

SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

SIMFOR

SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM

ANAIIS DO SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM

EDITORES

José Antonio Obeid

Odilon Gomes Pereira

Dilermando Miranda da Fonseca

Domicio do Nascimento Júnior

14 a 16 de Novembro de 2002

Viçosa - MG - Brasil
2002

ADUBAÇÃO DE PASTAGENS - UMA ANÁLISE CRÍTICA

Reinaldo Bertola Cantarutti¹, Dilermando Miranda da Fonseca^{1,2}, Helder Quadros Santos³, Carlos Maurício Soares de Andrade³

¹ Professores Adjuntos, Departamento de Solos e Departamento de Zootecnia, UFV, respectivamente. ² Bolsista do CNPq.

³ Doutorandos do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas e Programa de Pós-graduação em Zootecnia, respectivamente.

Introdução

A exploração pecuária fundamenta-se na alimentação em pasto num ambiente onde há heterogeneidade espacial e temporal na quantidade e qualidade de forragem. A variação temporal resulta dos diferentes estádios de desenvolvimento das plantas e da variação na oferta dos recursos tróficos, entre outros, água, temperatura, luz e, sobretudo, nutrientes.

O rebanho bovino brasileiro de 160 milhões de cabeças ocupa cerca de 171 milhões de hectares, estabelecidos, predominantemente, em Latossolos e Argissolos (Podzólicos), dos quais mais de 90% são ácidos, com problemas de toxidez de alumínio e manganês, deficientes em fósforo, cálcio, magnésio, zinco e cobre (Meirelles, 1999). Deste universo, mais de 100 milhões de hectares são de pastagens cultivadas, dos quais 48 milhões estão na região de cerrado. Estima-se que mais de 60% desta área compreendem pastagens degradadas ou em degradação e necessitam de recuperação ou renovação. Além disso, novas áreas continuam sendo anualmente incorporadas ao sistema produtivo, requerendo cuidados para evitar as falhas no estabelecimento e a futura degradação.

Os índices zootécnicos, como índices de abate, natalidade e mortalidade e idade de abate, vêm experimentando melhorias desde a década de 70, no entanto, a queda na taxa de crescimento do rebanho de 5 para 1,61% entre 1970 e 1990, deve-se, em parte, à degradação das pastagens cultivadas.

As pesquisas têm mostrado que a utilização de corretivos e fertilizantes nas pastagens é fundamental para corrigir as limitações dos solos, elevando a capacidade de suporte e desacelerando o processo de degradação das pastagens. Dados da FAO mostram que os fertilizantes e calcários contribuem para ganhos de, no mínimo, 50% na produtividade, cabendo o restante aos outros fatores de produção, como sementes melhoradas, controle de pragas e doenças, práticas culturais, entre outros.

O conhecimento atual sobre adubação de pastagens no Brasil advém das pesquisas nos últimos 30 anos, sem desmerecer trabalhos pioneiros. Estes estudos se fundamentaram na avaliação da tolerância a acidez e dos requerimentos nutricionais das forrageiras, assim como na interpretação da

disponibilidade de nutrientes no solo, com base em suas características físico-químicas. Recomendações para calagem e adubação das pastagens têm sido elaboradas, apesar destas práticas ainda serem incipientes no Brasil. Assim, questiona se as recomendações de calagem e de adubação para pastagens são coerentes com o conhecimento adquirido e, da mesma forma, quais são as perspectivas para os critérios de recomendação futuros. Para tentar responder estas questões é necessária uma análise crítica do conhecimento atual, contudo, sem a pretensão de explorar toda a sua evolução.

O conhecimento atual

Durante as décadas de 70 e 80, deu-se grande ênfase à filosofia de *insumos mínimos* (*low-input technology*) nas pesquisas sobre pastagens, com marcante influência do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), que, em conjunto com instituições nacionais de pesquisa de vários países da América tropical, entre os quais o Brasil, consolidaram a Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT).

O principal enfoque desta filosofia era a seleção de germoplasma adaptados às condições ambientais (clima e solo), visando otimizar a utilização dos recursos naturais (Toledo, 1987). Fundamentava-se também no desenvolvimento de técnicas de estabelecimento de pastagens de baixo custo e baixo risco, na utilização de pastagens produtivas e sustentáveis de gramíneas e leguminosas consorciadas, com vistas à incorporação do nitrogênio atmosférico, por meio da capacidade de fixação biológica das leguminosas forrageiras e, por fim, na apropriação do manejo para otimizar a utilização e a persistência dos componentes da pastagem. Para estas estratégias, a contribuição dos bancos de germoplasmas do CIAT, com aproximadamente 19.000 acessos de leguminosas e 2.500 de gramíneas (Rao et al., 1993) e da EMBRAPA - CENARGEN foi decisiva. Diante da baixa capitalização dos produtores do setor nos países latino-americanos, esta argumentação tinha por meta a otimização dos sistemas produtivos, com o mínimo de insumos, sobretudo corretivos e fertilizantes.

Considerando as características prevalecentes nos solos tropicais sob o aspecto edáfico, a seleção de germoplasmas fundamentou-se na tolerância das forrageiras à elevada acidez e aos elevados teores de alumínio trocável assim como no baixo requerimento nutricional.

Forrageiras identificadas como tolerantes à acidez foram caracterizadas pela capacidade de produzir satisfatoriamente sob elevada saturação de alumínio e baixa saturação de cálcio no solo (Tabela 1) (CIAT, 1981), o que favorece menor demanda de calcário. Sánchez e Salinas (1981) relatam que forrageiras tolerantes à acidez respondem a doses de 0,15 a 1,0 t/ha de CaCO_3 , mesmo em solos que requerem de 4 a 6 t/há, para elevar o pH a valores próximos de 5,5 e neutralizar o alumínio trocável (Figura 1). Sob este

mesmo enfoque, Carvalho et al. (1990) verificaram aumento de apenas 18% na produção de matéria seca, devido à calagem aplicada em cobertura, em pastagem de *Brachiaria decumbens* já estabelecida. Estas respostas se devem à correção da deficiência de cálcio e, ou, magnésio, já que doses da ordem 150 kg/ha de CaCO_3 são insuficientes para afetar o pH e o alumínio trocável do solo.

Sob o impacto deste enfoque lançaram-se forrageiras como os cultivares Carimagua 1 e Planaltina de *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus* na Colômbia e Brasil, respectivamente (Seré & Ferguson, 1990) e acessos de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria humidicola* mais adaptados aos solos ácidos (Arruda et al., 1987; Carvalho et al., 1990; Soares Filho et al., 1992). Dentre as leguminosas difundiu-se o cultivo de *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical), *Centrosema pubescens*, *Calopogonium mucunoides*, *Desmodium ovalifolium*, *Arachis pintoii* e *Stylosanthes guianensis*, e as consorciações *B. decumbens* - *P. phaseoloides*, *B. decumbens* - *A. pintoii*, *B. humidicola* - *D. ovalifolium* e *A. gayanus* - *S. guianensis* (Thomas, 1995).

Sistemas mais produtivos começaram a ser demandados a partir de meados da década de 80 e intensificaram-se nos anos 90, fundamentando-se no uso de forrageiras com maior potencial produtivo e, por conseguinte, maiores requerimentos nutricionais. Espécies e cultivares de gramíneas, como *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cultivares Tobiata, Tanzânia-1 e Mombaça, *Pennisetum purpureum* (capim-elefante), híbridos do gênero *Cynodon*, entre outros, passaram a ter ampla utilização. Este contexto não se ajusta à filosofia de insumos mínimos, visto que estas forrageiras requerem maiores doses de fertilizantes para expressar seu potencial produtivo (Sollenberger & Jones, 1989; Euclides et al., 1997; Setelich et al., 1998; Alvim et al., 1999; Thiago et al., 2000).

Tabela 1 - Concentração crítica de cálcio (CcCa), saturações por alumínio (m) e por cálcio (sCa) no solo e a necessidade de calagem (NC) requerida para atingir-se 80% da produção máxima das forrageiras em um Latossolo (Carimáguas, Colômbia)

Forrageira	CcCa dag/kg	m %	sCa	NC t/ha
<i>Panicum maximum</i> - 604 ¹	0,60	72	24	1,5
<i>Pennisetum purpureum</i> - 658	0,40	29	60	2,6
<i>Brachiaria decumbens</i> - 659	0,42	74	20	1,4
<i>Brachiaria decumbens</i> - 606	0,34	77	17	1,1
<i>Hyparrhenia rufa</i> - 601	0,34	80	8	0
<i>Melinis minutiflora</i> - 608	0,32	12	86	0,40
<i>Andropogon gayanus</i> - 621	0,30	85	13	0,40
<i>Brachiaria humidicola</i> - 6013	0,20	89	9	0

Fonte: CIAT (1981)

¹ Corresponde ao número do acesso no banco de germoplasma do Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Diante desta nova ordem, o enfoque seria maximizar a eficiência de utilização dos fertilizantes, sem perder de vista a característica de tolerância à acidez das forrageiras de clima tropical, mesmo aquelas consideradas mais exigentes em fertilidade do solo. Werner et al. (1979) constaram, por exemplo, que a aplicação de 1.200 e 3.375 kg/ha de calcário dolomítico não aumentou a produção de matéria seca e de proteína bruta em *P. maximum* cv. Colômbia, ao longo de três anos em pastagem já estabelecida em solo com pH(H₂O) 4,6. Mais recentemente, na recuperação de uma pastagem em degradação, Luz et al. (1998) constataram que o capim-Tobiatã, considerado um dos cultivares mais exigentes de *P. maximum*, não respondeu a doses de calcário para elevar a saturação por bases para 40 e 80% em Latossolo Vermelho distrófico argiloso com pH(CaCl₂) 4,1, 1,2 coml_c/dm³ de Ca²⁺ + Mg²⁺, saturação por alumínio de 39 % e por base de 15%. Parece, portanto, razoável considerar que as forrageiras tropicais amplamente utilizadas no Brasil caracterizam-se por maior ou menor grau de tolerância à acidez e só respondem à calagem quando há deficiência de cálcio e, ou, magnésio no solo.

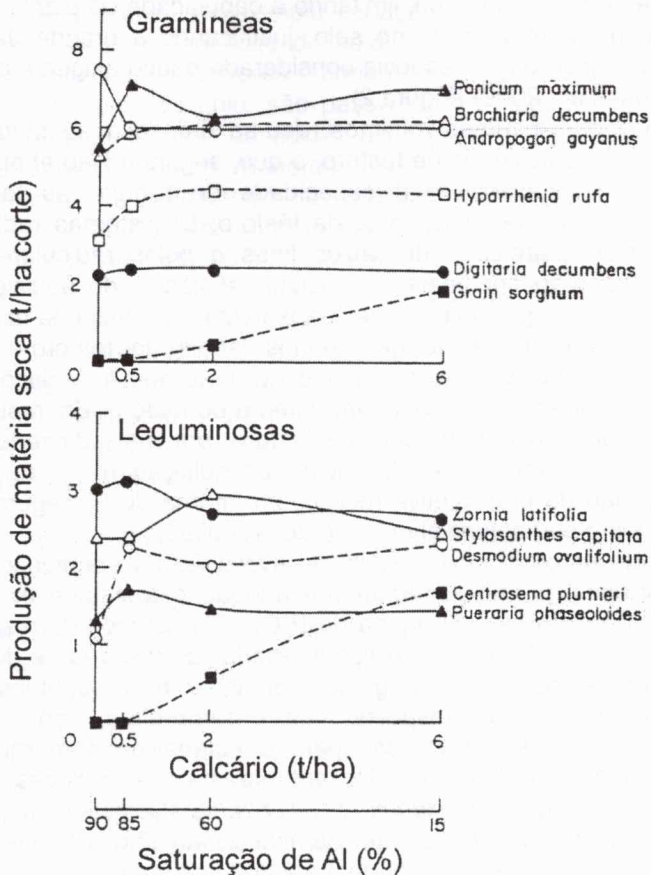


Figura 1 - Resposta de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais à calagem em um Latossolo (Colômbia) (Sánchez & Salinas, 1981).

Em termos de requerimentos nutricionais das forrageiras e adubação em pastagens o fósforo é, seguramente, o elemento mais estudado. A grande importância dada ao fósforo deve-se à pobreza generalizada dos solos tropicais e ao caráter *dreno de P* destes solos (Novais e Smyth, 1999), em virtude da elevada capacidade de adsorção e do seu reconhecido papel na fase inicial de desenvolvimento das plantas forrageiras. Neste estágio, há intensa atividade meristemática devido ao desenvolvimento do sistema radicular, perfilhamento, emissão de estolões, entre outros ao fato de o fósforo ser essencial para a divisão celular, devido ao seu papel na estrutura dos ácidos nucléicos (Whitehead, 2000). Além disso, o reduzido sistema radicular

restringe o volume de solo explorado, limitando a capacidade da planta adquirir fósforo, que é de baixa mobilidade no solo, justificando a grande demanda inicial externa de P, mesmo para espécie considerada pouco exigente como *B. decumbens* (Santos et al., 2002) (Figura 2).

