

# CERRADO

Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens



*Geraldo Bueno Martha Júnior  
Lourival Vilela  
Djalma Martinhão Gomes de Sousa*  
Editores Técnicos

**Embrapa**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Cerrados  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **CERRADO**

**Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens**

*Geraldo Bueno Martha Júnior  
Lourival Vilela  
Djalma Martinhão Gomes de Sousa  
Editores Técnicos*

***Embrapa Cerrados***  
*Planaltina, DF*  
*2007*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza  
Caixa Postal 08223  
CEP 73310-970 – Planaltina, DF  
Telefone (61) 3388-9898 – Fax (61) 3388-9879  
www.cpac.embrapa.br  
sac@cpac.embrapa.br

**Coordenação editorial**

*Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

**Revisão de texto**

*Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

**Normalização bibliográfica**

*Rosângela Lacerda de Castro*

**Projeto gráfico e editoração eletrônica**

*Wellington Cavalcanti*

**Capa**

*Chaile Cherne S. Evangelista*

**Fotos da capa**

*Alexandre Barcellos e Lourival Vilela*

**1ª edição**

1ª impressão (2007)  
2000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou  
em parte, constitui violação dos direitos autorais  
(Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP  
Embrapa Cerrados**

C417

Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em  
pastagens / editores técnicos Geraldo Bueno Martha Júnior,  
Lourival Vilela, Djalma Martinhão Gomes de Sousa. –  
Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2007.  
224 p.

ISBN 978-85-7075-036-5

1. Adubação. 2. Pastagem. 3. Cerrado. I. Martha Júnior,  
Geraldo Bueno. II. Vilela, Lourival. III. Sousa, Djalma Martinhão  
Gomes de.

631.8 - CDD 21

© Embrapa 2007

## Autores

### Alexandre de Oliveira Barcellos

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Produção Animal

Pesquisador da Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza

Caixa Postal 08223 CEP 73310-970 Planaltina, DF, Brasil

[barcello@cpac.embrapa.br](mailto:barcello@cpac.embrapa.br)

### Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Químico, M.Sc. em Agronomia

Pesquisador da Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza

Caixa Postal 08223 CEP 73310-970 Planaltina, DF, Brasil

[dmgsousa@cpac.embrapa.br](mailto:dmgsousa@cpac.embrapa.br)

### Geraldo Bueno Martha Júnior

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Agronomia

Pesquisador da Embrapa Cerrados

Professor do Curso de Pós-graduação em Ciências Animais da Universidade de Brasília, UnB

BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza

Caixa Postal 08223 CEP 73310-970 Planaltina, DF, Brasil

[gbmartha@cpac.embrapa.br](mailto:gbmartha@cpac.embrapa.br)

## **Lourival Vilela**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Fertilidade do Solo

Pesquisador da Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza

Caixa Postal 08223 CEP 73310-970 Planaltina, DF, Brasil

[lvilela@cpac.embrapa.br](mailto:lvilela@cpac.embrapa.br)

## **Luís Gustavo Barioni**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Ciência Animal e Pastagens

Pesquisador da Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza

Caixa Postal 08223 CEP 73310-970 Planaltina, DF, Brasil

[barioni@cpac.embrapa.br](mailto:barioni@cpac.embrapa.br)

## Agradecimentos

A redação deste trabalho foi incremental, paulatinamente consolidada ao longo dos últimos três anos. As idéias aqui apresentadas resultaram de uma profícua interação entre as atividades de pesquisa e extensão dos autores. Os comentários recebidos de colegas de instituições de pesquisa, ensino e extensão, da iniciativa privada, bem como de técnicos e produtores que participaram de cerca de 50 palestras ministradas pela equipe, nesse período, sobre os assuntos *Adubação de Pastagens* e *Integração Lavoura-Pecuária*, foram positivos e motivadores e, certamente, contribuíram para o resultado final apresentado neste livro. Positivos, porque indicaram que nossos esforços caminhavam na direção correta – compatível com a realidade “sistêmica” das propriedades agrícolas. Motivadores, porque a confiança e o estímulo à continuidade do trabalho sempre se mantiveram inabaláveis. Citar nomes, para tão ampla contribuição, seria injusto na possibilidade de esquecermos alguém.

Entretanto, não podemos deixar de agradecer à Chefia da Embrapa Cerrados pelo empenho em viabilizar as condições necessárias à realização deste trabalho e, de modo muito especial, à equipe do Setor de Informação da Embrapa Cerrados pelo esforço na revisão dos originais e na diagramação/editoração.

*Os Editores*

# Apresentação

O Brasil possui mais de 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas, das quais quase 90 % estão em solos ácidos e de baixa fertilidade. No Brasil Central, notadamente na região do Cerrado, elas foram estabelecidas sem adubação necessária ou utilizando o efeito residual de adubações de culturas. Ademais, o manejo inadequado dessas pastagens é uma característica marcante na maioria dos sistemas de produção animal em regime de criação extensiva.

A necessidade de adubação de pastagem é evidenciada pelo fato de que a maioria dos solos não fornece nutrientes na quantidade adequada para o crescimento das plantas e nos níveis de extração das forrageiras utilizadas na formação de pastagens cultivadas. Todavia, o sucesso da produção de grãos com o uso de adubações adequadas contrasta com baixos retornos econômicos obtidos pela pecuária, em função da baixa produção de forragem, pela não utilização de fertilizantes e pelo manejo do pastejo deficiente.

Esta publicação contém informações geradas por vários trabalhos de pesquisa conduzidos, na própria região, por pesquisadores da Embrapa Cerrados com vários anos de experiência sobre o assunto. Aborda de forma prática e concisa a importância dos principais elementos minerais (essenciais às forrageiras tropicais) e as recomendações de adubação de acordo com a intensidade de uso e o tipo de solo.

Pela sua importância e abrangência, o livro **“Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens”** é uma contribuição da Embrapa Cerrados que visa a atender o segmento do sistema produtivo, carente de informações. Da forma como estão descritas, as recomendações, se forem seguidas adequadamente, auxiliarão, tanto pecuaristas como produtores, no melhoramento e na recuperação, na forma direta ou pelo sistema de integração lavoura-pecuária, da capacidade produtiva das pastagens cultivadas.

*Roberto Teixeira Alves*  
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

## Prefácio

Os últimos anos têm sido difíceis para a pecuária de corte. Por um lado, custos de produção crescentes. Por outro, os preços recebidos pelos produtores não aumentaram na mesma proporção. Como resultado, tem havido uma paulatina deterioração nos termos de troca da pecuária. A situação tem se agravado ainda mais em virtude de ganhos insuficientes em produtividade, que, associados com as piores relações de troca, têm determinado redução crescente no poder de compra do pecuarista. Tal cenário indica que o modelo extrativista de produção de carne bovina mostra sinais de insustentabilidade e que, se o perfil da pecuária de corte não for alterado com certa agilidade, corre-se o risco de um desequilíbrio entre a oferta e a demanda de carne bovina em um futuro não muito distante.

