

# REVISTA CERES

Maio e Junho de 2004

VOL. LI | Nº 295

Viçosa – Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

## EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES E RECUPERAÇÃO APARENTE DO NITROGÊNIO PELO CAPIM-COASTCROSS ADUBADO<sup>1</sup>

Ana Cândida Primavesi<sup>2</sup>

Odo Primavesi<sup>2, 4</sup>

Luciano de Almeida Corrêa<sup>2</sup>

Heitor Cantarella<sup>3, 4</sup>

Aliomar Gabriel da Silva<sup>2</sup>

### RESUMO

Instalou-se um experimento em Latossolo Vermelho Distrófico típico, em São Carlos, SP, onde se aplicaram, sobre a superfície do solo, quatro doses de N (25, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>), na forma de uréia e de nitrato de amônio, após cada um dos cinco cortes consecutivos na época das chuvas, em capim-coastcross (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos organizados em esquema fatorial (2 x 4) + 1 (duas fontes de N e quatro doses, e

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Convênio Embrapa/Petrobrás. Aceito para publicação em 5.2.2004.

<sup>2</sup> Embrapa Pecuária Sudeste. Cx. P. 339. 13560-970 São Carlos, SP.

<sup>3</sup> Instituto Agronômico de Campinas. Cx. P. 28. 13011-970 Campinas, SP. E-mail: hcantare@barao.iac.br

<sup>4</sup> Bolsista do CNPq.

uma testemunha sem adubo nitrogenado). A área das parcelas foi de 4 x 5 m, com área útil de 6 m<sup>2</sup> para avaliação da produção de matéria seca. Avaliou-se o efeito de doses e fontes de nitrogênio (N) no teor, na extração dos nutrientes e na recuperação do N aplicado. Verificou-se, com o acréscimo das doses de N de ambas as fontes, aumento na extração dos nutrientes pelas plantas, acompanhando o aumento da produção de matéria seca. As extrações de N e K (kg ha<sup>-1</sup>) pelas plantas na dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N foram, respectivamente, com uréia (277 e 286) e com nitrato de amônio (376 e 388). Com altas produções de matéria seca (dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N), as extrações dos macronutrientes foram maiores em K e N, seguidas de Ca, S, P e Mg, com a uréia; de Ca, S, Mg e P, com o nitrato de amônio; e de Fe, Mn, Zn e Cu, com as duas fontes de N. A recuperação aparente de N foi maior com o nitrato de amônio.

Palavras-chave: *Cynodon dactylon*, nitrato de amônio, uréia, manejo intensivo, teores de nutrientes.

## ABSTRACT

### NUTRIENT EXTRACTION AND NITROGEN RECOVERY IN FERTILIZED COASTCROSS GRASS

The effect of rates and sources of N applied to coastcross grass on nutrient content, extraction and apparent N recovery were determined. The grass was established on a dark red Latosol (Hapludox), in São Carlos, SP, Brazil. A randomized complete-block design with four replications was used. The nine treatments were organized in a factorial arrangement (2 x 4) + 1 (two N sources: urea and ammonium nitrate, and four N rates: 25, 50, 100 and 200 kg ha<sup>-1</sup> cutting<sup>-1</sup> and a control treatment with no nitrogen). Nitrogen rates were applied in each of five consecutive cuttings during the rainy season. Plot size was 4 x 5-m with a usable surface of 6 m<sup>2</sup> to evaluate dry matter yield. Nutrient extraction by plants increased with the nitrogen rates, following dry matter yield increase, for both N sources. Extractions of N and K (kg ha<sup>-1</sup>) by plants at the annual N rate of 500 kg ha<sup>-1</sup> were, respectively, for urea (277 and 286) and ammonium nitrate (376 and 388). For high dry matter yields (level of 500 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of N), nutrient extractions were highest for K and N, followed by Ca, S, P and Mg for urea, and Ca, S, Mg and P for ammonium nitrate, and Fe, Mn, Zn and Cu, for both N sources. Apparent N recovery was greater for ammonium nitrate.

Key words: *Cynodon dactylon*, ammonium nitrate, urea, intensive management, nutrient content.

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção de carne e de leite têm como componente principal a pastagem. Para garantir a sustentabilidade das pastagens e expressar seu potencial produtivo é necessário adequar os níveis de adubação com a sua intensidade de uso.

A utilização de pastejo intensivo com forrageiras tropicais de elevado potencial de produção requer práticas de adubação específicas que forneçam adequado suprimento de nutrientes. Com altos rendimentos de forragem, a retirada de nutrientes do solo tende a ser elevada. A manutenção dos níveis de fertilidade do solo depende da reciclagem de nutrientes e da adição de mais insumos ao sistema. A demanda de

informações para a correta adubação de manutenção em pastagens é grande e, de acordo com Spaim e Salinas (23), não existem muitos dados sobre as exigências nutricionais para a fase de manutenção.

Para um bom manejo da adubação, principalmente no sistema intensivo, torna-se importante conhecer a necessidade de nutrientes das plantas forrageiras e, conseqüentemente, a sua capacidade de extração de nutrientes do solo (9).