Sob a ótica dos insumos mínimos, deu-se ênfase à adaptação das forrageiras à baixa disponibilidade de fósforo, o que, segundo Rao et al. (1996) e Rao (2001) está associado a a) capacidade de regular as taxas de crescimento sob condição de deficiência de fósforo; b) sistemas radiculares extensos, com maior quantidade de raízes finas e pêlos radiculares mais longos; c) maior absorção por unidade radicular (eficiência de aquisição); d) maior biomassa produzida por unidade de P absorvido (eficiência de utilização) e) capacidade de disponibilizar formas menos lábeis de fósforo ligado a compostos orgânicos e inorgânicos; f) capacidade de formar associações com micorrizas e g) maior ciclagem e reciclagem¹ interna de fósforo. Em resumo, as plantas ajustam-se ao baixo suprimento de fósforo, por meio da redução na demanda (a, d) e do aumento na eficiência de aquisição (b, c, e, f) e eficiência de utilização de uma efetiva reciclagem interna do P, seguramente, sem poder expressar o seu potencial máximo de produção.

Diante deste enfoque, nos ensaios de avaliação da adaptação edafoclimáticas das forrageiras, não se empregou adubação fosfatada e, quando realizado, foi em dose inferior a 50 kg/ha de P₂O₅. Em estudos de resposta à fertilização fosfatada, com frequência utilizaram-se faixas restritas de doses de fósforo, além de baixas doses de nitrogênio e potássio, o que contribuiu para restringir o potencial de resposta das forrageiras ao fósforo. Conseqüentemente, as doses ajustadas para o estabelecimento raramente ultrapassam de 50 a 80 kg/ha P₂O₅. No entanto, há constatações de que forrageiras tropicais como, *P. maximum* cv. Tanzânia (Corrêa et al., 1997), *Pennisetum purpureum* – capim-elefante (Saraiva & Carvalho, 1991) e mesmo *B. humidicola* (Costa et al., 1997) respondem até 200 kg/ha de P₂O₅.

Para os pastos, assim como para outras culturas têm-se empreendido esforços para caracterizar a disponibilidade de fósforo, por meio do uso de extratores químicos, o que passa pela caracterização de níveis críticos no solo.

¹A ciclagem interna foi definida por Marschner et al. (1997) como a retranslocação de nutrientes minerais no floema da parte aérea para as raízes; e, a reciclagem, como a translocação, no xilema, dos nutrientes ciclados de volta das raízes para a parte aérea. No entanto, os termos ciclagem e reciclagem também têm sido empregados para descrever os processos de remobilização de nutrientes que ocorrem em folhas senescentes devido à deficiência de nutrientes, durante os estádios reprodutivos e em plantas decíduas durante o outono (Millard, 1996).

Acumulam-se evidências de ampla variação neste nível crítico (Tabela 2), o que se deve às características do solo, da planta e da diferença entre os mecanismos ação dos extratores químicos empregados. Os extratores ácidos, como Mehlich-1 por exemplo, são passíveis de desgaste em solos argilosos (maior capacidade tampão de acidez e de fósforo) (Holford, 1997; Novais & Smyth, 1999) resultando em menores níveis críticos do que em solos arenosos. Adicionalmente há influência da metodologia experimental empregada. Fonseca et al. (1988) encontraram maiores níveis críticos em solos mais argilosos para *B. decumbens* e *Hyparrhenia rufa*, o que foi atribuído às maiores doses de P e demais nutrientes, que foram estabelecidas em função da capacidade máxima de adsorção de fosfato. Do mesmo modo níveis críticos obtidos em ensaios de casa de vegetação tendem a ser maiores do que aqueles obtidos em ensaios de campo, o que se deve, em parte, ao modo de aplicação do fertilizante e à técnica de amostragem do solo, além da maior disponibilidade dos demais nutrientes influenciar a forma da curva de resposta da forrageira ao aumento da disponibilidade de P (Fonseca et al., 1997, b; Alvarez V., 1996).

É de fundamental importância a constatação de que nível crítico de P no solo decresce exponencial com a idade das plantas, o que é notório para culturas perenes, como por exemplo eucalipto (Novais & Smyth, (1999) e forrageiras (Santos et al., 2002) (Figura 2). Na fase inicial de crescimento, aos 14 dias, Santos et al. (2002) estimaram níveis críticos de 95,1 e 75,6 mg/dm³ P para *B. decumbens* e *P. maximum*, respectivamente, os quais são elevados se comparados àqueles obtidos em condições de campo. Aos 28 dias, os valores foram, em média, 33% menores. Para rebrotações de 28 e 42 dias após corte drástico, estes foram igualmente menores. Seguindo esta tendência, projetam-se níveis críticos entre 6 e 10 mg/dm³ P para pastagens acima de dois anos, os quais são factíveis com teores freqüentemente encontrados em solos de pastagens produtivas.

Tabela 2 - Níveis críticos de fósforo no solo para gramíneas forrageiras estimados em condições de casa de vegetação e campo, por meio de diferentes extratores químicos

Forrageira	Nível Crítico mg/dm ³	Extrator	Fonte
Casa de vegetação			
<i>Andropogon gayanus</i>	5,2	Bray-2	Fenster & León (1982)
	13-81	Mehlich-1	Fonseca et al. (1997) ²
<i>Brachiaria decumbens</i>	57-161	Mehlich-1	Fonseca et al. (1988) ¹
	28-96	Mehlich-1	Fonseca et al. (1988) ¹
	32-58	Mehlich-1	Guss et al. (1990)
	12	Mehlich-1	Corrêa & Haag (1993)
<i>Brachiaria brizantha</i>	18	Resina	Corrêa & Haag (1993)
	33-54	Mehlich-1	Guss et al. (1990) ¹
	8,5-12	Mehlich-1	Corrêa & Haag (1993)
<i>Hyparrhenia rufa</i>	15-22	Resina	Corrêa & Haag (1993)
	39-193	Mehlich-1	Fonseca et al. (1988) ¹
<i>Panicum maximum</i>	12-52	Mehlich-1	Fonseca et al. (1997)
	8-14	Mehlich-1	Corrêa & Haag (1993)
	13-24	Resina	Corrêa & Haag (1993)
Campo			
<i>Andropogon gayanus</i>	5	Bray-2	Sánchez & Salinas (1981)
<i>Panicum maximum</i>	10	Bray-2	Sánchez & Salinas (1981)
	31-90,4	Mehlich-1	Fonseca et al. (1997) ²
	3,5-8	Mehlich-1	Corrêa & Haag (1993)
	6,5-16	Resina	Corrêa & Haag (1993)
<i>Brachiaria brizantha</i>	10,8	Mehlich-1	Corrêa & Haag (1993)
	21,8	Resina	Corrêa & Haag (1993)
<i>Brachiaria decumbens</i>	3-4,7	Mehlich-1	Corrêa & Haag (1993)
	5,8-10,7	Resina	Corrêa & Haag (1993)
	7	Bray-2	Sánchez & Salinas (1981)

¹ Valores estimados em solos com diferentes capacidades máximas de adsorção de fosfato.

² Valores estimados em solos com diferentes níveis de fertilidade.

Essas considerações são fundamentais para o uso criterioso dos níveis críticos pois as recomendações de adubação fosfatada para plantas forrageiras dependem do diagnóstico da disponibilidade de fósforo. Assim, para o caso dos extratores ácidos, em especial, deve-se levar em conta alguma propriedade do solo relacionada com a capacidade tampão, tais como teor de argila e valor de P-remanescente² (Novais & Smyth, 1999; Alvarez, V., 2000).

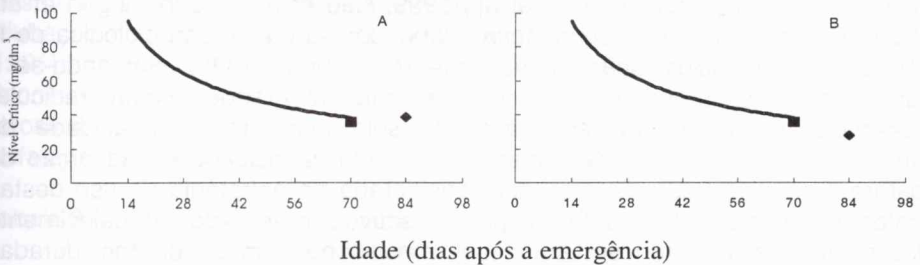


Figura 2 - Variação no nível crítico de fósforo extraído por Mehlich-1, de acordo com a idade das plantas de *B. decumbens* (A) e de *P. maximum* (B). Os pontos correspondem aos valores para rebrotações das forrageiras com 28 (■) e 42 (◆) dias após o corte. (Santos et al., 2002).

Além do ajuste das doses de P, tem-se dispensado maior atenção à determinação de métodos de aplicação que permitam maior eficiência inicial e residual dos fertilizantes fosfatados, ao uso das fontes alternativas de menor custo (fosfato de rocha pouco reativo e fosfato de rocha parcialmente acidulado) e à exploração da associação com micorriza para aumentar a eficiência de aquisição de fósforo (Sánchez & Salinas, 1981, Fenster & León; 1982; Lobato et al., 1986; Goedert & Lopes, 1987; Saif, 1987).

Apesar de ter sido amplamente pesquisado o uso dos fosfatos naturais de baixa e média reatividade ainda é polêmico. De modo geral, os resultados indicam que, para a fase de estabelecimento do pasto, eles são de menor eficiência que as fontes solúveis de fósforo, embora estas aumentem com o tempo (Fenster & León, 1982; Lobato et al., 1986). Isto é compreensível diante da grande demanda inicial das plantas por fósforo e da pequena taxa de liberação de P a curto prazo.

² O fósforo remanescente (P-rem) é a concentração de fósforo da solução de equilíbrio, após agitar, durante uma hora, 5 cm³ de TFSA com 50 mL de solução de CaCl₂ 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de fósforo (Alvarez V. et al., 2000).

Sem considerar os aspectos inerentes ao solo e fosfato natural que afetam a sua eficiência, o ambiente do pasto estabelecido reúne características que favorecem esta eficiência. Em decorrência da tolerância das forrageiras ao alumínio trocável, os solos podem ser mantidos em níveis de acidez que favorecem a solubilização dos fosfatos. Além disso, sendo o NH_4^+ a forma de nitrogênio inorgânico predominante nos solos ácidos (Sylvester-Bradley et al., 1989), a intensa absorção desta forma pelas forrageiras proporciona contínua acidificação da rizosfera (Logan et al., 1999; Rao et al., 1999b; Logan et al., 2000). Do mesmo modo, leguminosas dependentes da fixação biológica de N são efetivas na acidificação da rizosfera (Marschner, 1995). Somando-se a estes aspectos, e talvez o mais relevante, a grande malha radicular desenvolvida na camada superficial do solo aumenta a capacidade da forrageira adquirir fósforo. No entanto a elevada capacidade de adsorção de fósforo dos solos tropicais deve ser considerada na estratégia de uso destas fontes. O uso de fosfatos naturais pouco reativos na fase de estabelecimento das pastagens, aplicado em área total, mesmo que em doses consideradas elevadas, poderá comprometer a sua eficiência, pois, ao tempo que a planta demanda alta disponibilidade de fósforo, o solo competirá (solos *dreno de P*) com a planta pelo pouco fósforo liberado.

Em síntese, o conhecimento sobre fósforo sinaliza para o uso estratégico das fontes solúveis no estabelecimento, sendo, preferencialmente, aplicada de forma localizada próxima à semente ou muda. Os fosfatos naturais de baixa reatividade deverão ser empregado estrategicamente na fase de manutenção dos pastos, possivelmente por meio de aplicação superficial em área total, dependendo da relação custo/benefício.

Sob a abordagem da filosofia de insumos mínimos a demanda de nitrogênio para o estabelecimento da forrageira seria suprida essencialmente pelo solo, devido ao elevado custo do fertilizante nitrogenado e ao efeito inócuo de pequenas doses de N. Na fase de manutenção, o suprimento seria por meio do aporte do nitrogênio atmosférico via fixação biológica pelas leguminosas, o que dependeria de uma consorciação gramínea-leguminosa estável. Apesar do elevado potencial de fixação das leguminosas tropicais a estabilidade da consorciação depende de vários fatores.

O nitrogênio é, no entanto, sem dúvida, o nutriente mais requerido pelos pastos, sendo que, devido às características morfo-fisiológicas (arquitetura da planta, eficiência fotossintética etc) favoráveis as forrageiras tropicais, respondem de forma intensa e até a elevadas doses de N (Tabela 3). Cita-se, por exemplo, a resposta linear da produção de *Panicum maximum* e *Digitaria decumbens* até 448 kg/ha de N e de *Pennisetum purpureum* até 886 kg/ha (Vicente-Chandler 1974). Além de aumentar a produção primária, a adubação nitrogenada, combinada com adequada disponibilidade de água, permite maior flexibilidade no manejo desta produção, possibilitando a intensificação da produção das pastagens (Vicente-Chandler, 1974; Teitzel et

al., 1991; Jarvis et al., 1995). O N tem influência direta na qualidade do pasto, de acordo com Setelich et al. (1998a), quando estudou o efeito do nitrogênio na morfogênese do capim-elefante anão sob pastejo.