Como a influência do produtor sobre os termos de troca é limitada, em razão do caráter de concorrência perfeita da atividade, o caminho para assegurar melhor poder de compra é aumentar a produtividade, de modo eficiente e com o menor custo possível, para reduzir os valores médios de produção. Na busca por maior produtividade, deve-se internalizar a necessidade de investimentos nos dois determinantes primários dela: taxa de lotação e desempenho por animal.

Investimentos no componente animal (genética, nutrição, sanidade) são indispensáveis para assegurar a rentabilidade do empreendimento, porque o maior desempenho animal diminui o tempo de retorno financeiro (menor idade de abate) e melhora o fluxo de caixa do negócio. Entretanto,

com a evolução no processo de degradação do pasto, os investimentos no desempenho individual dos animais, normalmente priorizados pelos pecuaristas, passam a ser de baixa relação benefício/custo ou, até mesmo, inócuos em razão do baixo plano nutricional ofertado (pasto em quantidade e qualidade limitantes).

Assim, se, por um lado, investir no componente animal é indispensável para assegurar a rentabilidade do negócio, por outro, investir unicamente nisso – e *esquecer o pasto!* – não permite ganhos expressivos de médio/longo prazo ao sistema de produção. A extensa área de pastagens em degradação no Cerrado, contribuindo sobremaneira para a contínua perda no poder de compra da pecuária de corte e para a insustentabilidade da produção pecuária na região, ratifica essa argumentação.

O processo de intensificação de sistemas pastoris, em particular no Cerrado, cujos solos são ácidos e de baixa fertilidade química, passa, obrigatoriamente, por investimentos em fertilidade do solo por meio da adubação do pasto estabelecido em monocultivo ou via integração lavoura-pecuária. Essas ações voltadas para aumentar a taxa de lotação são mais efetivas em ampliar a escala de produção e a produtividade das pastagens quando comparadas à intensificação do desempenho por animal, que, no entanto, não pode ser negligenciado.

A adubação de pastagens e a integração lavoura-pecuária são alternativas técnica e economicamente viáveis para promover a intensificação do sistema de produção quando bem planejadas e conduzidas. E é exatamente nesse contexto que esse livro se insere.

As idéias aqui apresentadas são de cunho teórico e prático e, depois de analisadas pelo tomador de decisão, podem efetivamente auxiliar na melhoria da eficiência da correção e adubação do solo, de modo sustentável, em sistemas pastoris. Ademais, de modo crescente, será exigido que a atividade pecuária atenda ao critério de sustentabilidade, o que será alcançado quando as dimensões técnica, econômica, social e ambiental forem atendidas.

# Sumário

## Capítulo 1

Pecuária de corte no Cerrado: aspectos históricos e conjunturais .....	17
Evolução das lavouras de grãos, do uso de pastagens e da pecuária de corte na região do Cerrado .....	17
Degradação de pastagens .....	26
Situação atual, tendências e perspectivas .....	30
Referências .....	39

## Capítulo 2

Uso de fertilizantes em pastagens .....	43
Introdução .....	43
Importância da adubação para a sustentabilidade dos sistemas pastoris .....	43
Valor econômico das plantas forrageiras .....	46
Redução na produção de forragem .....	47
Retorno econômico do fertilizante .....	54
Manejo da pastagem .....	55
Assistência técnica .....	57
Conjuntura econômica do País .....	60
Referências .....	64

## Capítulo 3

Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens .....	69
Introdução .....	69
Eficiência bioeconômica da adubação de pastagens .....	71
Eficiência de conversão do nutriente do fertilizante em forragem ....	72
Eficiência de pastejo .....	76
Eficiência de conversão de forragem em ganho de peso .....	78
Intensificação do uso de fertilizantes em pastagens .....	80
Adubação na integração lavoura-pecuária .....	85
Resultado econômico .....	87
Referências .....	90

## Capítulo 4

Calagem .....	93
Introdução .....	93
Calagem .....	95
Recomendação de calagem .....	98
Referências .....	104

## Capítulo 5

Adubação com enxofre e gessagem .....	107
Introdução .....	107
Adubação com enxofre .....	110
Gessagem .....	114
Referências .....	115

## Capítulo 6

Adubação nitrogenada .....	117
Introdução .....	117
O nitrogênio no ecossistema de pastagens .....	118
Manejo do fertilizante nitrogenado em pastagens .....	121

Dose do fertilizante nitrogenado e seu parcelamento .....	121
Fonte do fertilizante nitrogenado e seu parcelamento .....	123
Parcelamento do fertilizante nitrogenado e distribuição estacional de forragem .....	127
Eficiência de uso do N-fertilizante na produção animal .....	129
Resposta econômica do uso de N-fertilizante em pastagens .....	133
Tomada de decisão para o uso de N-fertilizante em pastagens .....	136
Exemplo de dimensionamento da adubação nitrogenada – kg N/UA .....	139
Exemplo de dimensionamento da adubação nitrogenada – kg GPV/kg N .....	139
Considerações finais .....	141
Referências .....	142

## Capítulo 7

Adubação fosfatada .....	145
Introdução .....	145
Fósforo no solo .....	146
Resposta das pastagens à adubação com fósforo .....	146
Influência da acidez e de outros fatores na eficiência da adubação fosfatada .....	148
Interpretação da análise de solo e recomendação de adubação .....	152
Interpretação da análise de solo .....	154
Recomendação de adubação .....	158
<i>Adubação corretiva do solo para estabelecimento de             forrageiras .....</i>	160
<i>Adubação corretiva gradual do solo para estabelecimento             de forrageiras .....</i>	162
<i>Adubação de manutenção .....</i>	163
Fontes de fósforo .....	166
Efeito residual .....	172
Considerações finais .....	174
Referências .....	175

## Capítulo 8

Adubação potássica e com micronutrientes .....	179
Introdução .....	179
Potássio no solo e sua disponibilidade para as plantas .....	180
Nível crítico de potássio no solo .....	180
Recomendação de adubação potássica .....	182
Recomendação de adubação com micronutrientes .....	184
Referências .....	187

## Capítulo 9

Correção e adubação do solo para culturas anuais na integração lavoura-pecuária .....	189
Introdução .....	189
Acidez do solo .....	190
Adubação .....	200
Nitrogênio .....	201
Fósforo .....	204
<i>Interpretação da análise de solo</i> .....	207
<i>Recomendação de adubação</i> .....	211
<i>Efeito residual</i> .....	216
Potássio .....	217
Enxofre .....	219
Micronutrientes .....	219
Considerações finais .....	221
Referências .....	222

# Pecuária de corte no Cerrado: aspectos históricos e conjunturais

CAPÍTULO

1

Geraldo Bueno Martha Júnior  
Lourival Vilela  
Alexandre de Oliveira Barcellos  
Djalma Martinhão Gomes de Sousa  
Luís Gustavo Barioni

## Evolução das lavouras de grãos, do uso de pastagens e da pecuária de corte na região do Cerrado

Desde o início da agricultura empresarial de grãos na região do Cerrado, particularmente a partir da década de 1980, pautou-se pelo uso mais intenso do fator capital visando a alterar o ambiente de produção e tirar máximo proveito das extensas áreas de terra com aptidão para mecanização. Buscou-se, assim, tornar a agricultura de grãos, no Cerrado, competitiva frente àquela de regiões tradicionais, como a dos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. Esse enfoque dado ao fator capital refletiu, em grande parte, a redução nos subsídios do governo e a desativação de diversos programas de desenvolvimento regional na década de 1980. Com o consequente aumento nos custos de produção, diversos produtores deixaram de encarar a terra destinada à lavoura como ativo fixo de reserva de valor e internalizaram a necessidade de aumentar a eficiência técnico-econômica do processo produtivo para torná-lo viável (LOBATO; SOUSA, 2004).