O conhecimento das exigências nutricionais das forrageiras, além de ser importante no estabelecimento das pastagens, é um parâmetro decisivo no zoneamento edafoclimático das forrageiras (16). O fertilizante nitrogenado é um dos fatores mais importantes para determinar a máxima produção de forragem de uma pastagem. Na literatura, encontram-se relatos de que as gramíneas tropicais respondem a altas doses de nitrogênio (4, 24, 25). Em sistemas intensivos de produção de bovinos em pasto, usam-se adubações pesadas com nitrogênio. Whitehead (27), citando Dilz (1988), relata que a recuperação aparente de N dos fertilizantes nitrogenados pelas gramíneas está dentro dos limites de 50 a 80% e, com maior freqüência, entre 65 e 70%. Com o acréscimo das doses de N, menos N é recuperado pelas plantas. Corsi (5) menciona recuperação de N acima de 80% em gramíneas tropicais, desde que o fertilizante seja adequadamente aplicado.

A uréia é o fertilizante nitrogenado de mais baixo custo por kg de N, assim, justificam-se estudos com esse fertilizante, pois embora as perdas de amônia por volatilização reduzam a recuperação do N, a uréia, desde que adequadamente aplicada, pode apresentar benefício econômico para o agricultor.

Informações sobre nutrição mineral de plantas forrageiras, como teores, extração de nutrientes e recuperação de N pelas plantas recebendo altas doses de fertilizantes nitrogenados servirão de orientação para adubações, possibilitando tornar mais eficiente o uso dos fertilizantes. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de doses e fontes de nitrogênio (N) no teor, na extração dos nutrientes e na recuperação do N aplicado em capim-coastcross.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de novembro de 1999 a abril de 2000, em parcelas estabelecidas com capim-coastcross (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross) num Latossolo Vermelho Distrófico típico, na fazenda Canchim, em São Carlos, SP. A área do experimento foi previamente isolada de pastagem de capim-coastcross estabelecida há três anos e explorada intensivamente sob pastejo rotacionado, com quatro dias de ocupação e 24 dias de descanso. Até então, essa forrageira vinha sendo

adubada com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na forma de uréia, parcelada em cinco vezes, no período das águas.

As características químicas do solo, na camada de 0-20 cm, anterior ao início do experimento, foram: pH em  $\text{CaCl}_2 = 6,0$ ; M.O. =  $33 \text{ g dm}^{-3}$ ; P-resina =  $24 \text{ mg dm}^{-3}$ ; K =  $4,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Ca =  $47 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Mg =  $30 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; CTC =  $100 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; e V = 80%. Na instalação do experimento foram aplicados  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , como superfosfato simples, e  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de micronutrientes FTE BR-12. O potássio, na forma de KCl, foi aplicado por ocasião das adubações nitrogenadas, nas quantidades totais de  $260 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , nos tratamentos testemunha e com  $125$  e  $250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N, e de  $520 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , nos tratamentos com  $500$  e  $1.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com nove tratamentos organizados em esquema fatorial  $(2 \times 4) + 1$  (duas fontes de N: uréia e nitrato de amônio e quatro doses de N:  $25$ ,  $50$ ,  $100$  e  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ , e uma testemunha sem adubo nitrogenado), com quatro repetições (7). O adubo nitrogenado foi aplicado após cada um dos cortes (cinco cortes, considerando o corte de uniformização), durante a estação das chuvas, totalizando no ano doses de  $125$ ,  $250$ ,  $500$  e  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. As parcelas apresentavam  $4 \times 5 \text{ m}$  e área útil de  $6 \text{ m}^2$  para avaliação da produção de forragem.

Os cortes foram feitos a intervalos de 24 dias e na altura de 10 cm acima da superfície do solo. Após a pesagem da matéria fresca, foi separada uma amostra com 500 g, para secagem em estufa com circulação forçada de ar, a  $60^\circ\text{C}$ , até peso constante, para a determinação do teor de água, para posterior cálculo do peso da matéria seca (MS) e análises químicas. Foi realizada a determinação do teor de minerais na matéria seca da forragem (10), para calcular a extração de cada nutriente: nutriente extraído ( $\text{kg}$  ou  $\text{g ha}^{-1}$ ) = [matéria seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) x teor do nutriente na matéria seca ( $\text{g}$  ou  $\text{mg kg}^{-1}$ )]/1.000.

A recuperação aparente do N (Nrec) foi calculada pela fórmula:  $\text{N}(\text{rec}) (\%) = 100 \times [(\text{N}(\text{extr}) \text{ pela parcela fertilizada} - \text{N}(\text{extr}) \text{ pela parcela testemunha})/\text{dose de N aplicada}]$ . A quantidade de N na forragem das parcelas não adubadas foi utilizada para estimar o suprimento de N proveniente do solo e da atmosfera.

Foi realizada a análise de variância para determinação do teste F, e foram ajustadas as equações de regressão polinomial para as curvas de extração de nutrientes (22).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Teores de minerais*

A análise de variância mostrou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) no efeito de doses e de fontes de N sobre a concentração de todos os nutrientes, exceto Fe, na parte aérea do capim-coastcross. Ocorreu

interação fontes x doses para N, S, K, Ca, Zn e Mn, expressa por diferenças nas curvas de resposta (Quadro 1).

Os teores de N na planta aumentaram com o aumento das doses de N, com os dois adubos. No entanto, com o nitrato de amônio as plantas apresentaram maiores teores de N em todas as doses de N testadas. O mesmo comportamento foi verificado em outro trabalho com capim-coastcross (17).

| QUADRO 1 - Teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea do capim-coastcross, em função de fontes e doses de nitrogênio por corte (média de cinco cortes) |                    |     |     |      |                     |     |     |     |      |      |
|---|--------------------|-----|-----|------|---------------------|-----|-----|-----|------|------|
| Doses N   | N                  | P   | S   | K    | Ca                  | Mg  | Cu  | Zn  | Mn   | Fe   |
| kg ha <sup>-1</sup> corte <sup>-1</sup>   | g kg <sup>-1</sup> |     |     |      | mg kg <sup>-1</sup> |     |     |     |      |      |
|   | Uréia              |     |     |      |                     |     |     |     |      |      |
| 0   | 16,5               | 2,8 | 3,4 | 15,8 | 3,7                 | 1,8 | 5,5 | 20  | 61   | 256  |
| 25  | 17,4               | 2,9 | 3,3 | 17,6 | 3,5                 | 1,8 | 5,8 | 20  | 54   | 218  |
| 50  | 19,6               | 2,9 | 3,5 | 18,8 | 3,6                 | 2,1 | 6,5 | 21  | 39   | 203  |
| 100   | 23,4               | 2,6 | 3,3 | 23,1 | 3,5                 | 2,4 | 7,9 | 24  | 50   | 149  |
| 200   | 29,0               | 2,5 | 2,9 | 27,0 | 3,8                 | 2,5 | 8,9 | 24  | 58   | 203  |
| Média   | 21,2               | 2,7 | 3,3 | 20,5 | 3,6                 | 2,1 | 6,9 | 22  | 52   | 206  |
| Doses   | Q**                | Q** | Q** | Q**  | Q*                  | Q*  | Q** | Q*  | Q*   | ns   |
|   | Nitrato de amônio  |     |     |      |                     |     |     |     |      |      |
| 0   | 16,5               | 2,8 | 3,4 | 15,8 | 3,7                 | 1,8 | 5,5 | 20  | 61   | 256  |
| 25  | 18,6               | 2,8 | 3,4 | 20,8 | 4,2                 | 2,1 | 6,8 | 23  | 52   | 203  |
| 50  | 20,8               | 2,6 | 3,3 | 23,2 | 4,5                 | 2,2 | 8,1 | 27  | 53   | 168  |
| 100   | 27,1               | 2,5 | 3,0 | 26,9 | 4,9                 | 2,6 | 8,9 | 27  | 43   | 171  |
| 200   | 30,5               | 2,5 | 2,8 | 27,7 | 4,6                 | 2,6 | 9,6 | 29  | 107  | 159  |
| Média   | 22,7               | 2,6 | 3,2 | 22,9 | 4,4                 | 2,2 | 7,8 | 25  | 63   | 191  |
| Doses   | Q**                | L** | Q*  | Q**  | Q**                 | Q*  | Q*  | Q** | Q**  | L*   |
|   | Teste F            |     |     |      |                     |     |     |     |      |      |
| Fontes  | **                 | *   | *   | **   | **                  | **  | **  | **  | **   | ns   |
| Doses   | **                 | **  | **  | **   | **                  | **  | **  | **  | **   | ns   |
| F x D   | **                 | ns  | *   | *    | *                   | ns  | ns  | **  | **   | ns   |
| CV %  | 2,5                | 4,2 | 4,7 | 5,0  | 4,7                 | 4,2 | 5,2 | 3,2 | 20,1 | 27,9 |

\* = significância no nível de 5%; \*\* = significância no nível de 1%; ns = não-significativo. Para doses é apresentada a curva de melhor ajuste: L = linear simples e Q = quadrática.

Com a uréia, os teores (g kg<sup>-1</sup>) de N nas plantas variaram de 17,4 a 29,0, e com o nitrato de amônio, de 18,6 a 30,5 (Quadro 1). A faixa adequada de teores de N para capim-coastcross é de 15 a 25 g kg<sup>-1</sup> (25). As diferenças entre fontes podem ser explicadas pelas perdas de N por volatilização de NH<sub>3</sub> da uréia (1).

Os teores de S foram menores com a dose maior de N em ambas as fontes e variaram de 2,8 a 3,5 g kg<sup>-1</sup>, com valores na faixa superior dos níveis adequados (1,0 a 3,0 g kg<sup>-1</sup>) (26). Rocha et al. (20) obtiveram teores maiores de S com o aumento das doses de N (teores variaram de 2,8 a 4,1 g kg<sup>-1</sup>) e atribuíram tal fato ao uso do sulfato de amônio.