Embora estudos sobre adubação nitrogenada para forrageiras no âmbito da filosofia de insumos mínimos sejam pouco freqüentes, no entanto a demanda por estas informações cresceu com a difusão das forrageiras mais exigentes e com a implementação de sistemas mais produtivos. No entanto, mesmo para estas condições, com freqüência constata-se que não há efeito da adubação nitrogenada para o estabelecimento dos pastos. Saraiva & Carvalho (1991) não verificaram, por exemplo, efeito de doses de N sobre a produção de *Pennisetum purpureum* - capim-elefante, na fase de estabelecimento, em um Latossolo Vermelho-Amarelo muito argiloso, embora o efeito da adubação fosfatada tenha sido marcante.

Tabela 3 - Resposta de gramíneas forrageiras (kg/ha de matéria seca) de acordo com as doses de nitrogênio aplicadas (kg/ha)

Gramínea	Equação	Fonte
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Mott	$\hat{Y} = 5.872 + 20,1X$	Paciullo et al. (1998)
<i>Cynodon</i> spp. (Tifton 85)	$\hat{Y} = 8.138 + 36,8X$	Ribeiro (2000) ¹
	$\hat{Y} = 7.406 + 25,8X$	Alvim et al. (1999) ¹
<i>Hyparrhenia rufa</i> (capim-jaraguá)	$\hat{Y} = 2.798 + 38,0X$	Gomide et al. (1984) ²
	$\hat{Y} = 3.699 + 34,3X$	
	$\hat{Y} = 3.866 + 23,4X$	
<i>Panicum maximum</i> (capim-colonião)	$\hat{Y} = 2.732 + 32,1X$	Gomide et al. (1984) ²
	$\hat{Y} = 2.228 + 32,6X$	
	$\hat{Y} = 2.270 + 25,8X$	Mattos & Werner (1979)
	$\hat{Y} = 4.279 + 16,1X$	
<i>Brachiaria decumbens</i>	$\hat{Y} = 2.400 + 65X$	Lira et al. (1994) ³

¹ Considerando intervalos entre corte de 42 dias.

² Estimado a partir de 3 anos de avaliação.

³ Média de nove cortes, com adubação nitrogenada aplicada a cada corte e a adubação fosfatada (52,4 kg/ha P) a cada 3 cortes.

Deve-se considerar que o preparo do solo proporciona aumento na taxa de mineralização de N e de nitrificação, seja pela liberação do N do “compartimento” passivo para o ativo da matéria orgânica do solo, causada pela ruptura dos agregados do solo (Fisher et al., 1996), seja pelo estímulo à reciclagem do N contido nos resíduos incorporados ao solo (Myers & Robbins, 1991). Nestas condições, esta dinâmica de transformação do N é intensificada pela calagem e adubação, que seguramente são aplicadas em maiores doses. O resultado é o aumento, mesmo que temporário, na disponibilidade de N, que atende a demanda na fase de estabelecimento. Apesar do pequeno sistema radicular, a absorção do nitrogênio não seria limitada, considerando que este elemento, principalmente na forma nítrica, se movimenta até as raízes por fluxo de massa.

Ao contrário do P, a demanda de nitrogênio é maior na pastagem estabelecida, sendo, portanto, a adubação fundamental para modelar a produção e garantir a sustentabilidade do pasto, evitando a sua degradação. Segundo Monteiro (1995), adubações anuais de 50 kg/ha N são recomendadas para evitar a degradação das pastagens de *Panicum maximum*, no entanto, seriam necessários 300 kg/ha ano para incrementar a produtividade. Em sistema com forrageiras manejadas sob corte, a demanda de N é ainda maior. A produção e a persistência do capim-Tifton 85 de campos de feno, por exemplo, são comprometidas por adubações menores que 100 kg/ha/ano de N, sendo que a produtividade aumenta linearmente até 600 kg/ha/ano (Alvim et al., 1999).

A disponibilidade de N tem efeito direto sobre a disponibilidade de forragem. Setelich et al. (1998a) demonstraram que doses crescentes de nitrogênio aumentaram a densidade de perfilhos na pastagem, sustentaram maior número de folhas vivas por perfilho e reduziram a taxa de senescência das folhas maduras. A integração destes efeitos, com o aumento da taxa de alongamento das folhas, resultou na elevação linear das taxas de acúmulo de matéria seca do pasto, por perfilho ou por unidade de área. Os resultados práticos, que se constata na maioria dos ensaios de pastejo referem-se ao aumento da capacidade suporte do pasto e da produtividade da pastagem (kg/ha de carne ou leite), sem, contudo, haver em geral ganhos significativos na produção por animal. Com a adubação de 450 kg/ha de N, Lugão et al. (2001) verificaram que, durante a estação chuvosa, a capacidade de suporte de uma pastagem de *P. maximum* aumentou de 2,2 para 7,6 UA por hectare e a produção diária de carne, de 2,7 para 9,2 kg/ha de peso vivo (Figura 3).

Em pastagens exclusivas de gramíneas tropicais, não adubadas com nitrogênio, a redução progressiva na disponibilidade de N no solo é apontada nos trabalhos de Robbins et al. (1989) e Robertson et al. (1993), na Austrália, assim como os de Neill et al. (1997) e Boddey et al. (1997), no Brasil, como a principal responsável pela degradação. Este processo está associado a imobilização do N pelos microrganismos do solo empenhados na mineralização

de resíduos com altas relações C/N e lignina/N, à imobilização de N na *littera* (biomassa vegetal morta) sobre o solo, à incorporação do N em formas estáveis da matéria orgânica e, ainda, às perdas a que o N está sujeito (volatilização, denitrificação, lixiviação e erosão). Oliveira et al. (1977) e Andrade et al. (2001) constataram que o N foi o fator que, de fato, limitava a produção *B. decumbens*, *B. ruziziensis* e *P. maximum* cv. Tanzânia em pastagens degradadas em solos de cerrado, apesar de apresentarem teores de fósforo inferiores a 2 mg/dm³ (Figura 4). Os resultados, no entanto, evidenciaram a interação entre N e P no processo de recuperação da produção das forrageiras, o que se deve ao fato de a absorção de nitrogênio, principalmente na forma nítrica, e sua translocação para a parte aérea serem restritas pela baixa disponibilidade de fósforo (Rufy et al., 1990; Magalhães, 1995; Gniazdowska et al., 1999). Magalhães (1995) verificou que a omissão de fósforo em solução nutritiva, por 10 dias, reduziu em cerca de 50% a absorção de amônio por plantas de milho, ao passo que a absorção de nitrato, já aos dois dias de omissão de fósforo, sofreu redução de 63%.

Diante da dinâmica de suas transformações no solo e dos fluxos no sistema solo-planta-animal, os estudos sobre a reciclagem do nitrogênio, além de pioneiros neste sentido, têm sido freqüentes.

Em comparação ao fósforo e ao nitrogênio há menor quantidade de estudos sobre o potássio, relativos ao requerimento nutricional das forrageiras e à resposta de pastos à adubação potássica. Em parte, isto se deve a incerteza de resposta á adubação, visto que se constata falta de resposta em solos com baixos teores de K trocável e resposta em solos com altos teores (Castro & Menegheli, 1989; Rosolem, 2001). A falta ou pequena resposta, mesmo em solos com baixo potássio trocável, é atribuída à capacidade de algumas plantas disponibilizarem formas de K não trocável (Nachtigall & Vahl, 1991; Melo, 1998). Ayarza (1998) constatou o mesmo, trabalhando com pastagens de *B. humidicola*.

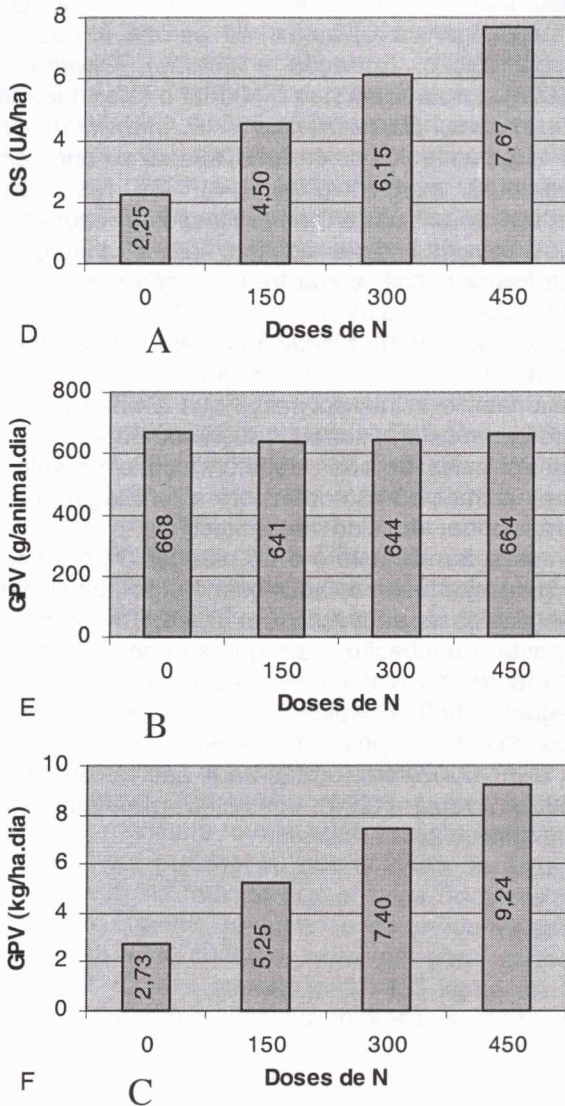


Figura 3 - Capacidade de suporte (A), ganho diário de peso vivo por animal (B) e por área (C) em pastagem de *Panicum maximum* cv. IPR 86 no Paraná, adubadas com doses crescentes de nitrogênio, no período de outubro a maio (Lugão et al., 2001).

Apesar da incerteza na resposta à adubação potássica (Raij & Quaggio, 1984; Andrade et al., 1996), esta não pode ser negligenciada, especialmente em pastagens manejadas intensivamente ou sob regime de corte, como as capineiras e os campos de feno, devido às grandes quantidades que são removidas (Vicente-Chandler 1974; Gloria, 1986; Andrade et al., 2000). Extrações de 360 a 400 kg/ha de potássio foram relatadas em pastagens de *P. purpureum*, *P. maximum* e *D. decumbens* produzindo entre 23 e 27 t/ha de matéria seca (Vicente-Chandler, 1974; Gloria 1986). Dado ao amplo sistema radicular e ao consumo de luxo, as gramíneas forrageiras têm grande capacidade de absorção e recuperação do potássio aplicado. Vicente-Chandler (1974) relatou recuperação média de 65 a 77% do potássio aplicado (428 kg/ha de K) por *P. purpureum*, *P. maximum* e *D. decumbens*. Ayarza (1998) verificou recuperação de 75% do potássio aplicado (300 kg/há) por *B. humidicola* e *Desmodium ovalifolium* consorciados e manejados sob corte.

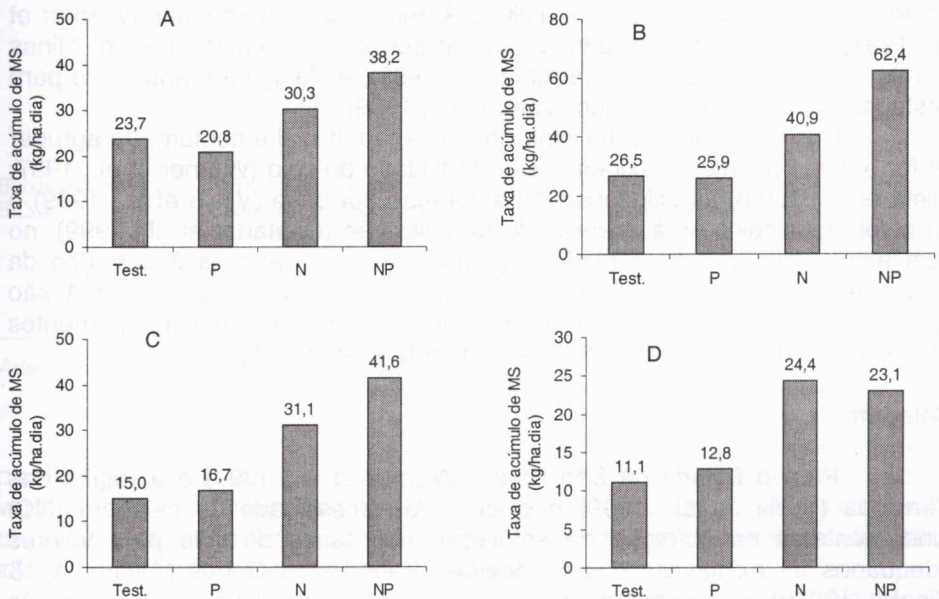


Figura 4 - Resposta de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* (A e B), *B. ruziziensis* (C) e do *Panicum maximum* cv. Tanzânia em sistema silvipastoril (D), na região dos Cerrados, à adubação em cobertura com N e P (Oliveira et al., 1997; Andrade et al., 2001).