Ao longo das últimas décadas, o uso intenso do fator capital, nas lavouras de grãos do Cerrado, tem sido traduzido pela utilização crescente de insumos no sistema de produção, como o uso de sementes melhoradas, de corretivos e fertilizantes, de agroquímicos e de máquinas

e implementos. Concomitantemente à intensificação no uso do fator capital nas lavouras de grãos, observou-se crescente incorporação de técnicas modernas de gerenciamento ao processo produtivo e, consequentemente, maior capacitação das pessoas envolvidas na atividade lavoura. Como resultado de tal estratégia, a agricultura de grãos desenvolveu-se rapidamente na região, tornando-se, em menos de três décadas, uma das mais produtivas e competitivas do mundo, conforme demonstrado pelos resultados obtidos pela pesquisa e em fazendas que utilizam tecnologia. Contudo, ainda há espaço para crescer, pois a produtividade média de grãos, no Cerrado, representa cerca de 47 % daquela obtida com o uso de tecnologia por bons produtores e apenas 31 % da produtividade potencial indicada pela pesquisa (Tabela 1).

**Tabela 1.** Produtividade média, atual e potencial, em culturas de sequeiro selecionadas na região do Cerrado.

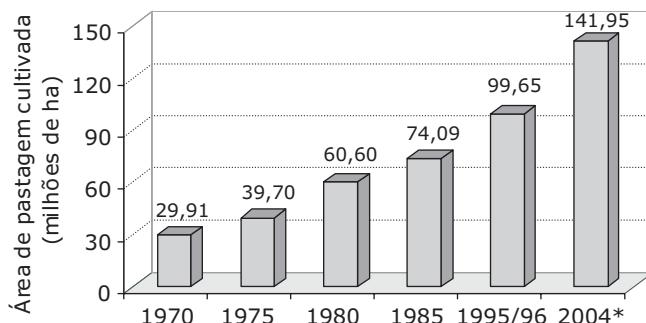
Cultura	Produtividade média		Produtividade potencial	
	Brasil	Cerrado	Com tecnologia	Pesquisa
	..... kg/ha .....			
Soja	2.162	2.266	4.000	5.000
Milho	2.559	2.829	7.600	13.000
Arroz	2.630	1.654	3.100	4.800
Trigo	1.797	1.479	2.700	3.500
Média	2.287	2.057	4.350	6.575

Fonte: Goedert e Sousa (1989), Embrapa Cerrados (1998).

A estratégia de ocupação do Cerrado pela atividade de pecuária foi bem diferente daquela encontrada na agricultura de grãos. A evolução da pecuária na região centrou, quase que exclusivamente, na utilização intensa do fator terra em detrimento da intensificação no uso de capital. Desse modo, a pecuária no Cerrado foi tradicionalmente caracterizada pelo extrativismo, com uso limitado de insumos no sistema de produção.

Até a década de 1970, as pastagens nativas e “naturalizadas”, como o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), o capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) e o capim-colonião (*Panicum maximum*), respondiam pela maior proporção da área total de pastagens. Durante décadas, o capim-colonião foi considerado insuperável em termos de qualidade para a engorda de bovinos no Brasil Central (CORSI, 1988). Entretanto, o modelo extrativista de exploração de pastagens mostrou-se incapaz de garantir a produtividade, a qualidade e a persistência da espécie, de elevada exigência em fertilidade do solo e em manejo do pastejo. Frente a essa problemática, pesquisadores e pecuaristas ligados ao setor passaram a procurar novas opções forrageiras que se adequassem melhor à oferta ambiental do Cerrado e ao manejo praticado nas fazendas.

A partir da década de 1960, em especial nas décadas de 1970 e 1980, a área ocupada por cultivares de plantas forrageiras selecionadas no Brasil e na Austrália, principalmente por plantas do gênero *Brachiaria*, aumentou substancialmente (Figura 1, Tabela 2). Naquela ocasião, visava-se, prioritariamente, à substituição de pastagens nativas, mas, também, à renovação de áreas ocupadas por gramíneas naturalizadas de baixa produção. Esse período foi caracterizado pela rápida expansão de pastagens de *Brachiaria* spp. no País.



**Figura 1.** Evolução da área de pastagens cultivadas no Brasil.

\* Os dados de 2004 são estimativas apresentadas por Vilela et al. (2004).

Fonte: Anuário Estatístico do Brasil (1996).

**Tabela 2.** Estimativa da distribuição relativa dos principais gêneros e espécies de gramíneas forrageiras cultivadas na região do Cerrado do Brasil.

Gênero ou Espécie	Área (10 <sup>3</sup> ha)	Distribuição relativa (%)
<i>Brachiaria</i> spp.		
<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	27,5	55
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	10,5	21
<i>B. humidicola</i> cv. comum	4,0	8
<i>B. ruziziensis</i> cv. comum, <i>B. dictyoneura</i> cv. comum	0,5	1
<i>Panicum maximum</i>		
<i>P. maximum</i> cv. Colonião comum	3,5	7
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia, Tobiatã, Mombaça	2,0	4
Outros gêneros		
<i>Andropogon</i> , <i>Hyparrheria</i> , <i>Melinis</i> , <i>Cynodon</i>	2,0	4
Total	50,0	100

Fonte: Zimmer et al. (1998), adaptado por Macedo (2000).

A introdução de cultivares de plantas forrageiras selecionadas permitiu ganhos expressivos na taxa de lotação<sup>1</sup> – que, em curto prazo, passou de cerca de 0,2 a 0,4 UA/ha<sup>2</sup> para, aproximadamente, 0,8 a 1 UA/ha –, no desempenho e na produtividade animal em comparação com as pastagens formadas por espécies nativas (Figura 2).

