

Foto capa: Odo Primavesi



Efeito de doses de nitrogênio no teor e na extração de nutrientes e na recuperação aparente do nitrogênio em capim coastcross¹

Ana Cândida Primavesi²
Odo Primavesi²
Luciano de Almeida Corrêa²
Heitor Cantarella³
Aliomar Gabriel da Silva²

A utilização de pastejo intensivo com forrageiras 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 por informações para a correta adubação de manutenção em pastagens é grande e, para haver 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 (Luz et al., 2001).

O fertilizante nitrogenado é um dos fatores mais importantes para determinar a máxima produção de forragem de uma pastagem. A uréia é o fertilizante nitrogenado de mais baixo custo por quilograma 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.

¹ Trabalho financiado pelo Convênio Embrapa-Petrobrás.

² Pesquisadores da Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa Postal 339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP. Endereço eletrônico: anacan@cnpse.embrapa.br; odo@cnpse.embrapa.br; luciano@cnpse.embrapa.br; aliomar.silva@embrapa.br.

³ Pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Agroambientais, Caixa Postal 28, CEP: 13001-970, Campinas, SP. Endereço eletrônico: cantarella@iac.sp.gov.br

Informações sobre nutrição mineral de plantas forrageiras, tais como teores e extração de nutrientes e recuperação de N pelas plantas ao receberem altas doses de fertilizantes nitrogenados, servirão de orientação para adubações e possibilitarão tornar mais eficiente o uso dos fertilizantes.

Este trabalho foi desenvolvido tendo como objetivos avaliar o efeito de doses e de fontes de nitrogênio (N) no teor e na extração dos nutrientes e na recuperação do N aplicado em capim-coastcross (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross).

O experimento foi conduzido de novembro de 1999 a abril de 2000, na fazenda Canchim, em São Carlos, SP. A área experimental constituiu-se 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, sendo adubada anualmente com 300 kg/ha de N na forma de uréia, parcelada em cinco vezes, no período das águas.

As características químicas do solo (Latosolo Vermelho Distrófico típico), na camada de 0 a 20 cm, antes do início do experimento, eram as seguintes: pH em $\text{CaCl}_2 = 6,0$; matéria orgânica = 33 g/dm^3 ; P (método da resina) = 24 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 (capacidade de troca catiônica) = $100 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$; e V (saturação por bases) = 80%. Na instalação do experimento foram aplicados 50 kg/ha de P_2O_5 e 30 kg/ha de S, na forma de superfosfato simples, e 30 kg/ha de micronutrientes (FTE BR-12). O potássio, na

forma de KCl, foi aplicado por ocasião das adubações nitrogenadas, nas quantidades totais de 320 kg/ha de K_2O , nos tratamentos: testemunha, 125 e 250 kg/ha/ano de N, e de 580 kg/ha de K_2O , nos tratamentos: 500 e 1.000 kg/ha/ano de N. Os dados climáticos, por período de crescimento foram, para chuva (mm) e temperaturas máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), respectivamente: 1^o período = 233,0; 28,0; 24,2; 2^o período = 304,4; 27,7; 22,7; 3^o período = 412,4; 28,2; 18,6; 4^o período = 160,5; 28,2; 18,7; e 5^o período = 143,9; 27,9; 16,9.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos, organizados em esquema fatorial (2 x 4) + 1 (duas fontes de N: uréia e nitrato de amônio e quatro doses de N: 25, 50, 100 e 200 kg/ha/corte, e uma testemunha sem adubo nitrogenado), com quatro repetições. O adubo nitrogenado foi aplicado após cada um dos cortes (cinco cortes, incluindo o corte de uniformização), durante a estação das chuvas, totalizando doses anuais de 125, 250, 500 e 1.000 kg/ha de N. As parcelas apresentavam 4 x 5 m e área útil de 6 m² para avaliação da produção de forragem.

Os cortes foram feitos a intervalos de 24 dias 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, para calcular a extração de cada nutriente: nutriente extraído (kg ou g/ha) = [matéria seca (kg/ha) x teor do nutriente na matéria seca (g ou mg/kg)]/1.000. A recuperação aparente do N (Nrec) foi calculada pela fórmula: $Nrec (\%) = 100 \times [(N_{extr} \text{ pela parcela fertilizada} - N_{extr} \text{ pela parcela testemunha}) / \text{dose de N aplicada}]$. A quantidade de N na forragem das parcelas que não receberam fertilizante nitrogenado foi utilizada para estimar o suprimento de N proveniente do solo e da atmosfera.