Essa elevada capacidade de recuperação de potássio também é relevante em pastos sob pastejo, visto que o animal tem grande importância na dinâmica do nutriente, o que é atribuído às grandes quantidades ingeridas e excretadas. Williams et al. (1990) verificaram que, em sistemas pastejados por vacas leiteiras durante 30 anos na Nova Zelândia, o animal foi direta e indiretamente responsável por 74 a 92% das perdas do potássio aplicado. As perdas diretas por produto animal são pequenas (0,12 a 0,18 kg/100 kg de produto animal) porém aquelas associadas à transferência e concentração do potássio para áreas específicas das pastagens (sobras, aguadas, malhadores) são expressivas.

Recomendações para correção da acidez e adubação

As orientações para recomendação de corretivos e adubação têm caráter regional, sendo organizadas em publicações, destacando-se pelo grau de elaboração: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo – Boletim Técnico 100 do Instituto Agrônomo de Campinas (Werner et al., 1997); Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação (Cantarutti et al., 1999); e Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado (Vilela et al., 1999).

Nos três manuais, há uma preocupação, inicial e comum, de agrupar as forrageiras quanto às exigências de fertilidade do solo (Werner et al., 1997; Vilela et al., 1999), às exigências de saturação por base (Vilela et al., 1999) e ao nível tecnológico ou à intensidade de utilização (Cantarutti, et al., 1999), no qual esta implícito a capacidade responsivas das forrageiras à correção da acidez e à adubação, além dos dois critérios anteriores. Na Tabela 4 são apresentadas as forrageiras com características comuns aos agrupamentos propostos por Werner et al., (1997) e Cantarutti et al., (1999).

Calagem

Para o Estado de São Paulo (Werner et al., 1997) e a região dos Cerrados (Vilela, et al., 1999) o cálculo da necessidade de calagem (NC) fundamenta-se na correção da saturação por bases do solo para valores adequados às exigências das forrageiras. Para Minas Gerais (Alvarez V. & Ribeiro, 1999b), recomenda-se o cálculo pelo critério da elevação da saturação por bases, ou pelo critério da neutralização do alumínio trocável, levando-se em conta a saturação por alumínio crítica para o grupo de forrageiras e a elevação dos teores de cálcio mais magnésio trocáveis a valores críticos específicos desses grupos.

Tabela 4 - Agrupamento de gramíneas e leguminosas quanto a características comuns por adaptação a sistemas de exploração de diferentes níveis tecnológicos e pelas exigências em fertilidade do solo

Nível tecnológico ¹ / Exigência nutricional ²	Gramínea	Leguminosa
Alto ou intensivo / Alta	<i>Pennisetum purpureum</i> (elefante; Napier; Cameron; anão ou Mott); <i>Cynodon</i> sp. (coast cross; Tifotns); <i>Panicum maximum</i> (colônião; tobiatã; tanzânia; mombaça); <i>Brachiaria brizantha</i> (braquiarião; maradu).	<i>Leucaena leucocephala</i> (leucena); <i>Medicago sativa</i> (alfafa); <i>Neonotonia wightii</i> (soja perene)
Médio / Média	<i>Panicum maximum</i> (colônião; tobiatã; tanzânia; mombaça; aruana; centenário); <i>Brachiaria brizantha</i> (braquiarião; maradu); <i>Brachiaria decumbens</i> ; <i>Andropogon gayanus</i> ; <i>Hyparrhenia rufa</i> (jaraguá); <i>Setaria spacelata</i> .	<i>Leucaena leucocephala</i> (leucena); <i>Neonotonia wightii</i> (soja perene); <i>Centrosema pubescens</i> ; <i>Macroptilium atropurpureum</i> (siratro); <i>Arachis pinto</i> (amendoim forrageiro); <i>Cajanus cajan</i> (guandu); <i>Calopogonio mucunoides</i> ; <i>Stylosanthes</i> sp. (mineirão; Bandeirantes)
Baixo ou extensivo / Baixa	<i>Brachiaria decumbens</i> ; <i>Brachiaria humidicola</i> ; <i>Brachiaria dictyoneura</i> ; <i>Andropogon gayanus</i> (Planaltina); <i>Melinis minutiflora</i> (gordura); <i>Paspalum notatum</i> (grama batatais, Pensacola)	<i>Desmodium ovalifolium</i> ; <i>Arachis pinto</i> (amendoim forrageiro); <i>Stylosanthes</i> sp. (mineirão); <i>Pueraria phaseoloides</i> (kudzu); <i>Calopogonio mucunoides</i> ; <i>Galactia striata</i> .

Adaptado de acordo com ¹ Cantarutti et al. (1999) e ² Werner et al. (1997)

Para o Estado de São Paulo, Werner et al. (1997) recomendam para o plantio correções da saturação por bases para valores entre 40 e 80%, variando entre as forrageiras mais a menos tolerantes a acidez. De modo geral, os valores recomendados para a manutenção dos pastos estabelecidos são inferiores aos 10% sugeridos para a formação.

Para a formação de pastagens na região do Cerrado, Vilela et al. (1999) recomendam elevar a saturação por bases do solo para 30 a 35%, no caso de espécies pouco exigentes em fertilidade; 40 a 45%, para espécies exigentes e 50 a 60% para espécies muito exigentes. Com relação à manutenção recomendam calagem para corrigir a acidez resultante da aplicação contínua de fertilizantes nitrogenados e para repor cálcio e magnésio, sendo que essa deve ser feita quando a saturação por bases reduzir para 20 a

25% em pastagens com forrageiras pouco exigentes e 30 a 35% para as exigentes e muito exigentes.

De acordo com as recomendações para uso de corretivos em Minas Gerais (Alvarez V. & Ribeiro, 1999b), na formação dos pastos sugerem-se valores de saturação por bases entre 40 e 50% para as gramíneas e entre 40 e 60% para as leguminosas, variando conforme a tolerância à acidez. Por meio do critério da neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores do $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, sugerem-se valores máximos de saturação por alumínio entre 20 e 30% e entre 15 e 25% para gramíneas e leguminosas, respectivamente. Os teores críticos de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ variam de 1 a 2 $cmol/dm^3$ para as gramíneas e de 1 a 2,5 $cmol/dm^3$ para as leguminosas. Com relação à calagem para manutenção, as recomendações são as mesmas, devendo apenas corrigir a necessidade de calagem para a profundidade de 0 a 5 cm, considerando que haverá uma incorporação natural nesta camada.

Considerando que, de acordo as exposições anteriores, as principais forrageiras utilizadas no país apresentam considerável tolerância à acidez, fica evidente que as recomendações de calagem para o estabelecimento de pastos no Brasil podem estar sendo superestimadas. No entanto, estas recomendações podem ser adequadas para sistemas de produção intensivos, onde o calcário pode representar um investimento de retorno a médio e longo prazo, desde que as doses não proporcionem elevação excessiva do pH, o que geraria desequilíbrios nutricionais. Em pastos estabelecidos, visto que a resposta à calagem só ocorre quando há deficiência de Ca e, ou, de Mg, a recomendação de corretivo para a manutenção poderia ser fundamentada no monitoramento dos teores destes nutrientes no solo, em vez da saturação por bases ou por alumínio.

Adubação

As três publicações em questão apresentam orientações, com diferente grau de detalhamento, para adubação na fase de formação ou estabelecimento e a manutenção além de estabelecer recomendações específicas para forrageiras manejadas sob corte (feno ou silagem).

As orientações para adubação fosfatada são apresentadas com maior detalhamento, o que é natural diante da importância deste nutriente para a produção dos pastos em solos tropicais e, também, como consequência do maior acúmulo de conhecimento. As recomendações estão sistematizadas de acordo com a exigência nutricional das forrageiras (Werner et al., 1997; Vilela et al., 1999) e o nível tecnológico do sistema de produção (Cantarutti et al., 1999), levando-se em consideração a interpretação da disponibilidade de P extraído por resina de troca aniônica (Werner et al., 1997; Vilela et al., 1999) ou

pelo extrator Mehlich-1 (Cantarutti et al., 1999³; Vilela et al., 1999).

Werner et al. (1997) indicam 15 mg/dm³ como o nível crítico de P em resina, independentemente do grau de exigência nutricional das forrageiras. Vilela et al., no entanto, apontam para este mesmo extrator valores entre 8 e 11 mg/dm³ como os níveis críticos para as forrageiras pouco e mais exigentes, respectivamente. Na interpretação da disponibilidade do P extraído por Mehlich-1, levam-se em consideração o teor de argila (Cantarutti et al., 1999, 1999; Vilela et al., 1999) e o valor de P remanescente (Prem), que varia entre 0 e 60 mg/L e inversamente com o teor de argila (Cantarutti et al., 1999). Segundo o extrator Mehlich-1, para forrageiras menos exigentes (Vilela et al., 1999), indicam-se níveis crítico entre 3 (> 60% de argila) e 9 mg/dm³ (<15% de argila). Para forrageiras mais exigentes, os respectivos níveis críticos são 4 e 15 mg/dm³. Nas recomendações de Minas Gerais (Cantarutti et al., 1999) para a interpretação da disponibilidade do P, empregam-se níveis críticos entre 6 (> 60% de argila ou < 4 mg/L de Prem) e 30 mg/dm³ (<15% de argila ou > 44 mg/L de Prem).

As variações entre os níveis críticos e entre os critérios de interpretação são naturais, considerando-se que os extratores têm características de ação diferentes. As diferenças entre os níveis críticos apontadas para um mesmo extrator, embora pequenas, retratam as incertezas deste critério diante dos fatores experimentais que interferem em sua determinação. Ressalta-se, no entanto, que a magnitude destes níveis críticos é significativamente inferior à dos níveis obtidos experimentalmente para a fase de estabelecimento, conforme indicado no tópico anterior. Estes valores são mais coerentes com os níveis críticos para pastos já estabelecidos.

De acordo com as peculiaridades de cada critério de interpretação, as doses de P recomendadas (kg/ha de P₂O₅) para o estabelecimento variam entre 20 e 150 de acordo com Werner et al. (1997); 20 e 180 segundo Vilela et al. (1999); e 15 e 120, de acordo com Cantarutti (1999). Para manutenção dos pastos, as recomendações de São Paulo variam entre 20 e 50 kg/ha de P₂O₅ e para Minas Gerais entre 15 e 60 kg/ha, no entanto, para a região de Cerrado Vilela et al. (1999), recomendam uma dose única de 20 kg/ha a cada dois anos, independentemente de qualquer critério de interpretação. Considerando fragilidades inerentes ao critério de interpretação da disponibilidade de P, mesmo à luz do conhecimento atual, observa-se que as amplitudes das recomendações são relativamente uniformes, concluindo que há um consenso nacional. Sem entrar no mérito da magnitude, as diferenças entre as doses

³ Apesar da citação destes autores, está implícito que os critérios de interpretação são indicados por Lopes & Alvarez V., 1999a, no capítulo 4 das Recomendações para uso de corretivos e adubação em Minas Gerais- 5ª Aproximação.

para estabelecimento e manutenção são coerentes com os resultados experimentais, que ressaltam a queda no requerimento externo de P com a idade da pastagem.

Destaca-se que nos três manuais há orientações para não aplicar adubação fosfatada, quando os teores de P são tidos como bons ou satisfatórios, sendo que, de acordo com as recomendações de Minas Gerais esta orientação, não se aplica a pastos em sistemas de alto nível tecnológico. Para o extrator Resina, Werner et al. (1997) considera como satisfatórios teores maiores que 40 mg/dm^3 , enquanto Vilela et al. (1996) consideram acima do nível crítico valores entre 8 e 11 mg/dm^3 , dependendo da exigência nutricional da forrageira. Para o extrator Mellich-1 em Minas Gerais, os teores são considerados bons, quando estão acima de 9 ou 45 mg/dm^3 e para a região de Cerrado, acima de 3 ou 15 mg/dm^3 , ressaltando que os menores valores são para solos argilosos e os maiores para solos arenosos. Embora tal orientação pareça coerente, pelo menos para forrageiras menos exigentes em sistemas extensivos de produção, esta merece alguma revisão, considerando a intensa interação dos solos tropicais com o fósforo. É provável que, mesmo sob condições tidas como disponibilidade satisfatória, a adição externa de P seja adequada para assegurar a sustentabilidade da produtividade das pastagens.

Em nenhum dos manuais há orientação sob a forma de aplicação das doses de adubo fosfatado. Mediante dos baixos níveis críticos, implícitos na interpretação da disponibilidade e das doses de P recomendadas, seria prudente indicar o uso de fontes solúveis e aplicadas de forma localizada, sulco ou cova, de forma que propiciasse a disponibilidade necessária para assegurar o crescimento inicial da forrageira e o adequado estabelecimento do pasto.