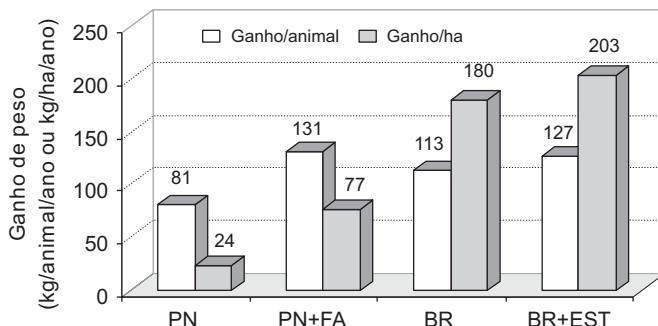
Os resultados positivos obtidos com a introdução de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região e os significativos investimentos do governo em infra-estrutura e em programas de desenvolvimento para ocupar o Cerrado<sup>3</sup>, principalmente

<sup>1</sup> A taxa de lotação animal é definida como o número de animais por unidade de área de toda a unidade de pastejo, para um dado período de tempo (THE FORAGE AND GRAZING TERMINOLOGY COMMITTEE, 1992).

<sup>2</sup> 1 UA, unidade animal, equivale a 450 kg de peso vivo.

<sup>3</sup> Grande parte da ocupação no Cerrado ocorreu durante o governo militar. Naquela época, a ocupação do interior do País era vista como ponto estratégico para a segurança nacional (LOBATO; SOUSA, 2004).

durante a década de 1970<sup>4</sup>, incentivaram, decisivamente, a tomada de decisão dos pecuaristas no intuito de implantarem pastagens com cultivares de forrageiras selecionadas em larga escala em suas fazendas.



**Figura 2.** Desempenho por animal (kg/animal/ano) e por área (kg/ha/ano) em pastagens nativas e cultivadas no Cerrado (Planaltina, DF). PN - pastagem nativa, FA - faixa de Andropogon, BR - *Brachiaria ruziziensis*, EST - estilosantes.

Fonte: Zoby et al. (1987).

Durante o rápido período de expansão da área de pastagens cultivadas no Cerrado, do final dos anos 1960 ao final dos anos 1980 (Figura 1), a maior parte da vegetação nativa derrubada para formação de pastagens (e das áreas de pastagens naturalizadas sendo renovadas) foi substituída por *B. decumbens* cv. Basilisk. Tal fato deveu-se à baixa exigência em fertilidade do solo dessa forrageira, à capacidade de rebrotação após a queima, à persistência, por vários anos, sob condições inappropriadas de manejo, e à possibilidade de gerar desempenho animal relativamente elevado, da ordem de 15 @/ha/ano, em solos de melhor fertilidade ou em áreas moderadamente adubadas.

A partir do final da década de 1970, a cigarrinha-das-pastagens (em especial dos gêneros *Zulia* e *Deois*) arruinou extensas áreas de

<sup>4</sup> Com o intuito de viabilizar o investimento e a modernização do setor agropecuário, a oferta de crédito agrícola do governo brasileiro, na década de 1970 e no início dos anos 1980, fez-se com taxas de juros nominais fixas. Em razão do ambiente de alta e crescente inflação nesse período, os empréstimos tiveram taxas de juros reais negativas, caracterizando o grande subsídio ao setor agrícola (GREMAUD et al., 2004).

*B. decumbens*, e os pecuaristas passaram a implantar grandes áreas de pastagens com *B. brizantha* cv. Marandu ("capim-braquierão"), desde o seu lançamento, em 1985. O capim-braquierão rapidamente "caiu no gosto do pecuarista", passando a ser cultivado em todo o Brasil Central. Além de tolerante às cigarrinhas do gênero *Zulia* e *Deois*<sup>5</sup>, essa forrageira apresentava maior potencial de produtividade animal do que a *B. decumbens*. Para as regiões centro-norte de Goiás e centro-sul de Tocantins, o lançamento do capim-andropógon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina), em 1980, foi muito importante, tendo em vista as características dessa forrageira: tolerância às cigarrinhas do gênero *Zulia* e *Deois* e à baixa fertilidade do solo, regeneração após a queima, rebrotação vigorosa com as primeiras chuvas da estação das águas e boa adaptação a solos rasos e arenosos.

Na década de 1980, com o início dos trabalhos de melhoramento genético de *Panicum maximum* no País e a conseqüente liberação de novas cultivares, ressurgiu o interesse de técnicos e pecuaristas pela espécie. Além da atração "pelo novo", a demanda crescente por essas forrageiras pode ser justificada pelo desejo dos pecuaristas em intensificar o sistema de produção, quer seja em áreas de pastagens degradadas, recuperadas ou renovadas (COSTA, 2000), em sistemas integrados de lavoura-pecuária (VILELA et al., 1999) ou em áreas em que se prevê a maior utilização de insumos (MARTHA JÚNIOR, 2003).

Como resultado desse processo contínuo e vigoroso de substituição da vegetação nativa por pastagens cultivadas a partir da década de 1960, a área total de pastagem cultivada no Cerrado, em 1996, já era estimada em 49,5 milhões de hectares (Tabela 3). Atualmente, estima-se que essa área é da ordem de 61 milhões de hectares, com tendência de estabilização ou até mesmo de redução, em razão da crescente expansão da área de pastagens cultivadas na fronteira do Cerrado com a Amazônia Legal e da substituição de parte da área de pastagens, na maioria das vezes degradadas, para utilização com lavouras de grãos (VILELA et al., 2004).

---

<sup>5</sup> Ressalta-se que, nos últimos anos, a incidência da cigarrinha-das-pastagens do gênero *Mahanarva* tem aumentado a níveis preocupantes, registrando-se ataques severos em pastagens de capim-braquierão nos estados do Centro-Norte do País (Tocantins, Mato Grosso, Pará).

**Tabela 3.** Área total (ha) de pastagem cultivada na região do Cerrado.

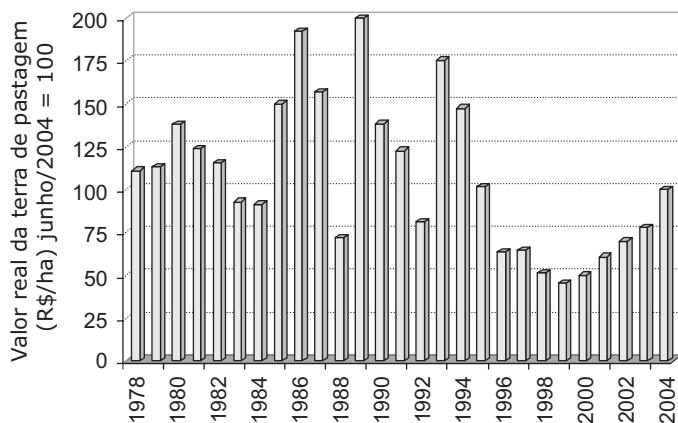
Estado	Área (ha)
Ceará	7.000
Distrito Federal	63.000
Pará	227.000
Piauí	287.000
Rondônia	521.000
Bahia	741.000
Maranhão	773.000
Tocantins	3.659.000
Minas Gerais	8.181.000
Mato Grosso	8.885.000
Mato Gross do Sul	11.970.000
Goiás	14.151.000
<b>Total</b>	<b>49.465.000</b>

Fonte: Sano et al. (1999).