Os teores de K aumentaram com as doses de N e variaram de 17,6 a 27,7 g kg<sup>-1</sup>. Embora os teores de K estejam dentro da faixa adequada para a nutrição dessa forrageira (15,0 a 30,0 g kg<sup>-1</sup>) (26), estão bem acima dos exigidos por vacas leiteiras com 400 kg de "peso vivo" e com produção variando de 7 a 20 L dia<sup>-1</sup>, que é de 9 g kg<sup>-1</sup> de K (13).

No presente trabalho, aumentando-se as produções de matéria seca com as maiores doses de N (3), não ocorreu diminuição no teor de K pelo efeito de diluição, devido à maior quantidade de K aplicada nos tratamentos com 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> de N. Miller (12), comparando duas fontes e doses de K em *Bermuda grass*, também verificou aumento no teor de K da folha com o aumento das doses de K. Paciulli (15) encontrou, em capim-coastcross recebendo diferentes doses de N e 200 kg ha<sup>-1</sup> de KCl apenas no plantio, aumentos nos teores de K de 3,5 para 5,2 g kg<sup>-1</sup> quando as doses de N aplicadas foram, respectivamente, 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup>. Dias (1993), citado por Rocha et al. (20), relata que em capim-coastcross o aumento da dose de N de 60 para 120 kg ha<sup>-1</sup> diminuiu o teor de K da parte aérea de 11,2 para 7 g kg<sup>-1</sup>, indicando que a deficiência desse nutriente pode levar à queda na produção de matéria seca dessa forrageira.

No presente trabalho, os teores de Ca e Mg da forragem aumentaram nos tratamentos que receberam doses maiores de N, embora nesses tratamentos o K tenha sido aplicado em quantidades mais elevadas (de acordo com produção de matéria seca). Segundo Miller (12), o aumento na adubação potássica em *Bermuda grass* reduziu os teores de Ca e de Mg, indicando que altas doses de K aumentam o potencial para deficiências de Ca e de Mg em *Bermuda grass*, além de que altas doses de K, maiores que aquela que forneça suficiente teores de K para o crescimento normal, não devem ser usadas. No presente experimento, embora nos tratamentos com doses maiores de N tenham sido aplicadas quantidades maiores de K, os teores foliares desse nutriente permaneceram na faixa de valores adequados, devido à alta resposta à adubação nitrogenada, e provavelmente por este motivo não afetaram os teores de Ca e de Mg na planta. No entanto, Rocha et al. (20) verificaram queda acentuada nos teores de Ca em função das doses de N aplicadas em capim-coastcross adubado com até 400 kg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N. Hopkins et al. (8) e Paciulli (15) também verificaram decréscimos nos teores de Ca em pastagens com o uso de doses crescentes de N, mas não tão acentuados.

Os teores de Cu e Zn aumentaram com as doses de N. Com o Mn, verificou-se resposta quadrática com um ponto de mínimo, com ambas as

fontes de N. O aumento do teor de Mn pode ser explicado pela redução do pH do solo, ocorrida com as doses mais elevadas de N, em especial com o nitrato de amônio (dados não apresentados).

### *Extração mineral*

A análise de variância mostrou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre doses, na extração de todos os nutrientes, e entre fontes, exceto na extração de ferro, e significância ( $P < 0,05$ ) da interação doses x fontes, exceto nas extrações de P, Zn e Fe (Quadro 2).

Com a dose de  $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N, aplicada na forma de uréia e de nitrato de amônio, verificou-se, respectivamente, aumento na extração, em relação à testemunha, de sete a nove vezes (N e K), de quatro a cinco vezes (P e S), de quatro a seis vezes (Ca), de seis a sete vezes (Mg e Zn), de sete a nove vezes (Cu), e de três a quatro vezes (Mn e Fe).

Houve aumento da extração dos nutrientes com o aumento das doses de N, acompanhando o aumento da produção de forragem, sendo esta remoção considerável, principalmente de N e K (Quadros 2 e 3).

| QUADRO 2 - Produção de matéria seca e extração mineral pelo capim-coastcross, em função de fontes e doses de N (total de cinco cortes)  |                     |     |     |      |     |                    |     |     |     |       |       |
|---|---------------------|-----|-----|------|-----|--------------------|-----|-----|-----|-------|-------|
| Doses N<br>$\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$   | PMS                 | N   | P   | S    | K   | Ca                 | Mg  | Cu  | Zn  | Mn    | Fe    |
|   | kg ha <sup>-1</sup> |     |     |      |     | g ha <sup>-1</sup> |     |     |     |       |       |
|   | Uréia               |     |     |      |     |                    |     |     |     |       |       |
| 0   | 2.604               | 41  | 7   | 9    | 42  | 10                 | 5   | 14  | 52  | 161   | 608   |
| 125   | 4.980               | 81  | 14  | 16   | 87  | 18                 | 9   | 29  | 96  | 262   | 960   |
| 250   | 8.516               | 158 | 24  | 29   | 161 | 32                 | 18  | 55  | 176 | 311   | 1.395 |
| 500   | 12.145              | 277 | 31  | 40   | 286 | 44                 | 30  | 95  | 286 | 588   | 1.687 |
| 1.000   | 14.264              | 404 | 34  | 42   | 386 | 54                 | 36  | 125 | 335 | 795   | 2.873 |
| Média   | 8.502               | 192 | 22  | 27   | 193 | 32                 | 20  | 64  | 189 | 423   | 1.504 |
| Doses   | Q*                  | Q** | Q*  | Q*   | Q** | L**                | Q*  | Q** | Q*  | L**   | L**   |
|   | Nitrato de amônio   |     |     |      |     |                    |     |     |     |       |       |
| 0   | 2.604               | 41  | 7   | 9    | 42  | 10                 | 5   | 14  | 52  | 161   | 608   |
| 125   | 6.645               | 118 | 19  | 23   | 135 | 32                 | 14  | 45  | 152 | 338   | 1.118 |
| 250   | 10.804              | 218 | 28  | 36   | 251 | 52                 | 24  | 86  | 283 | 522   | 1.399 |
| 500   | 14.159              | 376 | 34  | 42   | 388 | 70                 | 36  | 126 | 372 | 586   | 2.380 |
| 1.000   | 14.177              | 429 | 35  | 40   | 392 | 67                 | 37  | 137 | 410 | 1.431 | 2.206 |
| Média   | 9.678               | 237 | 25  | 30   | 242 | 46                 | 23  | 82  | 254 | 608   | 1.542 |
| Doses   | Q**                 | Q** | Q** | Q**  | Q** | Q**                | Q** | Q** | Q** | Q**   | L**   |
| Teste F   |                     |     |     |      |     |                    |     |     |     |       |       |
| Fontes  | **                  | **  | **  | **   | **  | **                 | **  | **  | **  | **    | ns    |
| Doses   | **                  | **  | **  | **   | **  | **                 | **  | **  | **  | **    | **    |
| F x D   | *                   | **  | ns  | *    | **  | *                  | **  | **  | ns  | **    | ns    |
| CV %  | 8,5                 | 8,7 | 8,7 | 11,6 | 9,8 | 11,7               | 8,3 | 8,9 | 8,7 | 26,4  | 48,7  |
| PMS = Produção de matéria seca, em $\text{kg ha}^{-1}$ . * = significância no nível de 5%; ** = significância no nível de 1%; ns = não-significativo. Para doses é apresentada a curva de melhor ajuste: L = linear simples e Q = quadrática. |                     |     |     |      |     |                    |     |     |     |       |       |

Esses dados confirmam os obtidos em ano anterior com o mesmo capim (17), e os de Pratt e Darst (1987), citados por Maraschin (11), que mencionam, em produções de 6 e 12 t ha<sup>-1</sup> de MS pelo cv. Coastal Bermuda, aumentos na remoção de nutrientes de 270 para 540 kg ha<sup>-1</sup> de N, de 30 para 61 kg ha<sup>-1</sup> de P, de 250 para 498 kg ha<sup>-1</sup> de K, de 30 para 60 kg ha<sup>-1</sup> de S e de 48 para 96 kg ha<sup>-1</sup> de Mg.

No Quadro 3 são apresentadas as equações de regressão de primeiro e segundo graus que descrevem as curvas de produção de matéria seca (MS, kg ha<sup>-1</sup>) e de extração de macronutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) e de micronutrientes (g ha<sup>-1</sup>).

A produção de matéria seca da forrageira, em função das doses de N, aumentou de forma quadrática com uréia e nitrato de amônio, apresentando, respectivamente, pontos de máxima em 887 e 733 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, com valor menor para nitrato de amônio, provavelmente pelas menores perdas de N por volatilização (1). A extração de K acompanhou o aumento de produção de matéria seca, devido ao amplo suprimento desse elemento fornecido na adubação.

Em altas produções de forragem (tratamento com 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, que é a dose normalmente utilizada em sistemas intensivos de produção), as extrações dos macronutrientes foram maiores para K e N, seguidas de Ca, S, P e Mg (com a uréia) e de Ca, S, Mg e P (com o nitrato de amônio), e de Fe, Mn, Zn e Cu, com os dois adubos.

QUADRO 3 - Equações de ajuste das curvas de produção de matéria seca e de extração de minerais por capim-coastcross em função das doses de N, com as duas fontes do nutriente