Constata-se ainda que apenas nas orientações para Minas Gerais e para região de Cerrado faz-se alusão, embora de forma contraditória, a orientações para a utilização de fosfatos naturais pouco reativos. Vilela et al. (1999), embora não sejam claros quanto ao critério de recomendação, indicam que fosfatos pouco reativos na fase de implantação têm eficiência relativa de 50% em relação a fontes solúveis. Apesar de não haver indicação de doses, orienta-se que estes fosfatos sejam sempre aplicados a lanço e incorporados ao solo. Cantarutti et al. (1999) orientam para a aplicação a 250 a 500 kg/ha de fosfato natural pouco reativo, a lanço incorporado nos primeiros 15 cm, para o estabelecimento de forrageiras pouco exigentes na implantação de sistemas de produção de baixo nível tecnológico. Ressaltam, no entanto, que a aplicação das doses recomendadas como fontes solúveis não deve ser eliminada. Detalham, ainda, que esta recomendação é para solos de textura arenosa ou média, sugerindo para solos argilosos a aplicação destes fosfatos em sulcos espaçados de 30 a 50 cm. No entanto, estes autores indicam que 300 a 600 kg/ha de fosfatos pouco reativos podem ser aplicados a lanço em cobertura para atender a demanda de P em sistemas de baixo a médio nível tecnológico, sendo as menores doses recomendáveis para solos com média disponibilidade

de P e para solos arenosos, enquanto as maiores doses são aplicáveis a solos baixa disponibilidade de P e solos argilosos. Apesar de intensamente estudado, este tema ainda gera intensas controvérsias, no entanto, as orientações segundo o manual para Minas Gerais, além de melhor definidas, parecem mais coerentes com o conhecimento atual.

A exemplo de outras culturas, as recomendações de adubação nitrogenada não são fundamentadas em critérios de diagnóstico da disponibilidade do N, o que se deve à dinâmica das transformações a que este nutriente está sujeito no solo e, por conseguinte, à dificuldade de encontrar um método operacional capaz de prevêê-las.

Para a região de Cerrado, Vilela et al. (1999) não recomendam adubação nitrogenada em áreas recém desmatadas, que sejam adequadamente calcarizadas, assumindo que a mineralização da matéria orgânica supra de 60 a 80 kg/ha de N, os quais atendem a demanda na fase inicial do estabelecimento. Em solos com menos de 16 g/kg de matéria orgânica, recomendam a aplicação de 40 a 50 kg/ha de N, preferencialmente na forma de sulfato de amônio, aplicado em cobertura, quando as plantas cobrirem 75% do solo. Quanto à manutenção, há orientação explícita apenas para sistemas de produção extensivos, para os quais se indica a aplicação de 40 kg/há ano de N.

De acordo com as recomendações para Minas Gerais, Cantarutti et al. (1999) não indicam adubação nitrogenada para o estabelecimento de pastos que atenderam sistemas de produção de baixo nível tecnológico, assumindo-se que a demanda necessária poderá ser atendida pela mineralização da matéria orgânica do solo, que se intensifica pelo preparo do solo, pela calagem e adubação fosfatada. Para pastos que serão manejados sob sistemas de médio nível tecnológico, recomendam-se 50 kg/ha de N, enquanto para os de alto nível tecnológico esta dose deve ser de 100 a 150 kg/há, parcelada em doses que não ultrapasse 50 kg de N. A adubação deverá ser feita em cobertura, iniciando-se quando o pasto tenha coberto de 60 a 70% do solo. Recomenda-se ainda o uso preferencial de sulfato de amônio. Para a manutenção, estes autores ressaltam a importância da adubação nitrogenada para a sustentabilidade das pastagens, desde que seja assegurada a disponibilidade de P. As doses recomendadas são de acordo com o sistema de produção, sendo de 100 a 150 kg/ha para os sistemas de média intensidade e 200 a 300 kg/ha para aqueles intensivos, incluindo-se os sistemas de pastejo rotativo com alto nível tecnológico. Estas doses devem ser aplicadas em parcelas de 50 kg. Para sistemas extensivos, sugere-se o uso estratégico de 50 kg/ha ano aplicado no início da estação chuvosa.

De acordo com Werner et al. (1997) para o Estado de São Paulo recomendam-se 40 kg/ha de N para o estabelecimento de qualquer gramínea forrageira, aplicados 30 a 40 dias após a germinação da semente, devendo antecipar a aplicação, quando as plantas apresentarem sintomas de deficiência

de N. Para pastos estabelecidos, as doses de manutenção são de 40 a 80 kg/há, de acordo com o grau de exigência nutricional da forrageira. Recomenda-se que a adubação seja feita ao fim da estação chuvosa, com o propósito de estender o período de produção. Para sistemas intensivos indica-se a aplicação de 50 kg/ha após cada período de pastejo, durante o período chuvoso, se houver necessidade de aumentar a produção de forragem.

Apesar da importância da adubação nitrogenada como modulador da produção das gramíneas tropicais, as recomendações de N são genéricas, principalmente para sistemas de produção intensivos que demandam forrageiras com maior potencial de produção e, conseqüentemente, maior demanda nutricional e maior capacidade de resposta a nitrogênio e outros insumos. Parece ser fundamental, principalmente para estes sistemas, condicionar as doses de N à adubação com os demais nutrientes, sobretudo o P, e com disponibilidade de água, seja natural ou por meio de irrigação.

De modo geral a interpretação da disponibilidade de potássio no solo tem menor grau de refinamento que o fósforo. Nas recomendações para a região de Cerrado, Vilela et al. (1999) considera 50 mg/dm^3 como o nível crítico de potássio, utilizando-se o extrator Mehlich-1, sendo que solos com teores inferiores a 25 e superiores a 50 mg/dm^3 de K são considerados deficientes e adequados, respectivamente. Nas recomendações para Minas Gerais, a interpretação da disponibilidade de K também utiliza o extrator Mehlich-1, tendo-se como nível crítico 70 mg/dm^3 . Solos com boa disponibilidade de K apresentam teores superiores a este valor, sendo que aqueles cujos teores são inferiores a 15 mg/dm^3 são considerados deficientes. Para o Estado de São Paulo São Paulo (Werner et al., 1997), a disponibilidade de potássio é avaliada por resina de troca catiônica, tendo-se como nível crítico 3 mmol/dm^3 (equivalente a 117 mg/dm^3). Consideram-se solos com alta disponibilidade aqueles com teores superiores a este valor e deficientes, aqueles com teores inferiores a $0,7 \text{ mmol/dm}^3$ (27 mg/dm^3). Para os solos tropicais com maior grau de intemperismo, o K extraído, tanto por Mehlich-1, como pela resina catiônica, guarda estreita relação com o potássio trocável, portanto, as diferenças entre os níveis críticos podem ser atribuídas a questões metodológicas no procedimento de obtenção destes índices.

Vilela et al. (1999) para a região de Cerrado, recomenda, de acordo com a disponibilidade de K, doses entre 20 e 40 kg/ha de K_2O para o estabelecimento de gramíneas exclusivas e doses entre 20 e 60 kg/ha para consorciação gramínea-leguminosa. Recomenda-se aplicação em cobertura 30 a 40 dias após a semeadura. Segundo estes autores para pastos estabelecidos a dose manutenção é de 50 kg/ha, quando os teores no solo forem inferiores a 30 mg/dm^3 .

Nas orientações para Minas Gerais, Cantarutti et al. (1999) recomendam, em conformidade com a disponibilidade de K no solo e com o nível tecnológico do sistema, doses entre 20 e 60 kg/ha K_2O para o

estabelecimento do pasto, indicando que seja aplicado em cobertura quando a forrageira cobrir de 60 a 70% do solo. Ressalta-se que a adubação potássica é imprescindível no estabelecimento de pastagens consorciadas. Para manutenção dos pastos, de acordo com a disponibilidade e o nível tecnológico, recomendam-se entre 40 e 200 kg/ha de K_2O , sendo as maiores doses para sistemas mais intensivos, devendo ser parceladas em doses não superiores a 40 kg por aplicação.

De acordo com Werner et al. (1997) as doses variam entre 20 e 80 kg/ha de K_2O , de acordo com a disponibilidade do nutriente no solo e a exigência nutricional da forrageira. No caso específico do plantio de alfafa para exploração intensiva as doses variam entre 60 e 160 kg/ha de K_2O , conforme a análise do solo. No plantio de gramíneas consorciadas com leguminosa, a orientação é de aplicação de toda a dose de K no sulco de plantio da leguminosa. Para a manutenção de acordo com os mesmos critérios citados anteriormente, as doses variam entre 20 e 60 kg/ha de K_2O .

Aparentemente, as recomendações de adubação potássica têm menor grau de refinamento, o que se deve, em parte, ao menor número de estudos envolvendo este nutriente. As doses recomendadas para o estabelecimento não apresentam grande discrepância. As elevadas doses recomendadas para sistemas de manejo intensivo, segundo as orientações de Minas Gerais, são coerentes com a elevada remoção deste nutriente nestes sistemas, o que resulta do intenso consumo de forragem e dos elevados teores de K no tecido vegetal das gramíneas. Em todas as orientações, é evidente a preocupação com a aplicação em cobertura e o parcelamento de doses mais elevadas, o que é racional para reduzir as perdas por lixiviação, dada a baixa CTC dos solos tropicais. Ressalta-se ainda a preocupação no favorecimento do suprimento de K para as leguminosas, o que é coerente com sua menor capacidade em competir por este nutriente com as gramíneas.

Na Tabela 5 são apresentadas estimativas das quantidades de N, P (expresso como P_2O_5) e K (expresso como K_2O), acumuladas na biomassa de *P. purpureum* – capim-elefante, *P. maximum* e *B. decumbens*, que é adequada para o início do pastejo. Comparando-as com as doses citadas como recomendadas anteriormente, observa-se que, em termos gerais, as adubações estão muito aquém da demanda inicial. As discrepâncias são ainda mais acentuadas, ao se considerar que as taxas de recuperação de do N, P e K aplicados por meio dos fertilizantes são da ordem de 50, 25 e 70%, respectivamente.

Simulação semelhante pode ser feita para um diagnóstico global das doses recomendadas para a manutenção. Estima-se que um animal, para elevar o seu peso de 150 a 450 kg, com ganho diário de 0,5 kg de peso vivo durante 600, dias demandaria 4,46 t de matéria seca de forragem (Blaser, 1990). Assumindo-se que os teores de N, P e K na forragem sejam de 15, 2 e 12 g/kg de matéria seca, respectivamente, estima-se que seriam consumidos

67, 9 e 54 kg destes nutrientes. Ao atingir 450 kg de peso vivo, a concentração corporal de N, P e K é de 14, 5 e 0,9 g/kg de peso vivo, respectivamente (Fontes1995). A partir deste índices estima-se que a produção de 675 kg de peso vivo (aproximadamente 1,5 U.A/ha), que é factível para estas pastagens, acumularia 22 kg de N, 16 kg de P_2O_5 e 2 kg de K_2O . Assumindo-se estas quantidades como aquelas efetivamente exportadas, as doses de N, P e K preconizadas, de modo geral, para a manutenção destas pastagens (Tabela 6), reporiam plenamente o K e o N, embora a reposição do P fosse mais restrita.

Tabela 5 - Quantidade de nitrogênio, fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) acumulado na forragem considerada adequada para início do pastejo de três forrageiras tropicais com diferente potencial de produção

Nutriente	<i>P. purpureum</i> ¹	<i>P. maximum</i> ²	<i>B. decumbens</i> ³
		kg/ha	
N ⁵	750	228	180
P_2O_5	172	60	32
K_2O	1.125	642	234

Considerando as produções de matéria seca de ¹50 t/ha de (Silva et al., 1996), ²20 t/ha (Silva, 1996) e ³15 t/ha (Werner et. al., 1997)

Tabela 6 - Faixa das doses¹ de N, P_2O_5 e K_2O recomendadas para adubação de manutenção de três pastos com forrageiras de diferente potencial produtivo

Nutriente	<i>P. purpureum</i>	<i>P. maximum</i>	<i>B. decumbens</i>
		kg/ha	
N	100 a 150	40 a 50	40 a 50
P_2O_5	40 a 50	30 a 50	20 a 50
K_2O	40 a 380	30 a 100	20 a 40

¹ Considerando a disponibilidade de P e K no solo baixa para *B. decumbens* e média para *P. maximum* e *P. purpureum*, de acordo com Werner et al., (1997) e Cantarutti et. al., (1999).

Apesar do caráter expedito, estas simulações sugerem que as doses recomendadas podem não atender a demanda de N, P e K para o estabelecimento do pasto, o que é relevante, visto que do sucesso desta fase depende a sustentabilidade da pastagem. Aparentemente, as doses de manutenção são mais suficientes para assegurar a sustentabilidade da produção, no entanto, a eficiência destas adubações dependerá de um manejo da pastagem que favoreça a reciclagem dos nutrientes, principalmente quanto a fósforo e nitrogênio.

Perspectiva para as recomendações de adubação

A sistematização das recomendações para adubação na forma de tabelas, reunidas em manuais como aqueles analisados no segmento anterior, representou um grande avanço em termos de padronização dos procedimentos. Embora estas tabelas sejam fundamentadas em resultados experimentais, sua elaboração conta com algum subjetivismo. Nem sempre há um vínculo claro entre doses e produtividade além do que, suas atualizações não acompanham o dinamismo das pesquisas. À luz do conhecimento atual e apoiado pelos recursos da informática, a recomendação por meio dos balanços nutricionais com vistas a produtividades específicas, desponta-se como um salto que possibilitará recomendações mais precisa.

A maioria dos modelos para recomendação de adubação e avaliação da sustentabilidade de pastagens fundamenta-se no balanço nutricional do sistema solo-planta-animal (Figura 5). Isso implica em quantificar os compartimentos de nutrientes (*pools*), os fluxos entre estes, sobretudo a reciclagem dos nutrientes, e os processos de ganhos e perdas (Conrnforth e Sinclair, 1982; Campkin, 1985; Williams et al., 1990; Thomas, 1992; Williams e Haynes, 1992; Oyanarte et al., 1997; Boddey et al., 2000). Este balanço geralmente é negativo pois as perdas, incluindo a exprotação por meio dos produtos animais, superam o suprimento de nutrientes ao sistema.

Dessa forma, as doses de fertilizantes são estabelecidas visando manter a disponibilidade de nutrientes e a produção anual de forragem (Conrnforth e Sinclair, 1982; Campkin, 1985; Oyanarte et al., 1997). Nos modelos existentes, a capacidade de suprimento do solo e as interações entre o solo e os nutrientes supridos pelos fertilizantes não estão bem estabelecidas. Novais e Smyth (1999) apresentaram para fósforo funções que relacionam características do solo, como o valor de fósforo remanescente, com a disponibilidade e a eficiência de recuperação pelas plantas. Funções semelhantes podem ser desenvolvidas para os demais nutrientes, refinando a da modelagem e, conseqüentemente, recomendação de adubação.

O ecossistema pastagem é complexo, em função dos múltiplos *pools* de nutrientes e das intrincadas inter-relações entre estes e, também, destes com o meio ambiente (Taiton et al., 1996; Sollenberger et al., 2002). Tal

complexidade não permite que modelos para recomendação de adubação de pastagem sejam excessivamente simplificados. Paradoxalmente, modelos excessivamente complexos são de difícil utilização prática. Por isso, em uma clara simplificação do problema, em alguns modelos mais empíricos, utilizam-se “estimadores universais” para os principais parâmetros e variáveis (Conrnforth e Sinclair, 1982; Campkin, 1985; Thomas, 1992), ou estimadores obtidos de situações específicas (Williams e Haynes, 1992; Oyanarte et al., 1997; Boddey et al., 2000). No primeiro caso pode-se ter excessiva generalização, o que distancia o modelo do paradigma da agricultura *site-specific*, pois tende a se aproximar das recomendações genéricas dos boletins de extensão. No segundo caso, obtêm-se recomendações que tendem ser mais exatas, porém, para a situação em que o modelo foi construído, e o que restringe a sua universalidade. No entanto, em ambos os casos, o modelo permite uma visão holística do fluxo dos nutrientes na pastagem e aumenta a capacidade de interpretação da fertilidade do solo.

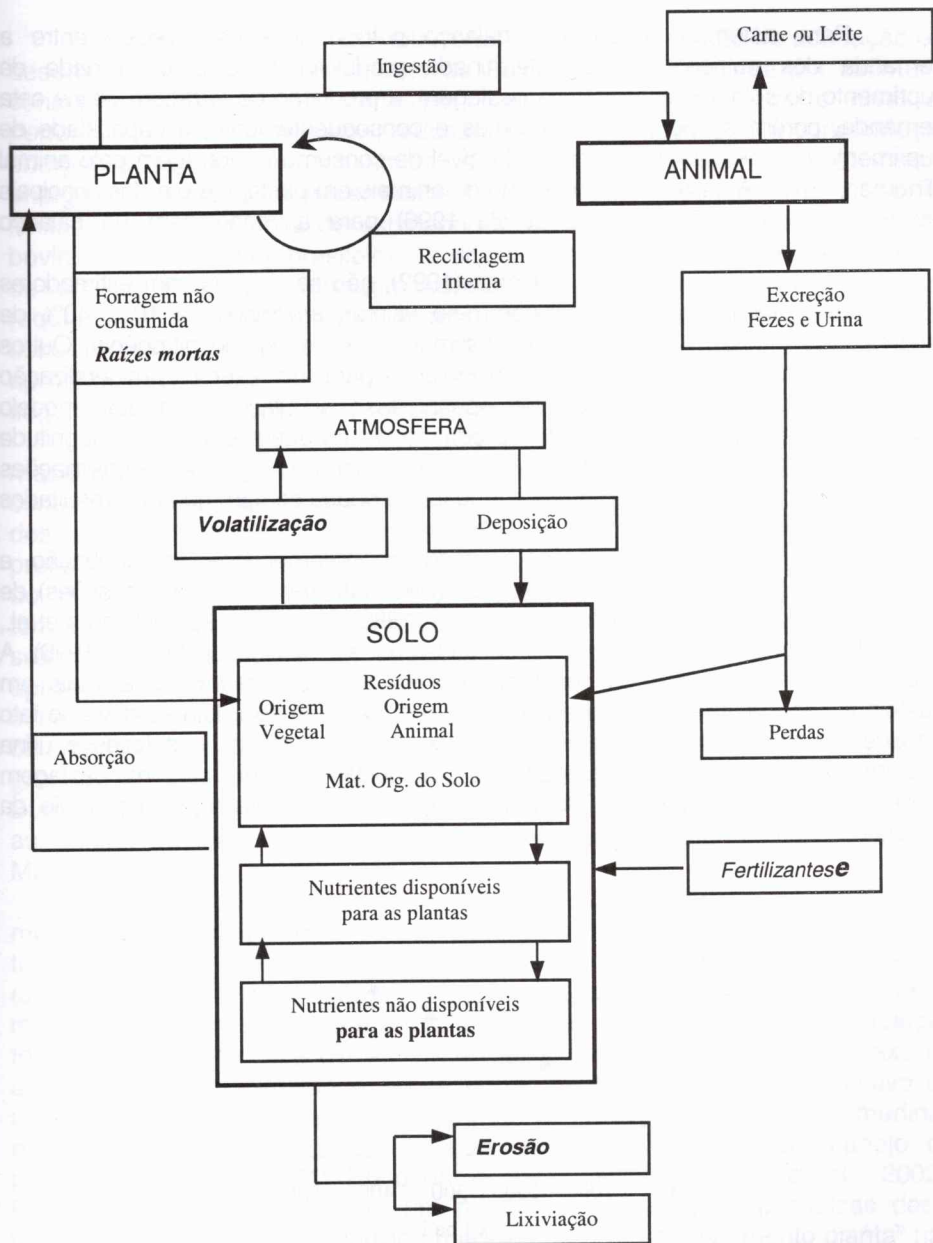


Figura 5 - Compartimentalização e inter-relações e fluxos de nutrientes na pastagem (Adaptado de Middleton e Smith, 1978).

Para sistemas agrícolas o balanço nutricional é estabelecido entre a demanda dos nutrientes para determinada produtividade e a capacidade de suprimento do solo. No ecossistema pastagem, a produção de forragem define esta demanda, porém as perdas de nutrientes e conseqüentemente, a capacidade de suprimento do solo são modelados pelo nível de consumo de forragem pelo animal (Thomas, 1992). A estimativa o consumo de animais em pastejo é um dos principais entraves (Moore, 1996; Reeves et al., 1996) para a modelagem do balanço nutricional na pastagem.

No modelo proposto por Thomas (1992), não se empregaram estimadores do consumo animal, mas estabeleceram-se valores arbitrários de 10 a 40% de utilização da forragem disponível para estimar a reciclagem de nitrogênio. Outros "estimadores universais" também foram adotados para, por exemplo, mineralização da liteira, perda de N das excretas etc. Apesar disso, simulações com esse modelo geram relações entre doses de N e produção de forragem dentro de magnitude experimentalmente previsível (Figura 6). Isto demonstra que grandes aproximações nem sempre desqualificam um modelo, apesar de quase sempre gerarem resultados pouco específicos.

Em modelos neozelandeses utilizados na recomendação de adubação, a reciclagem é baseado no consumo teórico (constante para todas as situações) de uma unidade de lotação (Connforth e Sinclair, 1982; Campkin, 1985; Williams et al., 1990). Em razão disso, a estimativa do consumo é pouco exata Moore (1996). A importância da estimativa do consumo de forragem, por serem os animais em pastejo o principal agente de modificação da fertilidade do solo. Isto se deve ao fato de que 60 a 99% dos nutrientes consumidos são excretados nas fezes e urina (Barrow, 1987), ao padrão agregado de distribuição das excretas na pastagem (Petersen et al., 1956; Braz, 2001) e à intensidade de reciclagem por meio da forragem remanescente (*litter*).

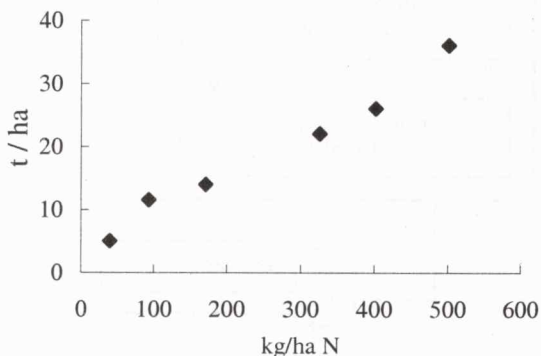


Figura 6 - Variação na produtividade de matéria seca de um pastagem tropical de acordo com doses de nitrogênio estimada a partir do modelo de THOMAS (1992).

No modelo de balanço nutricional para recomendação de adubação em desenvolvimento no Departamento de Solos da UFV, optou-se por estimar o consumo de bovinos de corte por meio das relações entre o nível de *performance* (ganho de peso, produção de leite e gestação) e a concentração energética da forragem consumida. A utilização do método do requerimento energético pressupõe a necessidade de *performance* positiva. Além disso, há limitações devido à falta de estimadores dos requerimentos energéticos para bovinos em condições brasileiras, à dificuldade em se estimar a concentração de energia (NDT) da forragem consumida e à falta de estimadores dos requerimentos energéticos para manutenção de animais em pastejo. No entanto, esse método é segundo Moore (1996) e Reeves et al. (1996), o mais apropriado para estimativa do consumo de grupos de animais, o que reflete, seguramente, as condições de animais sob pastejo.

O ideal seria dispor, para pastagens tropicais, de modelos mecanísticos, como o construído por Johnson e Parsons (1985), no qual o consumo de bovinos varia de acordo com o índice de área foliar (IAF) do dossel. Os autores argumentaram que os animais consomem preferencialmente as lâminas foliares e que a relação sigmóide entre a altura do dossel e o consumo é experimentalmente observada em pastagens temperadas. Esse modelo também simula a capacidade dos animais em selecionar folhas novas em relação as senescentes. As dificuldades para aplicação desse modelo para forrageiras tropicais são atribuídas (i) à baixa confiabilidade na relação entre a altura do dossel e a forragem disponível ou a biomassa e área de folhas (Humphreys, 1991; Busque e Herrero, 2001); (ii) à grande diversidade morfológica entre as forrageiras tropicais (Sollenberger e Burns, 2001); e (iii) à grande variabilidade de qualidade e valor nutritivo entre as folhas, bainhas, caules dentro de uma mesma espécie (Zemmelink e Mannelje, 2002).

Por essas mesmas razões, há dificuldade na construção de modelos mecanísticos para previsão do crescimento e do valor nutritivo de forragens tropicais, que, no conjunto, devem estar integrados aos modelos de consumo (Johnson e Parsons, 1985). No entanto, variáveis necessárias para a modelagem do crescimento e do valor nutritivo de forrageiras, como radiação fotossinteticamente ativa (RFA), eficiência de utilização da RFA, IAF, taxa de aparecimento, crescimento e senescência de folhas, e do valor nutritivo de acordo com a fenologia, morfogênese e adubação, têm sido medidas experimentalmente em pesquisas que visam a otimização do manejo da pastagem (Mattos, 2001; Hodgson e Silva, 2002; Paciullo et al., 2002). Certamente, se integradas em um projeto de modelagem, pesquisas desta natureza já poderiam ter produzido modelos para o "compartimento planta" nas pastagens tropicais.

Do ponto de vista da fertilidade do solo, de nada adianta grande exatidão nas estimativas da produção vegetal, do consumo e da excreção de

nutrientes, se o padrão de distribuição das excretas não for levado em consideração, o que não foi avaliado em nenhum dos modelos revisados. De modo geral, a distribuição das excretas nas pastagens tem sido descrita por meio da distribuição binomial negativa. Nesse caso, a taxa de lotação acumulada durante determinado tempo (animais-dia/ha) é a principal variável que afeta a densidade média de excretas, e, conseqüentemente, a homogeneidade da distribuição destas (Figura 7) (Petersen et al., 1956; Braz, 2001). A taxa de lotação cumulativa é aceitável, considerando-se que as excretas afetam a disponibilidade de nutrientes no solo por 3 meses a 2 anos (Morton e Baird, 1990; Haynes e Williams, 1993).