Foi realizada a análise de variância e foram estimadas as curvas de teores e de extração de nutrientes por meio de equações de regressão polinomial.

Os teores de N na planta aumentaram em função do aumento das doses de N, com os dois adubos. No entanto, com o nitrato de amônio as plantas apresentaram maior teor de N, em todas as doses de N testadas. O mesmo comportamento foi verificado em outro trabalho com capim-coastcross (Primavesi et al., 2004). Com a uréia, os teores (g/kg) de N nas plantas variaram de 17,4 a 29,0, e com o nitrato de amônio, de 18,6 a 30,5 (Tabela 1). As diferenças entre fontes podem ser explicadas pelas perdas de N por volatilização de amônia (NH₃) da uréia.

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. Jones & Watson (1991) relataram para gramíneas a relação N:S de 10:1. De acordo com Scott et al. (1983), valores de N:S acima de 14, em geral, indicam deficiência de S. Neste

experimento a relação N:S variou de 4,8:1 a 10,9:1. Com o acréscimo das doses de N, a relação N:S aumentou, pois a dose de S foi a mesma em todos os tratamentos. Nos tratamentos sem N e com 200 kg/ha/corte de N, a relação foi respectivamente de 4,8:1 e 10,9:1, indicando que a quantidade aplicada de 30 kg/ha de S nas parcelas que não receberam N e nas parcelas que receberam até 500 kg/ha/ano de N foi excessiva, provavelmente porque esse solo já apresentava teor alto de S, fato confirmado pelo altos teores apresentados na planta (acima de 3,0 g/kg, Tabela 1). Já com o tratamento de 200 kg/ha/corte de N, embora o solo provavelmente apresentasse teor alto de S, apesar da grande quantidade de N usada, a relação N:S de 10,9:1 indica que a quantidade aplicada de 30 kg/ha de S foi suficiente para manter o equilíbrio entre N e S, condição confirmada pelo teor de S na planta (2,9 g/kg), que se encontra na faixa adequada. Para pastagens exploradas intensivamente, onde se aplica N em grandes quantidades, são recomendadas por ano doses de 30 a 90 kg/ha de S, parceladas sempre que se usar mais do que 30 kg/ha. Com base nos dados obtidos neste trabalho e em trabalho anterior também com capim-coastcross (Primavesi et al., 2004), e em dados obtidos com capim-marandu (dados não apresentados), pode-se afirmar que recomendações de adubação com S devem levar em consideração não só os teores desse elemento no solo, mas também a quantidade de N a ser aplicada e a espécie da planta forrageira a que se destina.

Tabela 1 - Teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea do capim-coastcross e relação N:S, em função de fontes e de doses de nitrogênio, por corte (média de cinco cortes).

Doses de N kg/ha/corte	N	P	S	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	N:S
	-----g/kg -----						----- mg/kg -----				
	Uréia										
0	16,5	2,8	3,4	15,8	3,7	1,8	5,5	20	61	256	4,8
25	17,4	2,9	3,3	17,6	3,5	1,8	5,8	20	54	218	5,3
50	19,6	2,9	3,5	18,8	3,6	2,1	6,5	21	39	203	5,6
100	23,4	2,6	3,3	23,1	3,5	2,4	7,9	24	50	149	7,1
200	29,0	2,5	2,9	27,0	3,8	2,5	8,9	24	58	203	10,0
Média	21,2	2,7	3,3	20,5	3,6	2,1	6,9	22	52	206	7,8
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	4,8
25	18,6	2,8	3,4	20,8	4,2	2,1	6,8	23	52	203	5,5
50	20,8	2,6	3,3	23,2	4,5	2,2	8,1	27	53	168	6,3
100	27,1	2,5	3,0	26,9	4,9	2,6	8,9	27	43	171	9,0
200	30,5	2,5	2,8	27,7	4,6	2,6	9,6	29	107	159	10,9
Média	22,7	2,6	3,2	22,9	4,4	2,2	7,8	25	63	191	7,1
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.

Os teores de K aumentaram com as doses de N e variaram de 17,6 a 27,7 g/kg. Embora os teores desse elemento estejam dentro da faixa adequada para a nutrição dessa forrageira (15,0 a 30,0 g/kg, segundo Werner et al., 1996), estão acima do nível exigido por vacas leiteiras com 400 kg de peso vivo e com produção de 7 a 20 L/dia, que é de 9 g/kg de K (NRC, 1989). Esses níveis mais elevados de K na forragem são interessantes, porque o grão de milho, um ingrediente que entra em grande quantidade na dieta das vacas, possui apenas 0,3 g/kg de K. No presente trabalho, com o aumento da produção de matéria seca nas maiores doses de N, não ocorreu diminuição no teor de K, por efeito de diluição, em razão da maior quantidade desse nutriente aplicada nos tratamentos com 100 e 200 kg/ha/corte de N.