Com relação à evolução da pecuária propriamente dita, cabe comentar que a alta volatilidade financeira no País, nas décadas de 1970 e 1980, incentivou, decisivamente, as atividades com menores riscos de produção e de preços e de alta liquidez dos ativos, como a produção extensiva de bovinos em pastagens (BARIONI et al., 2003). A conjuntura macroeconômica do Brasil naquela época – credibilidade da moeda muito baixa; taxas de inflação elevadas, tornando muitas vezes o mercado financeiro arriscado; seguidos planos econômicos que descasavam a correção dos preços agrícolas do custo dos empréstimos – estimulava a migração de recursos para ativos reais, aumentando a procura por terra e elevando, consequentemente, seu preço (REZENDE, 2003; LINS; PINAZZA, 2004).

Na primeira metade da década de 1970, observou-se um longo período de preços ascendentes de terras, registrando-se 11 semestres de

altas sucessivas (MONTEIRO, 1997)<sup>6</sup>. Nas duas décadas seguintes, todos os planos de estabilização, exceto o Plano Bresser, foram seguidos de altas nos preços da terra, condição atribuída às incertezas que cercam tais planos e acabam por aumentar a procura por ativos fixos de reserva de valor (MONTEIRO, 1997; REZENDE, 2003; LINS; PINAZZA, 2004). Assim, a valorização da terra, durante anos, particularmente até o final da década de 1980, representou ganho econômico considerável aos pecuaristas (Figura 3).



**Figura 3.** Índice de preço da terra de pastagem no período de junho de 1978 a junho de 2004, para a região de Campo Grande, MS (em Reais de junho/2004, pelo IGP-DI).

Fonte: Adaptado de Fundação Getúlio Vargas (2005).

Desse modo, o cenário macroeconômico do País, durante a expansão da fronteira agrícola no Cerrado, permitiu à pecuária extensiva, apesar da baixa produtividade e da baixa receita obtidas por unidade de área, desfrutar de considerável competitividade econômica frente às outras alternativas de uso do solo.

O modelo de desenvolvimento da pecuária na região do Cerrado (uso intensivo do fator terra), as características inerentes a essa atividade

<sup>6</sup> A tendência normal de preços de terras é de inversões (ciclo de valorização seguido por ciclo de desvalorização e vice-versa) a cada um a seis semestres (MONTEIRO, 1997).

(baixo risco e alta liquidez) e a conjuntura macroeconômica do País, nas décadas de 1970 e 1980 e no início dos anos 1990, foram importantes fatores contribuindo para que a pecuária na região fosse encarada, por muito tempo, como reserva de capital, ao invés de uma atividade cuja remuneração econômica pela produção estimulasse seu desenvolvimento e aperfeiçoamento por meio de investimentos crescentes em tecnologia<sup>7</sup>.

Contudo, observou-se que os preços reais de vendas de terras diminuíram entre 1977-2003, tendência invertida nos últimos anos desse período, de 1999-2003 (Tabela 4), em razão da recente expansão das lavouras de soja e de cana-de-açúcar. Tal constatação sinaliza que investimentos em tecnologias para aumentar a produtividade do recurso terra são, cada vez mais, imprescindíveis para garantir rentabilidade mínima à pecuária. Análises apresentadas por Nogueira (2007) dão suporte a essa afirmação. Com baixo uso de tecnologia, a rentabilidade média da cria, do ciclo completo e da recria-engorda, nos últimos quatro anos (2003 a 2006), foi de -0,97 %; 0,60 %; e 2,36 %, respectivamente. Com uso crescente de tecnologia, os respectivos valores foram de 0,51 %; 3,64 %; e 6,32 %.

**Tabela 4.** Taxas semestrais (%) de crescimento dos preços reais de vendas de terras em estados selecionados da região do Cerrado.

Estado	Terra de pastagem		Terra de lavoura	
	1977 - 2003	1999 - 2003	1977 - 2003	1999 - 2003
Tocantins	-1,9	5,8	-0,9	5,7
Minas Gerais	-2,2	3,8	-1,9	1,9
Mato Grosso	-1,3	6,6	-1,0	8,6
Mato Gross do Sul	-1,6	7,8	-1,4	10,0
Goiás	-0,7	6,8	-0,6	5,5
Brasil	-2,0	5,3	-1,7	5,1

Fonte: Adaptado de Gasques e Bastos (2005).

<sup>7</sup> A disponibilidade de tecnologia poupadora de recursos não garante que haverá demanda por ela, pois, se a terra for fator abundante, provavelmente faltarão estímulos à inovação poupadora de terra (CUNHA et al., 1994).

## Degradação de pastagens

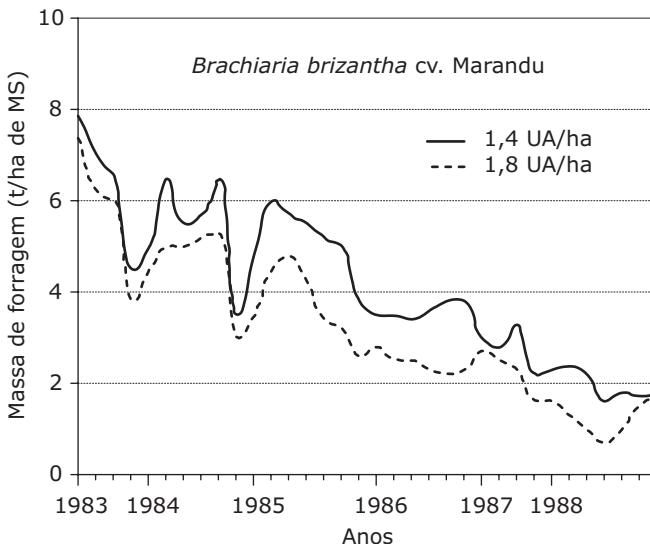
Pela ótica do pecuarista, a redução na capacidade de suporte<sup>8</sup> e a perda da produtividade da pastagem com o tempo sempre foram fenômenos considerados inerentes à pecuária do Cerrado. Contudo, as extensas áreas de pastagens degradadas a partir de meados da década de 1980 passaram a preocupar técnicos e produtores. Mesmo “a heróica” *B. decumbens* – tolerante à baixa fertilidade do solo e ao mau manejo do pastejo – não resistiu ao modelo extrativista de exploração de pastagens, em solos com aptidão agrícola desfavorável, ao longo de sucessivos anos. Assim, a partir dos anos 1980, grandes áreas dessas pastagens passaram a apresentar sinais avançados de degradação, concomitantemente ao rápido avanço da incidência de cigarrinha-das-pastagens em diversas regiões de pecuária do Cerrado. Tal modelo “extrativista” foi ainda mais prejudicial à cv. Marandu, que, por ser mais exigente em manejo e em fertilidade do solo do que a *B. decumbens*, depois de quatro ou cinco anos de exploração, já mostrava perda substancial na capacidade de suporte, na produtividade do pasto (Figura 4) e do animal e, em muitas situações, sinais avançados de degradação.