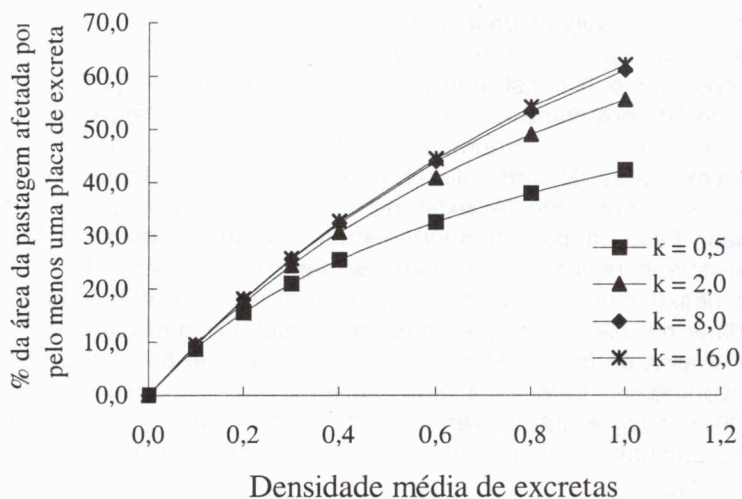


Figura 7 - Variação na porcentagem da área de uma pastagem coberta por pelo menos uma placa de excreta de acordo com densidade média de excretas e do valor da parâmetro k da Distribuição Binomial Negativa.

No entanto, segundo Sollenberger et al. (2002), o grau de homogeneidade na distribuição das excretas, com a taxa de lotação, deve variar com as condições ambientais, pois a temperatura e a radiação solar afetam o comportamento animal. Maccon (1999) verificou que essas duas variáveis em conjunto apresentaram-se estreitamente relacionadas ($r = 99\%$) com o tempo que vacas holandesas em pastejo permaneceram em locais sombreados. Conseqüentemente, espera-se, em maior tempo sob sombra, maior quantidade de excretas depositadas neste tipo de local (Sollenberger et

al., 2002). Essa é uma linha de pesquisa essencial para o refinamento de modelos de recomendação de adubação.

Pesquisas com adubação de pastagens conduzidas no Brasil, nos últimos 30, anos por especialistas tanto em ciência do solo, do solo quanto em forragicultura, aumentaram nosso entendimento sobre o assunto e a exatidão de nossas recomendações de adubação. No entanto, pesquisas do tipo “*efeito da adubação nitrogenada/potássica/fosfatada/etc. na produção de matéria seca e valor nutritivo...*” tem se repetido, muitas vezes sem avaliar características do sistema solo-planta-animal fundamentais para ampliar a aplicabilidade dos resultados. O nível atual de conhecimento sobre o assunto possibilita um passo adiante – a modelagem do ecossistema de pastagem. Um projeto de modelagem multidisciplinar e, idealmente, multiintitucional tende a otimizar a pesquisa com forragicultura e pastagens. Mesmo pesquisadores não engajados em um projeto de modelagem tenderam a se favorecer com os resultados gerados e direcionar alguns de seus “financiamentos” para testar o modelo e, ou buscar respostas para as questões propostas. Possivelmente, em um estágio inicial, um modelo brasileiro para recomendação de adubação para pastagens tenha característica mais empírica, utilizando aproximações gerais para os componentes solo, planta e animal. Entretanto, pelas próprias características das pastagens, é inevitável a evolução desse tipo de modelo para um mais dinâmico e mecanístico que inclua os processos fundamentais de cada componente do ecossistema e suas inter-relações, constituindo-se ferramenta para otimizar não somente o manejo da adubação, mas também todo o sistema solo-planta-animal.

Referências bibliográficas

- ALVAREZ V., V.H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ V., V.H., FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. (Eds.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS; UFV; DPS, 1996. p.615-645.
- ALVAREZ V., V.H., NOVAIS, R.F., DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Bol. Inf. SBCS, 25(1): 27-32, 2000.
- ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. (Eds.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º aproximação. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999 b. p. 43-66.

- ALVAREZ V., V.H., NOVAIS, R.F. de, BARROS, N.F. de, CANTARUTTI, R.B., LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. (Eds.) Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais: recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG, 1999 a. p.25-32.
- ALVIM, M.J., XAVIER, D.F., VERNEQUE, R.S. & BOTREL, M.A. Resposta do Tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalos de corte. Pesq. agropec. bras., 34: 2345-2352, 1999.
- ANDRADE, C.M.S., GARCIA, R., COUTO, L. et al. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos Cerrados de Minas Gerais. Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, p.1178-1185, 2001.
- ANDRADE, J.B., BENINTENDE, R.P, FERRARI JR., E., PAULINO, V.T., HENRIQUE, W., WERNER, J.C. & MATTOS, H.B. Efeito das adubacoes nitrogenada e potassica na producao e composicao da forragem de *Brachiaria ruziziensis*. Pesq. agropec. bras., 31: 617-620, 1996.
- ANDRADE, A.C., FONSECA, D.M., GOMIDE, J.A., ALVAREZ V., V.H., MARTINS, C.E. & SOUZA, D.P.H. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. Rev. Soc. Bras. Zoot., 29: 1589-1595, 2000.
- ARRUDA, N.G., CANTARUTTI, R.B. & MOREIRA, E.M. Tratamentos físico-mecânicos e fertilização na recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* em solos de tabuleiro. Pasturas Tropicales, 9(3): 36-39, 1987.
- AYARZA, M.A. Potassium dynamics in a humid tropical pasture in the Peruvian Amazon. Raleigh, North Carolina State University, 1988. 156p. (Tese de Doutorado).
- BARROW, N.J. Return of nutrients by animals. In: SNAYDON, R.W. (Ed.) Managed Grasslands: analytical studies. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 181-186. (Ecosystems of the world - 17B).
- BLASER, R.E. Manejo do complexo pastagem – animal para avaliação de plantas e desenvolvimento de sistemas de produção de forrageiras. In Pastagens. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba. São paulo. 1990. pp157-205.
- BODDEY, R.M., SÁ, J.C.M., ALVES, B.J.R., URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. Soil Biology and Biochemistry, v.29, n.5/6, p.787-799, 1997.

- BODDEY, R.M.; SCHUNKE, R.M.; SOUZA, M.T.; VALLE, L.S.; OLIVEIRA, O.C.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Nutrient cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline? In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL FUNCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS, 2000, Brasília. Proceedings. Brasília: EMBRAPA, IRD, 2000. (S4T4; CD-ROM).
- BRAZ, S.P. Distribuição de fezes de bovinos e a reciclagem de nutrientes em pastagens de *Brachiaria decumbens*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 77p. (Dissertação de Mestrado).
- BRAZ, S.P. 2001. Distribuição de fezes de bovinos e a reciclagem de nutrientes em pastagens de *Brachiaria decumbens*. Viçosa, MG: UFV. 2001. 79p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- BUSQUE, J.; HERRERO, M. Sward structure and patterns of defoliation of signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures under different cattle grazing intensities. Trop. Grassl., 35: 193-204, 2001.
- BUSQUE, J.; HERRERO, M. Sward structure and patterns of defoliation of signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures under different cattle grazing intensities. Trop. Grassl., 35: 193-204, 2001.
- CAMPKIN, R. Model for calculating potassium requirements for grazed pastures. N. Z. J. Exp. Agric., 13: 27-37, 1985.
- CANTARUTTI, R.B., MARTINS, C.E., CARVALHO, M.M. et al. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. (Eds.) Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais: recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG, 1999. p.332-341.
- CARVALHO, S.I.C., VILELA, L., SPAIN, J.M. & KARIA, C.T. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk na região dos Cerrados. Pasturas Tropicales, 12(2): 24-28, 1990.
- CASTRO, A.F. & MENEGHELLI, N.A. As relações $K^+/(Ca^{++} + Mg^{++})^{1/2}$ e $K^+/(Ca^{++} + Mg^{++})$ no solo e as respostas a adubação potássica. Pesq. agropec. bras., 24: 751-760, 1989.
- CIAT - CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Programa de pastos tropicales. Informe anual 1980. Cali, 1981. 304p.
- CORNFORTH, I.S.; SINCLAIR, A.G. Model for calculating maintenance phosphate requirements for grazed pastures. N. Z. J. Exp. Agric., 10: 53-61, 1982.

- CORRÊA, L.A. & HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho-Amarelo, ácido: I: Ensaios em casa de vegetação. *Sci. Agric.*, 50: 99-108, 1993a.
- CORRÊA, L.A., FREITAS, A.R. Adubação fosfatada na produção e teor de fósforo em quatro cultivares de *Panicum maximum*. I – Efeito de cortes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34. 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. v.2.. p.157-159.
- COSTA, N.L., PAULINO, V.P., OLIVEIRA, J.R.C. et al. Resposta de *Brachiaria humidicola* a fontes e doses de fósforo nos Cerrados de Rondônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34. 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. v.2.. p.154-156.
- EUCLIDES, V.P.B., MACEDO, M.C.M. & OLIVEIRA, M.P. Desempenho animal em pastagens de gramíneas recuperadas com diferentes níveis de fertilização. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.201-203.
- FENSTER, W.E. & LEÓN, L.A. Considerações sobre a fertilização fosfatada no estabelecimento e persistência de pastagens em solos ácidos e de baixa fertilidade na América Latina tropical. In: SÁNCHEZ, P.A., TERGAS, L.E. & SERRÃO, E.A.S. (Eds.). Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos. Cali: CIAT; Brasília: EMBRAPA, 1982. p. 127-141.
- FISHER, M.J., RAO, I.M., THOMAS, R.J., LASCANO, C.E. Grasslands in the well-watered tropical lowlands. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. (Eds.) The ecology and management of grazing systems. Wallingford: CAB International, 1996. p.393-425.
- FONSECA, D.M., ALVAREZ V., V.H., NEVES, J.C.L., GOMIDE, J.A., NOVAIS, R.F. & BARROS, N.F. Níveis críticos de fósforo em amostras de solo para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 12: 49-58, 1988.
- FONSECA, D.M., GOMIDE, J.A., ALVAREZ V., V.H. & NOVAIS, R.F. Fatores que influenciam os níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras: I. Casa de vegetação. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 21: 27-34, 1997.
- Fontes, C. A. de A. Body composition, net requirements of protein, energy and minerals for weight gain and proctive performance of zebu and crossbred european-zebu cattle. Experimental Results. In PEREIRA, J.C. (ed.) SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES. 1995. Anais... Viçosa, MG. 1995. pp. 284-309.
- GLORIA, N.A. Adubação potássica de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8, 1986, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 225-230.

- GNIAZDOWSKA, A.; KRAWCZAK, A.; MIKULSKA, M. & RYCHTER, A.M. Low phosphorus nutrition alters beans plants' ability to assimilate and translocate nitrate. *J. Plant Nut.*, 22:551-563, 1999.
- GOEDERT, W.J. & LOPES, A.S. Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. In: SEMINÁRIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE FÓSFORO, 1987, São Paulo. Anais... São Paulo: IBRAFOS, 1987. p.24-49.
- GOMIDE, J.A., COSTA, G.G., SILVA, M.A.M.M. & ZAGO, C.P. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-colônião e capim-jaraguá. I. Produtividade e teor de nitrogênio das gramíneas e das misturas. *Rev. Bras. Soc. Zoot.*, 13: 20-21, 1984.
- GUSS, A., GOMIDE, J.A. & NOVAIS, R.F. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, 19: 278-289, 1990.
- HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Adv. Agron.*, 49: 119-199, 1993.
- HODGSON, J.; SILVA, S.C. Options in tropical pasture management. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA), 39, 2002, Recife. Anais... Recife: UFRPE, 2002. (Palestras; CD-ROM).
- HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.*, 35: 227-239, 1997.
- HUMPHREYS, L.R. Tropical pasture utilisation. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1991. 206 p.
- JARVIS, S.C., SCHOLEFIELD, D. & PAIN, B. Nitrogen cycling in grazing systems. In: BACON, P.E. (Ed.) Nitrogen fertilization in the environment. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995. p. 381-419.
- JOHNSON, I.R.; PARSONS, A.J. A theoretical analysis of grass growth under grazing. *J. theor. Biol.*, 112: 345-367, 1985.
- LIRA, M.A. FARIAS, I., FERNANDES, A.P.M., SOARES, L.M. & DUBEUX JR., J.C.B. Estabilidade de reposta do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) sob níveis crescente de nitrogênio e fósforo. *Pesq. agropec. bras.*, 29: 1151-1157, 1994.
- LOBATO, E., KORNELIUS, E. & SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1, 1985, Nova Odessa. Anais... Piracicaba: POTAFÓS, 1986. p.145-174.