Os teores de Ca e de Mg da forragem aumentaram nos tratamentos com doses maiores de N, embora nesses tratamentos o K tenha sido aplicado em quantidades mais elevadas (de acordo com produção de matéria seca). Os teores de Cu e de Zn também aumentaram com as doses de N.

Com a dose de 500 kg/ha/ano de N, aplicada na forma de uréia ou 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 essa remoção considerável, principalmente de N e de K (Tabela 2). Esses dados confirmam os obtidos anteriormente com o mesmo capim (Primavesi et al., 2004).

Tabela 2 - Produção de matéria seca e extração mineral pelo capim-coastcross, em função de fontes e doses de N (total de cinco cortes).

Doses de N kg/ha/ ano	PMS	N	P	S	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
	kg/ha							g/ha			
	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 kg/ha. * = 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.

Nas altas produções de forragem (tratamento com 500 kg/ha/ano de N, que é a dose normalmente utilizada em sistemas intensivos de produção), as maiores extrações foram as de K e N, seguidas pelas 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.

Essas altas taxas de extração de nutrientes não são necessariamente as mesmas que ocorrem num sistema sob pastejo, em que há reciclagem dos nutrientes. No entanto, em caso de capineiras para corte e de 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.

Ocorreu aumento na média de recuperação de N (média de cinco cortes), até a dose de 500 kg/ha/ano de N, e queda na dose de 1.000 kg/ha/ano de N, com os dois fertilizantes (Tabela 3). Essa queda é explicada pela redução da taxa de resposta em produção da planta (Corrêa et al., 2001).

As maiores taxas de recuperação de N, quando se aplicou uréia, foram de 60%; com nitrato de amônio atingiram 98% (Tabela 3). Houve variações entre os cortes, devidas à flutuação na resposta ao N, causada por fatores climáticos.

Tabela 3 - 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 kg/ha/corte	corte 1		corte 2		corte 3		corte 4		corte 5		média	
	ext.	rec.	ext.	rec.								
Uréia												
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**
Nitrato de amônio												
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**
Teste F:												
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 planta, na matéria seca, em kg/ha; 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.

Pode-se concluir que: a) recomendações de adubação com S devem levar em consideração não só os teores de S do solo, mas também a quantidade de N a ser aplicada e a espécie da planta forrageira; b) doses altas de nitrogênio (500 kg/ha/ano) 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 de K (500 kg/ha/ano), para suprir a maior extração pela forrageira, e também de S (30 a 90 kg/ha, dependendo do teor de S no solo, da quantidade de N a ser aplicada e da espécie da planta forrageira), para não causar deficiência desse nutriente; c) a recuperação de N da uréia foi em média de 41% e a do nitrato de amônio, de 60%; d) embora a recuperação do N da uréia por plantas de capim-coastcross seja menor do que a do N do nitrato de amônio, a uréia pode ser uma opção, dependendo do preço por unidade de N, geralmente menor no caso da uréia.

Referências bibliográficas

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, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001b, p. 217-8.

JONES, W. F.; WATSON, V. H. Response of hybrid bermudagrass to sulfur application. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 22, p. 505-515, 1991.

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, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 27-110.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 6.ed. Washington, National Academy Press, 1989. 157p.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: Efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.

SCOTT, N. M.; WATSON, M. E.; CALDWELL, K. S. Response of grassland to the application of sulphur at two sites in north-east Scotland. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 34, p. 357-361, 1983.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. & Furlani, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 263-73 (Boletim Técnico, 100).

Comunicado Técnico, 55

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Pecuária Sudeste
Endereço: Rod. Washington Luiz, km 234
Fone: (16) 3361-5611
Fax: (16) 3361-5754
Endereço eletrônico: sac@cnpse.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2005-): 250 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Alfredo Ribeiro de Freitas.
Secretário-Executivo: Edison Beno Pott
Membros: André Luiz Monteiro Novo, Odo Primavesi,
Maria Cristina Campanelli Brito, Sônia Borges de Alencar.

Expediente

Revisão de texto: Edison Beno Pott
Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito.