmos + Bainhas	Bases dos Colmos	Parte Aérea	Raízes	Total
	-----gramas/vaso-----							
	14 dias							
	0	0,30	0,29	0,00	0,35	0,45	1,39	19,12
75	1,73	2,06	0,00	1,79	3,54	9,13	40,68	49,81
150	1,95	2,80	0,00	2,09	3,67	10,51	41,44	51,95
300	2,22	3,77	0,00	2,60	3,92	12,52	31,64	44,16
28 dias								
0	0,82	1,09	0,28	0,97	0,00	3,17	20,93	24,10
75	4,36	8,07	0,72	5,45	3,95	22,55	56,47	79,02
150	3,98	9,07	0,84	4,85	3,53	22,27	51,74	74,00
300	3,42	9,64	0,83	4,99	4,05	22,94	40,73	63,66
42 dias								
0	0,62	1,55	0,59	2,29	0,00	5,06	31,31	36,37
75	4,53	11,59	6,03	14,84	4,59	41,55	69,22	110,77
150	4,73	13,19	9,51	15,20	6,85	49,49	76,99	122,49
300	5,60	15,06	12,15	18,39	8,45	59,65	64,16	123,81

APÊNDICE 3

Partição da produção de matéria seca do capim-Tanzânia-1 obtidas nas várias partes da planta, em função das doses de nitrogênio e estágios de avaliação, durante o crescimento inicial. (Média de 4 repetições).

N mg kg ⁻¹	Broto	Lâminas de Folha Nova	Lâminas de Folha Velha	Colmos + Bainhas	Bases dos Colmos	Parte Aérea	Raízes	Total
-----gramas/vaso-----								
14 dias								
0	0,47	1,23	0,35	0,97	0,58	3,59	3,61	7,21
75	0,73	1,49	0,49	0,91	0,61	4,22	2,61	6,82
150	0,51	1,78	0,49	1,05	0,74	4,57	3,61	8,14
300	0,67	1,83	0,61	1,40	0,69	5,20	2,62	7,81
28 dias								
0	0,65	4,15	0,46	3,17	0,61	9,03	7,08	16,11
75	0,90	4,62	0,35	3,60	0,40	9,86	9,49	19,35
150	1,38	5,27	0,45	4,59	0,60	12,29	11,65	23,93
300	1,34	4,94	0,39	4,10	0,54	11,31	9,96	21,27
42 dias								
0	2,46	6,05	1,51	6,43	1,74	14,49	13,84	28,33
75	2,57	5,75	2,16	6,33	1,62	18,39	16,56	34,94
150	2,71	6,95	2,36	8,38	1,66	22,05	14,69	36,74
300	2,53	8,32	1,58	8,56	1,90	22,88	13,15	36,03

APÊNDICE 4

Partição da produção de matéria seca de capim-Tanzânia-1 obtidas nas várias partes da planta, em função das doses de nitrogênio e estágios de avaliação, durante o terceiro crescimento. (Média de 4 repetições).

N mg kg ⁻¹	Broto	Lâminas de Folha Nova	Lâminas de Folha Velha	Colmos + Bainhas	Bases dos Colmos	Parte Aérea	Raízes	Total
-----gramas/vaso-----								
14 dias								
0	0,17	0,18	0,00	0,44	0,08	0,88	10,58	11,45
75	0,86	1,22	0,00	1,17	1,24	4,50	35,51	40,01
150	1,35	1,78	0,00	1,34	2,45	6,92	36,46	43,39
300	1,70	1,87	0,00	1,27	2,90	7,73	32,88	44,61
28 dias								
0	0,32	0,42	0,34	0,60	0,00	1,68	12,43	14,11
75	3,45	6,52	0,88	4,00	2,48	17,83	46,71	64,04
150	3,11	6,30	2,11	3,46	3,50	18,47	42,77	61,24
300	3,73	7,25	2,09	3,39	3,73	20,19	36,73	56,92
42 dias								
0	1,30	1,57	1,25	1,56	0,38	6,06	19,60	25,66
75	3,39	8,15	4,65	7,39	2,92	26,50	47,70	74,20
150	4,09	8,51	8,79	8,99	4,16	34,53	46,29	80,82
300	4,34	8,97	10,01	10,43	5,86	39,60	43,43	83,03