|    | Uréia                                    | R <sup>2</sup> | Nitrato de amônio                        | R <sup>2</sup> |
|----|--|----------------|--|----------------|
| N  | 29,2 + 0,5766N - 0,0002N <sup>2</sup>    | 0,98**         | 26,558 + 0,9365N - 0,00053N <sup>2</sup> | 0,99**         |
| P  | 7,356 + 0,072N - 0,000045N <sup>2</sup>  | 0,99*          | 8,75 + 0,0835N - 0,000057N <sup>2</sup>  | 0,99**         |
| S  | 8,0193 + 0,094N - 0,000061N <sup>2</sup> | 0,97*          | 10,5 + 0,1075N - 0,0000789N <sup>2</sup> | 0,99**         |
| K  | 29,365 + 0,62N - 0,000261N <sup>2</sup>  | 0,99**         | 31,999 + 1,04N - 0,000679N <sup>2</sup>  | 0,97**         |
| Ca | 15,65 + 0,043N                           | 0,99**         | 11,12 + 0,187N - 0,00013N <sup>2</sup>   | 0,98**         |
| Mg | 3,23 + 0,0689N - 0,000036N <sup>2</sup>  | 0,98**         | 4,214 + 0,0955N - 0,000063N <sup>2</sup> | 0,98**         |
| Cu | 10,057 + 0,21N - 0,000093N <sup>2</sup>  | 0,99**         | 12,14 + 0,333N - 0,00021N <sup>2</sup>   | 0,99**         |
| Zn | 38,7 + 0,65N - 0,000352N <sup>2</sup>    | 0,98**         | 52,49 + 0,976N - 0,00062N <sup>2</sup>   | 0,99**         |
| Mn | 180,2 + 0,6487N                          | 0,93**         | 220,34 + 0,64N - 0,000554N <sup>2</sup>  | 0,92**         |
| Fe | 685,66 + 2,183N                          | 0,92**         | 945,65 + 1,59N                           | 0,90**         |
| MS | 2363,7 + 27,19N - 0,0153N <sup>2</sup>   | 0,99**         | 2720,54 + 35,937N - 0,0245N <sup>2</sup> | 0,98**         |

MS = matéria seca, em kg ha<sup>-1</sup>; N, P, S, K, Ca e Mg em kg ha<sup>-1</sup>; Cu, Zn, Mn e Fe em g ha<sup>-1</sup>. O coeficiente de determinação da regressão linear múltipla (R<sup>2</sup>) foi estimado utilizando-se a soma de quadrados dos componentes significativos para doses "dentro" de cada fonte sobre a soma de quadrados total da fonte em estudo.

As altas taxas de extração de nutrientes não são necessariamente as mesmas de um sistema em pastejo, em que há reciclagem dos nutrientes (6). No entanto, em caso de capineiras para corte e campos para fenação, as quantidades extraídas representam as exportadas. Isso indica que altas doses de adubos são necessárias para a produção de forrageiras para corte. Nem todo nitrogênio que



se acumula nas plantas em função de altas doses de uréia ou nitrato de amônio aplicadas está na forma reduzida (amônio, aminoácidos ou proteínas), pois as plantas tendem a estocar o excesso de N na forma de nitrato.

### Recuperação aparente de N

Verificaram-se diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre fontes e entre doses na recuperação aparente do N pela forragem de capim-coastcross, na sucessão de cortes, exceto entre fontes no primeiro corte. Houve interação fontes x doses, na média de recuperação de N dos cortes e por corte, exceto no primeiro e quarto cortes. Verificou-se resposta quadrática na média de recuperação aparente de N dos cortes, com pontos de máxima em 114 e 79 kg ha<sup>-1</sup> de N para uréia e nitrato de amônio, respectivamente, ocorrendo decréscimo da recuperação nas doses de N mais elevadas (Quadro 4), concordando com os dados obtidos em ano anterior (18), embora a recuperação encontrada tenha sido menor, devido à menor produção de matéria seca (3), em relação à do ano anterior (2).

**QUADRO 4 - Extração e recuperação aparente de N pela parte aérea do capim-coastcross, em cinco cortes sucessivos nas diferentes doses de N por corte**

| Doses de N<br>(kg ha <sup>-1</sup> corte <sup>-1</sup> ) | corte 1 |      | corte 2 |      | corte 3 |      | corte 4 |      | corte 5 |      | média |      |
|--|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|-------|------|
|  | ext.    | rec. | ext.    | rec. | ext.    | rec. | ext.    | rec. | ext.    | rec. | ext.  | rec. |
| <b>Uréia</b>   |         |      |         |      |         |      |         |      |         |      |       |      |
| 0  | 7       | ---  | 3       | ---  | 16      | ---  | 7       | ---  | 9       | ---  | 8     | ---  |
| 25   | 10      | 14   | 12      | 34   | 25      | 37   | 15      | 33   | 19      | 41   | 16    | 32   |
| 50   | 14      | 15   | 32      | 58   | 46      | 60   | 34      | 54   | 32      | 46   | 32    | 47   |
| 100  | 42      | 35   | 59      | 56   | 58      | 42   | 55      | 49   | 62      | 53   | 55    | 47   |
| 200  | 93      | 43   | 90      | 43   | 86      | 35   | 57      | 25   | 78      | 34   | 81    | 36   |
| Média  | 33      | 27   | 39      | 48   | 46      | 44   | 34      | 40   | 40      | 44   | 38    | 41   |
| Doses  | Q**     | L**  | Q**     | Q*   | Q*      | Q*   | Q*      | Q**  | Q**     | Q*   | Q*    | Q**  |
| <b>Nitrato de amônio</b>                                 |         |      |         |      |         |      |         |      |         |      |       |      |
| 0  | 7       | ---  | 3       | ---  | 16      | ---  | 7       | ---  | 9       | ---  | 8     | ---  |
| 25   | 10      | 15   | 23      | 78   | 34      | 75   | 22      | 62   | 29      | 79   | 24    | 62   |
| 50   | 21      | 28   | 52      | 98   | 54      | 76   | 52      | 90   | 40      | 62   | 44    | 71   |
| 100  | 57      | 50   | 95      | 92   | 80      | 64   | 75      | 69   | 69      | 60   | 75    | 67   |
| 200  | 118     | 55   | 97      | 47   | 81      | 33   | 57      | 25   | 77      | 34   | 86    | 39   |
| Média  | 42      | 37   | 54      | 79   | 53      | 62   | 43      | 61   | 44      | 59   | 34    | 60   |
| Doses  | Q**     | L**  | Q*      | Q**  | Q*      | Q**  | Q**     | Q**  | L**     | L**  | Q*    | Q**  |
| <b>Teste F:</b>  |         |      |         |      |         |      |         |      |         |      |       |      |
| Fontes   | **      | ns   | **      | **   | **      | **   | **      | **   | **      | **   | **    | **   |
| Doses  | **      | **   | **      | **   | **      | **   | **      | **   | **      | **   | **    | **   |
| F x D  | *       | ns   | **      | *    | **      | *    | *       | ns   | ns      | **   | **    | **   |
| CV %   | 19,6    | 42,4 | 15,9    | 21,3 | 13,0    | 21,8 | 17,8    | 25,9 | 12,0    | 19,7 | 8,9   | 13,4 |