O mau manejo do sistema solo-forrageira-animal e o gerenciamento ineficiente do negócio explicam o fato de que, atualmente, 60 % a 70 % das pastagens cultivadas no Cerrado apresentam algum grau de degradação (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002). Diversos fatores elucidam o processo de degradação da pastagem, citando-se (MACEDO et al., 2001): (a) germoplasma inadequado ao local; (b) má formação inicial da pastagem causada pela ausência ou mau uso de práticas de conservação do solo, preparo do solo, correção da acidez e/ou adubação, sistemas e métodos de semeadura/plantio, manejo animal na fase de formação; (c) manejo e práticas culturais, a exemplo do uso de fogo como rotina, métodos, épocas e excesso de roçagens, ausência ou uso inadequado de

---

<sup>8</sup> A capacidade de suporte é definida como a máxima taxa de lotação para atingir um nível esperado de desempenho animal, em um dado método de pastejo, que pode ser aplicada por um determinado período de tempo sem que haja risco de deterioração do ecossistema (THE FORAGE AND GRAZING TERMINOLOGY COMMITTEE, 1992). De maneira mais simples, pode ser definida como a taxa de lotação na qual a oferta de forragem é ótima.

adubação de manutenção; (d) ocorrência de pragas, doenças e plantas invasoras; (e) manejo animal impróprio com taxa de lotação acima da capacidade de suporte e métodos inadequados de pastejo; (f) ausência ou aplicação incorreta de práticas de conservação do solo após relativo tempo de uso de pastejo.



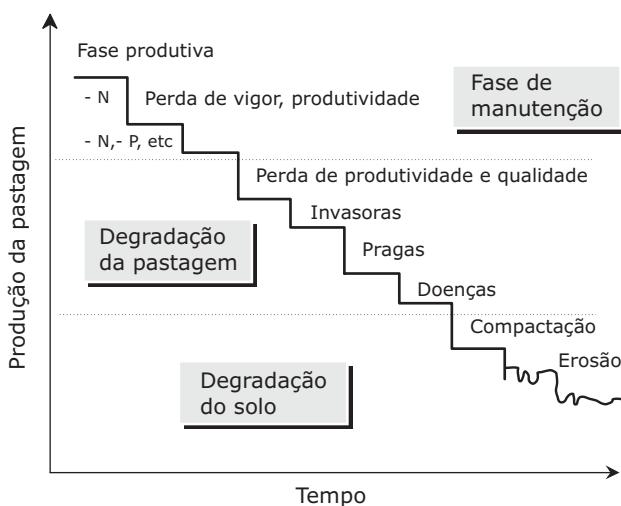
**Figura 4.** Redução na massa de forragem disponível ao longo do tempo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastejada sob taxa de lotação animal fixa.

Fonte: Bianchin (1991).

A degradação de pastagens pode ser vista como o processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural para sustentar, economicamente, os níveis de produção e de qualidade exigidos pelos animais, assim como o processo de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais, em razão de manejos inadequados (MACEDO, 2000).

A Figura 5 ilustra que o processo de degradação das pastagens pode ser comparado a uma escada. No topo, estariam as condições que garantiriam maiores produtividades de forragem. Na medida em que se desce essa escada, avança-se no processo de degradação. Até um

determinado ponto, ou até certo degrau, haveria condições de se conter a queda na produção de forragem e manter a produtividade do pasto e do animal por meio de ações de manejo mais simples, diretas e com menores custos operacionais. A partir desse ponto, estabelece-se o processo de degradação propriamente dito, em que apenas ações de recuperação ou renovação mais drásticas e dispendiosas apresentariam respostas adequadas. O final do processo culminaria com a ruptura do equilíbrio no uso dos recursos naturais, representada pela degradação do solo, com alterações em sua estrutura (MACEDO, 2000).



**Figura 5.** Representação esquemática do processo de degradação de pastagens em suas diferentes etapas no tempo.

Fonte: Macedo (2000).

A deterioração na estrutura do solo, em pastagens degradadas, reflete, em grande parte, a perda de cobertura vegetal do solo e a redução no seu teor de matéria orgânica. A evolução desse quadro determina a compactação e a redução das taxas de infiltração e da capacidade do solo reter água, causando erosão e assoreamento de nascentes, lagos e rios (MACEDO, 1995).

Esse cenário é de extrema relevância para a preservação ambiental, pois, das oito grandes bacias hidrográficas brasileiras, seis têm suas

nascentes em áreas de Cerrado. Exemplificando, esse bioma é responsável por 71 % da vazão gerada na Bacia Araguaia/Tocantins, 94 % na Bacia do São Francisco e 71 % na Bacia Paraná/Paraguai (LIMA; SILVA, 2002). Tendo em vista a importância do Cerrado para a expansão do setor agrícola/bioenergia e para a manutenção da oferta hídrica nacional, as extensas áreas de pastagens em degradação causam potencialmente grande impacto negativo sobre o ciclo da água das principais bacias hidrográficas brasileiras, em razão da redução no potencial de recarga hídrica.

Ademais, em pastagens degradadas, normalmente se observam índices zootécnicos e econômicos insuficientes para garantir a sustentabilidade da atividade de pecuária. Tal condição tem levado diversos pecuaristas a explorarem novas áreas de vegetação nativa, com a crença de que essa estratégia é solução viável, e por vezes única, para assegurar o fluxo de recursos financeiros na propriedade. Em um primeiro momento, observa-se a retirada de madeiras nobres, sendo essa ação normalmente seguida da derrubada da vegetação nativa para se implantar novas áreas de pastagens cultivadas, dando início, freqüentemente, a um novo ciclo de produção e degradação de pastagens (MARTHA JÚNIOR et al., 2006).

A degradação das pastagens, em adição aos problemas de ordem econômica, determina problemas ambientais, gerando, com o tempo, impactos sociais indesejáveis, uma vez que há redução de empregos, da qualidade de vida e, consequentemente, do estímulo à permanência do homem no meio rural. Desse modo, o cenário de degradação das pastagens é preocupante e deve servir de estímulo para o desenvolvimento de alternativas rentáveis e sustentáveis para a produção de bovinos em pastejo. Essa assertiva reveste-se de importância tendo em vista que o panorama pecuário na região do Cerrado pode ser alterado rapidamente, já que a recuperação ou renovação da área de pastagem degradada oferece oportunidades para se adotar tecnologias com potencial para modificar, significativamente, a produtividade, lucratividade e sustentabilidade desses empreendimentos pecuários (BARCELLOS, 1996).