- LOGAN, K.A.B., THOMAS, R.J. & RAVEN, J.A. Hydrogen ion production and ammonium uptake by two tropical forage grasses. *J. Plant Nutr.*, 22: 53-66, 1999.
- LOGAN, K.A.B., THOMAS, R.J. & RAVEN, J.A. Effect of ammonium and phosphorus supply on H^+ production in gel by two tropical forage grasses. *J. Plant Nutr.*, 23: 41-54, 2000.
- LUGÃO, S.M.B., RODRIGUES, L.R.A., MALHEIROS, E.B. et al. Animal performance in pastures of *Panicum maximum* cv. IPR 86 fertilized with nitrogen. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro, SP. Proceedings... Piracicaba: FEALQ. 1 CD-ROM
- LUZ, P.H.C., HERLING, V.R., BRAGA, G.J., VITTI, G.C. & LIMA, C.G. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agrônômicas e fisiológicas do capim-tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). *Rev. Bras. Zootec.*, 29: 964-970, 2000.
- MACEDO, M.C.M. Pastagem no Ecossistema Cerrado: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In SIMPÓSIO SOBRE PASTAGEM NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. Brasília, 1995. Anais.... Brasília. Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1995. pp. 28-62.
- MACOON, B. Forage and animal responses in pasture-based dairy production systems for lactating cows. Gainesville: University of Florida, 1999. 307p. (Ph.D. Dissertation).
- MAGALHÃES, J.V. Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays*, L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo em solução nutritiva. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 76p. (Tese de Mestrado).
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. New York: Academic Press, 1995. 874p.
- MARSCHNER, H., KIRKBY, E.A. & ENGELS, C. Importance of cycling and recycling of mineral nutrients within plants for growth and development. *Bot. Acta*, 110: 265-273, 1997.
- MATTOS, J.L.S. Avaliações morfofisiológicas de espécies de *Brachiaria* sob diferentes disponibilidades de água no solo. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122p. (Tese de Doutorado).
- MATTOS, H.B. & WERNER, J.C. Efeitos do nitrogênio mineral e de leguminosas sobre a produção de capim-colônião. *Bol. Ind. Animal*, 36: 147-156, 1979.
- MEIRELLES, N.M.F. Degradação de pastagens – critérios de avaliação. In: Recuperação de Pastagens. Nova Odessa, 1999, p.15-27.

- MELO, V.F. Potássio e magnésio em minerais de solos e relação entre propriedades da caulinita com formas não-trocáveis destes nutrientes. Vicosa, Universidade Federal de Vicosa, 1998. 205p. (Tese de Doutorado).
- MIDDLETON, K.R.; SMITH, G.S. The concept of a climax in relation to the fertilizer input of a pastoral ecosystem. *Plant Soil*, 50: 595-614, 1978.
- MILLARD, P. Ecophysiology of the internal cycling of nitrogen for tree growth. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 159: 1-10, 1996.
- MONTEIRO, F.A. Nutrição mineral e adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, 1995, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 219-244.
- MOORE, J.E. Practical approaches to estimating pasture intake. In: JOOST, R.E.; ROBERTS, C.A. (Eds.). *Nutrient cycling in forage ecosystems*. Columbia: University of Missouri, 1996. p. 193-202.
- MOORE, J.E. Practical approaches to estimating pasture intake. In: JOOST, R.E.; ROBERTS, C.A. (Eds.). *Nutrient cycling in forage ecosystems*. Columbia: University of Missouri, 1996. p. 193-202.
- MORTON, J.D.; BAIRD, D.B. Spatial distribution of dung patches under sheep grazing. *N. Z. J. Agric. Res.*, 33: 285-294, 1990.
- MYERS, R.J.K., ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pastures. *Tropical Grasslands*, v.25, p.104-110, 1991.
- NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região Sul do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 15: 37-42, 1991.
- NEILL, C., PICCOLO, M.C., STEUDLER, P.A. et al. Nitrogen dynamics in soils of forests and active pastures in the western Brazilian Amazon basin. *Soil Biology and Biochemistry*, v.27, n.9, p.1167-1175, 1995.
- NOVAIS, R.F.D.; SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.
- OLIVEIRA, O.C., OLIVEIRA, I.P., FERREIRA, E. et al. A baixa disponibilidade de nutrientes do solo como uma causa potencial da degradação de pastagens no Cerrado Brasileiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, 1997, Ouro Preto, MG. Anais... Trabalhos Voluntários. Viçosa: SOBRADE; UFV/DPS/DEF, 1997. p.110-117.

- OYANARTE, M.; BESGA, G.; RODRÍGUEZ, M.; DOMINGO, M.; SINCLAIR, A.G. Balanced pasture fertilization in the Basque Country: I. Phosphorus and potassium budgets on dairy farms. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 47: 261-269, 1997.
- OYANARTE, M., BESGA, G., RODRÍGUEZ, M., DOMINGO, M. & SINCLAIR, A.G. Balanced pasture fertilization in the Basque Country: I. phosphorus and potassium budgets on dairy farms. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 47: 261-269, 1997.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; SILVA, E.A.M.; QUEIROZ, D.S.; GOMIDE, C.A.M. Degradação *in vitro* de tecidos da lâmina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do estágio de desenvolvimento. *R. Bras. Zootec.*, 31: 900-907, 2002.
- PACIULLO, D.S., GOMIDE, J.A. & RIBEIRO, K.G. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott. 1. Rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 a 120 cm de altura. *R. Bras. Zootec.*, 27: 1069-1075, 1998.
- PETERSEN, R.G.; LUCAS, H.L.; WOODHOUSE JR., W.W. The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility: I. Excretal distribution. *Agron. J.*, 48: 440-444, 1956.
- PETERSEN, R.G.; LUCAS, H.L.; WOODHOUSE JR., W.W. The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility: I. Excretal distribution. *Agron. J.*, 48: 440-444, 1956.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Disponibilidade de potássio em solos para capim-braqueira cultivado em vasos. *Bragantia*, 43: 531-539, 1984.
- RAO, I.M., ZEIGLER, R.S., VERA, R. & SARKARUNG, S. Selection and breeding for acid-soil tolerance in crops: upland rice and tropical forages as case studies. *BioScience*, 47: 454-465, 1993.
- RAO, I.M. Adapting tropical forages to low-fertility soils. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro, Brasil. Proceedings... São Pedro, Brasil, 2001. (Theme 6-2; CD-ROM).
- RAO, I.M., KERRIDGE, P.C. & MACEDO, M.C.M. Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In: MILES, J.W., MAASS, B.L. & VALLE, C.B. (Eds.). *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement*. Cali: CIAT; Campo Grande: EMBRAPA/CNPQC, 1996. p. 53-71.
- REEVES, M.; FULKERSON, W.J.; KELLAWAY, R.C.; DOVE, H. A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture. *Aust. J. Exp. Agric.*, 36: 23-30, 1996.

- REEVES, M.; FULKERSON, W.J.; KELLAWAY, R.C.; DOVE, H. A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture. *Aust. J. Exp. Agric.*, 36: 23-30, 1996.
- RIBEIRO, K.G. Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim-Tifton 85, sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrota, e na forma de feno, com bovinos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 107p. (Tese de Doutorado).
- ROBBINS, G.B., BUSHHELL, J.J., McKEON, G.M. Nitrogen immobilization in decomposing litter contributes to productivity decline in ageing pastures of green panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*). *Journal of Agricultural Science*, v.113, p.401-406, 1989.
- ROBERTSON, F.A., MYERS, R.J.K., SAFFIGNA, P.G. Carbon and nitrogen mineralization in cultivated and grassland soils in subtropical Queensland. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.31, p.611-619, 1993.
- ROSOLEM, C.A. & NAKAGAWA, J. Residual and annual potassic fertilization for soybeans. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 59: 143-149, 2001.
- RUFTY JR., T.W., MacKOWN, C.T. & ISRAEL, D.W. Phosphorus stress effects on assimilation of nitrate. *Plant Physiol.*, 94: 328-333, 1990.
- SAIF, S.R. Growth responses of tropical forage plant species to vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Growth, mineral uptake, and mycorrhizal dependency. *Plant Soil*, 97: 25-35, 1987.
- SÁNCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing Oxisols in Tropical America. *Adv. Agron.*, 34: 279-406, 1981.
- SANTOS, H.Q., FONSECA, D.M., CANTARUTTI, R.B. & ALVAREZ V., V.H. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 26:173-182.2002.
- SARAIVA, O.F., CARVALHO, M.M. Adubação nitrogenada e fosfatada para o estabelecimento de capim-elefante em latossolo vermelho-amarelo textura argilosa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.15, n.2, p.201-205, 1991.
- SERÉ, C. & FERGUSON, J.E. Liberacion de *Andropogon gayanus* y evidencia inicial de su adopción e impacto en America tropical. In: TOLEDO, J.M., VERA, R., LASCANO, C.E. & LENNÉ, J.L. (Eds.). *Andropogon gayanus* Kunth: un pasto para los suelos ácidos del trópico. Cali: CIAT, 1990. p. 357-387.

- SETELICH, E.A., ALMEIDA, E.X. & MARASCHIN, G.E. Resposta à adubação nitrogenada de capim-elefante anão cv. Mott, sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu, 1998. (FOR149; CD-ROM).
- SETELICH, E.A., ALMEIDA, E.X. & MARASCHIN, G.E. Resposta à adubação nitrogenada de capim-elefante anão cv. Mott, sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu, 1998. (FOR149; CD-ROM).
- SILVA, S.C. da.; Faria, V.P. de; Corsi, M. Sistema intensivo de produção de leite em pastagens de capim elefante do Departamento de Zootecnia da ESALQ. In CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, 2^o, Mattos, W.R.W. Piracicaba. FEALQ 1996. Pp.97-122.
- SOARES FILHO, C.V., MONTEIRO, F.A. & CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. Pasturas Tropicais, 14(2): 2-6, 1992.
- SOLLENBERGER, L.E. & JONES JR., C.S. Beef production from nitrogen-fertilized Mott dwarf elephantgrass and Pensacola bahiagrass pastures. Trop. Grassl., 23: 129-1134, 1989.
- SOLLENBERGER, L.E.; DUBEUX Jr., J.C.B.; SANTOS, H.Q.; MATTHEWS, B.W. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA), 39, 2002, Recife. Anais... Recife: UFRPE, 2002. (Palestras; CD-ROM).
- SOLLENBERGER, L.E.; BURNS, J.C. Canopy characteristics, ingestive behaviour and herbage intake in cultivated tropical grasslands. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, Piracicaba, Brasil. Proceedings... Piracicaba, Brasil: ESALQ, 2001. (Theme 8-2; CD-ROM).
- SYLVESTER-BRADLEY, R., MOSQUERA, D. & MÉNDEZ, J.E. Inhibition of nitrate accumulation in tropical grassland soils: effect of nitrogen fertilization and soil disturbance. J. Soil Sci., 39: 407-416, 1989.
- TAITON, N.M.; MORRIS, C.D.; HARDY, M.B. Complexity and stability in grazing systems. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.). The ecology and management of grazing systems. Wallingford: CAB International, 1996. p. 275-299.
- TAITON, N.M.; MORRIS, C.D.; HARDY, M.B. Complexity and stability in grazing systems. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.). The ecology and management of grazing systems. Wallingford: CAB International, 1996. p. 275-299.

- TEITZEL, J.K., GILBERT, M.A. & COWAN, R.T. Sustaining productive pastures in the tropics. 6. Nitrogen fertilized grass pastures. Trop. Grassl., 25: 111-118, 1991.
- THIAGO, L.R.L.S., VALLE, L.C.S., SILVA, J.M., MACEDO, M.C.M. & JANK, L. Uso intensivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Pennisetum purpureum* cv. Cameroon e *Panicum maximum* cv. Mombaça visando à produção de carne. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa: SBZ, 2000. (Trab. 391, CD-ROM).
- THIAGO, L.R.L.S., VALLE, L.C.S., SILVA, J.M., MACEDO, M.C.M. & JANK, L. Uso intensivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Pennisetum purpureum* cv. Cameroon e *Panicum maximum* cv. Mombaça visando à produção de carne. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa: SBZ, 2000. (Trab. 391, CD-ROM).
- THOMAS, R.J. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. Plant Soil, 174: 103-118, 1995.
- THOMAS, R.J. The role fo the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. Grass For. Sci., 47: 133-142, 1992.
- TOLEDO, J.M. Necesidad de descentralizar la red internacional de evaluación de pastos tropicales. In: REUNIÓN DEL COMITÉ ASESOR DE LA RED INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE PASTOS TROPICALES, 5, 1987, David, Panamá. Documento de Trabalho. David, Panamá, 1987. p. 7-20.
- VICENTE-CHANDLER, J. Fertilization of humid tropical grasslands. In: MAYS, D.A. Forage fertilization. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1974. p. 277-300.
- VILELA, L., SOARES, W.V., SOUZA, D.M.G. et al. Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado. 2.ed., rev. – Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 15p. (Circular técnica / Embrapa Cerrados, 37)
- WERNER, J.C., MONTEIRO, F.A. & CARRIEL, J.M. Efeitos da calagem em capim-colônia (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. Bol. Ind. Animal, 36: 247-253, 1979.
- 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. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. (2^a ed. rev. atual.). Campinas, IAC, 1997. p. 261-273. (Boletim técnico, 100).
- WHITEHEAD, D.C. Nutrient elements in grasslands: soil-plant-animal relationships. Wallingford: CAB International, 2000. 369.

WILLIAMS, P.H.; GREGG, P.E.H.; HEDLEY, M.J. Mass balance modelling of potassium losses from grazed dairy pasture. *N. Z. J. Agric. Res.*, 33: 661-668, 1990.

WILLIAMS, P.H.; HAYNES, R.J. Balance sheet of phosphorus, sulphur and potassium in a long-term grazed pasture supplied with superphosphate. *Fert. Res.*, 31: 51-60, 1992.

WILLIAMS, P.H. & HAYNES, R.J. Transformation and plant uptake of urine N e S in long and short-term pastures. *Nut. Cycl. Agroecosys.*, 56: 109-116, 2000.

ZEMMELINK, G.; MANNETJE, L.T. Value for animal production (VAP): a new criterion for tropical forage evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 96: 31-42, 2002.