ext. = extração de N pela matéria seca, em kg ha<sup>-1</sup>; e rec. = N recuperado do adubo, em %.  
 \* = significância no nível de 5%; \*\* = significância no nível de 1%; ns = não-significativo. Para doses é apresentada a curva de melhor ajuste: L = linear simples e Q = quadrática.

Rocha et al. (21), testando doses de N (0, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> na forma de sulfato de amônio) em capim-coastcross, verificaram aumentos na taxa de recuperação do N até a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. No

presente trabalho também ocorreu aumento na média de recuperação de N (média de cinco cortes) até a dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, e uma queda na dose de 1.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, com os dois fertilizantes. Essa queda é explicada pela redução da resposta em produção da planta (3, 19). Rocha et al. (21), usando sulfato de amônio, encontraram valores de recuperação de N mais baixos que os encontrados no presente trabalho com uréia e com nitrato de amônio, nas doses de 125 e 250 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, e mais altos que o encontrado com uréia na dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, devido às perdas de N por volatilização de amônia da uréia.

No presente trabalho, a recuperação aparente do N do fertilizante aplicado aumentou de forma quadrática com o aumento das doses, atingindo valores máximos nas doses de 79 e 114 kg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> de N, respectivamente, com nitrato de amônio e uréia. As equações de regressão da média da recuperação aparente (%) do N aplicado foram: com a uréia,  $\hat{Y} = 24,96 + 0,4363N - 0,00191N^2$  ( $R^2 = 0,75^{**}$ ), e com o nitrato de amônio,  $\hat{Y} = 55,662 + 0,3285N - 0,00209N^2$  ( $R^2 = 0,96^{**}$ ). As maiores taxas de recuperação de N, quando se aplicou uréia, foram de 60%, e com o nitrato de amônio, atingiram 98% (Quadro 4). Osborne et al. (14) também obtiveram maior recuperação de N, utilizando o nitrato de amônio. Esses mesmos autores também verificaram que a recuperação de N pode ser maximizada com a dose de 112 kg ha<sup>-1</sup>, quando aplicada no início da primavera, resultando em recuperações de N acima de 85%. Houve variações entre os cortes, devido a flutuações nas respostas ao N, causadas por fatores climáticos.

Embora a recuperação do N-uréia pelas plantas tenha sido menor que a do N-nitrato de amônio, devido às perdas de N por volatilização da amônia da uréia (1), este último fertilizante pode ser uma opção, dependendo do preço por unidade de N, geralmente menor no caso da uréia.

## CONCLUSÕES

1) Doses altas de nitrogênio provenientes da aplicação de uréia e de nitrato de amônio em capim-coastcross geram a necessidade do uso dos outros nutrientes em quantidades maiores, principalmente K, para suprir a maior extração pela forrageira.

2) A recuperação do N-uréia por plantas de capim-coastcross é menor que a do N-nitrato de amônio.

## REFERÊNCIAS

1. CANTARELLA, H.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R. & SILVA, A.G. Perdas diárias de amônia por volatilização, de duas fontes de adubo nitrogenado aplicadas na superfície de pastagem de capim Coastcross (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38<sup>a</sup>, Piracicaba, 2001. Anais, FEALQ, 2001, p. 330-1.

2. CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R.; SILVA, A.G. & POTT, E.B. Dry matter production response of Coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pears) to sources and rates of nitrogen. In: International Grassland Congress, 19º, Piracicaba, 2001. Proceedings, FEALQ, 2001, p. 193-4.
3. CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R. & SILVA, A.G. Produção de matéria seca de coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pears) em resposta a duas fontes de adubo nitrogenado. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38ª, Piracicaba, 2001. Anais, FEALQ, 2001, p. 217-8.
4. CORSI, M. Pastagem de alta produtividade. In: Simpósio sobre Manejo de Pastagens, 8º, Piracicaba, 1986. Anais, FEALQ, 1986. p.499-512.
5. CORSI, M. Adubação nitrogenada em pastagens. In: Peixoto, A. M.; Moura, J. C. & Faria, V. P. (eds.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba, FEALQ, 1994. p. 121-55.
6. CORSI, M. & MARTHA Jr, G.B. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: Simpósio sobre Manejo de Pastagem, 14º, Piracicaba, 1997. Anais, FEALQ, 1997. p. 161-92.
7. GATES, C.E. A user's guide to misanalyzing planned experiments. HortScience, 26: 1262-5, 1991.
8. HOPKINS, A.; ADAMSON, A.H. & BOWLING, P.J. Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. 2. Effects on concentration of Ca, Mg, K, Na, S, P, Mn, Cu, Co and Mo in herbage at ranges of silkes. Grass and Forage Science, 49:9-20, 1994.
9. LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; PETERNELLI, M. & BRAGA, G.J. Calagem e adubação no manejo intensivo do pastejo. In: Simpósio de Forragicultura e Pastagens, 2º, Lavras, 2001. Anais, UFLA, 2001. p.27-110.
10. MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201p.
11. MARASCHIN, G.E. Manejo de plantas forrageiras dos gêneros *Digitaria*, *Cynodon* e *Chloris*. In: Simpósio sobre Manejo de Pastagens, 9º, Piracicaba, 1988. Anais, FEALQ, 1988. p. 109-39.
12. MILLER, G.L. Potassium application reduces calcium and magnesium levels in bermudagrass leaf tissue and soil. Journal of the American Society for Horticultural Science, 34:265-8, 1999.
13. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 6.ed. Washington, National Academy Press, 1989. 157p.
14. OSBORNE, S.L.; RAUN, W.R.; JOHNSON, G.V.; ROGERS, J.L. & ALTOM, W. Bermudagrass response to high nitrogen rates, source, and season of application. Agronomy Journal, 91:438-44, 1999.
15. PACIULLI, A.S. Efeito de diferentes doses de nitrogênio sobre a produção, composição química e digestibilidade in vitro de três gramíneas forrageiras tropicais. Lavras, UFLA, 1997. 150p. (Tese de mestrado).
16. PEREIRA, J.M.; BODDEY, R.M. & REZENDE, C.P. Pastagens no ecossistema Mata Atlântica: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros: Pesquisas para o Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 1995. Anais, SBZ, 1995, p. 94-146.
17. PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G. & FREITAS, A.R. Effect of sources and rates of nitrogen on nutrients extraction in coastcross pastures. In: International Grassland Congress, 19º, São Pedro, 2001. Proceedings, FEALQ, 2001, p. 192-3.
18. PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H. & SILVA, A.G. Apparent recovery of surface applied nitrogen fertilizer by a coastcross pasture. In: International Grassland Congress, 19º, São Pedro, 2001. Proceedings, FEALQ, 2001, p. 207-8.

19. PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M.J.A.; SILVA, A.G. & FREITAS, A.R. Adubação com uréia em pastagem rotacionada de *Cynodon dactylon* cv. Coastercross: eficiência e perdas. São Carlos, Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p.(Circular Técnica, 30).
20. ROCHA, G.P.; EVANGELISTA, A.R. & LIMA, J.A. Composição mineral de três espécies do gênero *Cynodon*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38<sup>a</sup>, Piracicaba, 2001. Anais, FEALQ, 2001, p. 66-8.
21. ROCHA, G.P.; EVANGELISTA, A.R. & LIMA, J.A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de gramíneas tropicais. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38<sup>a</sup>, Piracicaba, 2001. Anais, FEALQ, 2001, p. 68-9.
22. SAS INSTITUTE. SAS/STAT User's guide: statistics. Versão 6.4 ed. Cary, Statistical Analysis System Institute, 1993. V. 2, 1686p.
23. SPAIM, J.M. & SALINAS, J.G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: Simpósio sobre Reciclagem de Nutrientes e Agricultura de Baixos Insumos nos Trópicos, Ilhéus, 1984. Anais, CEPLAC, 1985, p. 259-99.
24. VICENTE-CHANDLER, J.; SILVA, S. & FIGARELLA, J. The effect of nitrogen fertilization and frequency of cutting on the yield and composition of three tropical grasses. *Agronomy Journal*, 51:202-6, 1959.
25. WERNER, J.C.; PEDREIRA, J.V.S. & CAIELE, E.L. Estudo de parcelamento e níveis de adubação nitrogenada com capim pangola (*Digitaria decumbens* Stent). *Boletim da Indústria Animal*, 24:147-51, 1967.
26. WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.O. & QUAGGIO, J.A. Forrageiras. In: Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. & Furlani, A. M. C. (eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1996. p. 263-73 (Boletim Técnico, 100).
27. WHITEHEAD, D.C. Volatilization of ammonia. In: Whitehead, D.C. (ed.). *Grassland nitrogen*. Wallingford, CAB International, 1995. p. 152-79.