A tecnologia a ser adotada na fazenda, com o intuito de evitar ou de reverter a degradação da pastagem, deve considerar as causas desse processo, destacando-se, para o Cerrado, a falta de cuidados para com a fertilidade do solo, naturalmente baixa nos solos da região. Tal fato justifica o crescente interesse pela renovação/recuperação de pastos degradados, de maneira direta pelo uso de fertilizantes, ou, indiretamente, por meio da integração lavoura-pecuária (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002; VILELA et al., 2003).

## Situação atual, tendências e perspectivas

O negócio da carne bovina brasileira cresceu, substancialmente, na última década (Tabela 5). A produção, de 5.200 mil t, em 1994, atingiu 8.900 mil t, em 2006, um incremento de 71 %. Esse acréscimo refletiu o aumento no rebanho bovino, mas, também, investimentos em tecnologias pelos pecuaristas<sup>9</sup>: enquanto o efetivo bovino cresceu 2,45 % ao ano no período, as taxas de incremento na produção e no abate foram o dobro, da ordem de 5,90 % ao ano<sup>10</sup>.

As variações nos volumes e nos valores das exportações de carne bovina foram ainda mais surpreendentes (Tabela 5). Em 1994, o Brasil exportou 378,4 mil toneladas de equivalente carcaça de carne bovina, representando US\$ 573,4 milhões e 7,3 % da produção nacional. Em 2006, o volume exportado de carne bovina foi de 2,20 milhões de toneladas de equivalente carcaça, com valor de US\$ 3,52 bilhões. Desse modo, o volume exportado em 2006, equivalente a 24,7 % da produção nacional, aumentou 5,8 vezes em relação ao de 1994. Em valores, o acréscimo no período foi de 6,1 vezes.

---

<sup>9</sup> A produtividade animal na recria-engorda é resultado do produto entre desempenho por animal e taxa de lotação. Os pecuaristas priorizam, normalmente, investimentos no componente animal em detrimento daqueles no componente pastagem.

<sup>10</sup> A maior produção por animal certamente refletiu investimentos no processo produtivo. Contudo, existem variações, entre anos, na proporção de machos (boi gordo/novilhos) e de fêmeas (novilhas/vacas) abatidos, resultando em diferentes pesos médios de carcaça a cada ano.

**Tabela 5.** Balanço da pecuária bovina de corte no Brasil.

	1994	2000	2002	2004	2006
População (milhões hab.)	153,7	169,8	174,4	180,0	185,2
Rebanho (milhões cab.)	158,2	164,3	179,2	192,5	204,7
Abate (milhões cab.)	26,0	32,5	35,5	41,4	44,4
Taxa de abate (%)	16,4	19,8	19,8	21,5	21,7
Produção (mil t)*	5.200,0	6.650,0	7.300,0	8.350,0	8.900,0
Consumo interno (mil t)*	5.017,5	6.158,0	6.394,7	6.548,9	6.750,0
Consumo per capita (kg)	32,6	36,3	36,7	36,4	36,4
Exportação (mil t)*	378,4	591,9	1006,0	1854,4	2200,0
Exportação (% total)	7,3	8,9	13,8	22,2	24,7
Exportação (US\$ milhões)	573,4	786,3	1107,3	2457,3	3520,0
Importação (mil t)*	195,9	99,9	100,7	53,3	50,0
Importação (US\$ milhões)	230,5	128,3	84,0	72,2	80,0

\* Mil toneladas de equivalente carcaça.

Fonte: Adaptado de Anuário Brasileiro da Pecuária (2004, 2005, 2006), Anuário DBO (2005, 2006, 2007).

Tem-se, ainda, a expectativa de crescimento de uma população prioritariamente urbana (no Brasil e no mundo), de maior renda, determinando mudanças nos hábitos alimentares, no sentido de um maior consumo de produtos de origem animal (PINSTRUP-ANDERSEN et al., 1999). Ademais, a previsão de aumentos nas taxas de crescimento econômico e de empregos no Brasil – e, consequentemente, acréscimos na renda da população –, nos próximos anos, tende a estimular o consumo doméstico de carne bovina, cuja elasticidade-renda<sup>11</sup> é próxima a 1,0 (ARBAGE, 2003; MENEZES et al., 2003).

<sup>11</sup> A elasticidade-renda da demanda expressa a porcentagem de mudança na demanda de um produto ou serviço em função de uma mudança percentual na renda da população.

Tal tendência – aumento no consumo de carnes – é global (PINSTRUP-ANDERSEN et al., 1999), sinalizando que, nas próximas décadas, o Brasil continuará sendo um dos principais (senão o principal) exportadores de carne bovina. Se, por um lado, questões sanitárias não podem ser esquecidas, sob a penalidade de o País perder participação no mercado externo, por outro, os ecossistemas de pastagens são de importância destacada no atendimento dessa crescente demanda (interna e externa). As pastagens cultivadas ocupam cerca de 140 milhões de hectares (Figura 1), em um total de 220 milhões de hectares (VILELA et al., 2004), e respondem, de forma direta, por aproximadamente 95 % da carne bovina produzida no País. Do restante da produção – animais terminados em confinamento –, ressalta-se que a cria/recria é, via de regra, realizada em pastejo.

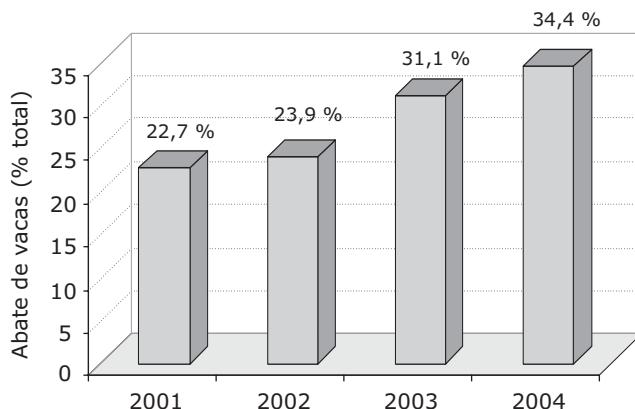
Assim, já a partir de um futuro próximo, prevê-se não só o aumento da demanda de carne bovina para atender o exigente mercado externo, mas, também, o incremento na demanda no mercado interno. Os elevados níveis de abate de vacas registrados nos últimos anos (Figura 6), que tamponaram o abastecimento de carne bovina no mercado interno – o grande consumidor desse produto –, não poderão ser sustentados por muito tempo, sinalizando a iminente inversão do ciclo pecuário<sup>12</sup>. Portanto, para evitar o descasamento entre oferta e demanda de carne bovina, torna-se necessário aumentar a produtividade da pecuária de corte<sup>13</sup>.

Contudo, a melhora na produtividade da terra da pecuária nacional, nos últimos anos, não tem sido expressiva (Figura 7). Nesse cenário, observa-se que os investimentos em tecnologia são desestimulados pela baixa rentabilidade dos empreendimentos de pecuária. Entretanto, a adoção de tecnologia é etapa fundamental para tornar a pecuária de corte economicamente mais atraente.

---

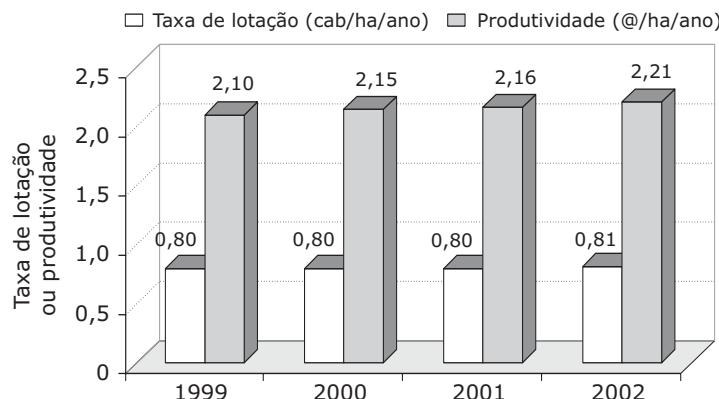
<sup>12</sup> O ciclo pecuário é caracterizado por períodos de elevada taxa de abate de matrizes, refletindo momentos de baixa remuneração pelo boi gordo, pelos animais de recria e bezerros, seguidos por períodos de retenção de vacas, em resposta ao aumento no valor de mercado daqueles produtos.

<sup>13</sup> Note-se que o incremento da produtividade dos recursos naturais é condição indispensável para compatibilizar conservação da natureza com aumento de produção (CUNHA et al. 1994).



**Figura 6.** Variação na participação percentual do abate de vacas no total de bovinos abatidos no Brasil.

Fonte: IBGE (2005).



**Figura 7.** Evolução da taxa de lotação (cabeças/ha/ano) e da produtividade (@/ha/ano) no período de 1999 a 2002. Considerou-se que o incremento na área de pastagem entre 1996 e 2002, de 42,3 milhões de hectares, foi linear.

Fonte: Adaptado de Anuário Brasileiro da Pecuária (2004, 2005, 2006), Anuário DBO (2005, 2006, 2007), Vilela et al. (2004).

A perda de competitividade econômica da pecuária de corte, ao longo dos últimos 15 anos, foi discutida por Barros et al. (2004). No período de 1991 a 2004, os autores mostraram redução no poder de compra da pecuária de corte brasileira, da ordem de sete pontos

percentuais, em razão da combinação da deterioração dos termos de troca e de ganhos insuficientes em produtividade (Tabela 6). No período de março de 2003 a dezembro de 2005, as perdas da pecuária de corte aumentaram ainda mais. Em valores nominais, computando-se o efeito conjunto da desvalorização da arroba do boi gordo e do aumento no custo de produção, o setor acumulou perdas de mais de 30 % (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL, 2006).

Esses problemas do setor – termos de troca desfavoráveis e baixos ganhos em produtividade<sup>14</sup> – são amplificados à medida que a rentabilidade e a competitividade da pecuária de corte estão sendo afetadas adversamente pela atual conjuntura macroeconômica do País e pela pressão pelo uso da terra exercida por outras alternativas agrícolas. A recente expansão das lavouras, em especial das culturas da soja e da cana-de-açúcar, e o aprimoramento da infra-estrutura adequada à exploração agrícola no Cerrado têm gerado grande aumento na demanda pela terra na região.

Conseqüentemente, houve valorização da terra nos últimos anos (Figura 8), particularmente em relação ao boi (Figura 9)<sup>15</sup>. Com isso, o equilíbrio entre a intensidade de uso dos recursos do sistema – relação entre terra e animais – é alterado (BARIONI et al., 2003). Nesse contexto,

<sup>14</sup> Os termos de troca desfavoráveis na pecuária de corte, resultantes da alta no preço dos insumos e da não valorização proporcional no preço dos produtos (bezerro e boi gordo) verificadas nos últimos anos, podem ser explicados pelo fato de a carne bovina ter como mercado majoritário o interno e, ainda, pelo seu preço, no mercado interno, ser limitado pela oferta de carne suína e de frango. Ademais, sem uma proteção de preço relativo para a relação de troca insumo-produto, o risco de oscilação nos preços de insumos passa a ser uma variável de extrema importância para a pecuária bovina (BARROS et al., 2003).

<sup>15</sup> Antes do expressivo aumento na cotação de soja, a partir da safra de 2001/2002, o arrendamento mensal de uma área de pasto, para uma cabeça, valia cerca de 10 % a 12 % do preço da arroba do boi. Em 2004, o valor referência foi de 15 % a 20 %. Em algumas regiões, conforme a época do ano, esse valor chegou a atingir 25 % da arroba do boi gordo. Nos últimos anos, o preço da terra na região do Cerrado caiu, acompanhando a crise na agricultura. De modo geral, o volume de negócios envolvendo compra e venda de terra é baixo. Nos dois últimos anos, preços de terra valorizados têm ficado restritos às regiões do Cerrado onde há oportunidade de negócios com a cana-de-açúcar.

é necessário elevar a produtividade do “recurso terra” para garantir a rentabilidade do empreendimento, por meio da redução do custo médio de produção, resultado da diluição dos custos fixos e dos custos de oportunidade do uso do capital (BARROS et al., 2003; MARTHA JÚNIOR et al., 2006). Essa proposta é ratificada pela estabilização monetária nos dias atuais que, em combinação com as altas taxas de juro real e a apreciação cambial, diminui o preço dos ativos imóveis e, portanto, desestimula a adoção da pecuária apenas como reserva de capital (LINS; PINAZZA, 2004).

**Tabela 6.** Índice de evolução dos termos de troca, de produtividade e do poder de compra da agropecuária brasileira no período de 1991 a 2004 (1991=100).

Período	Termos de troca	Produtividade	Poder de compra
<b>Agropecuária<sup>(1)</sup></b>			
1991	100	100	100
2004	86	146	125
<b>Lavouras<sup>(2)</sup></b>			
1991	100	100	100
2004	98	167	164
<b>Pecuária de corte</b>			
1991	100	100	100
2004	79	117	93

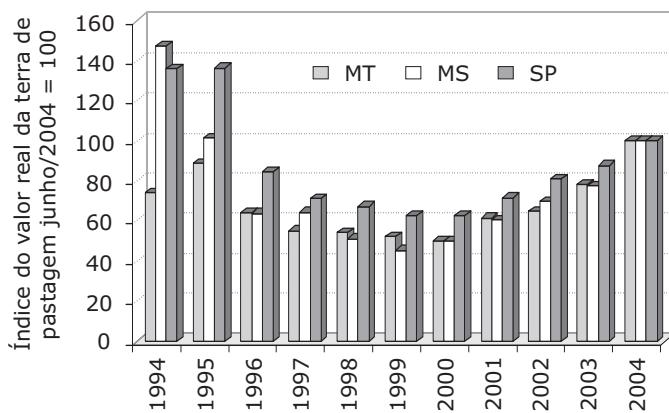
<sup>1</sup> Principais lavouras do País e produtos animais (carne bovina, suína e de frango, leite e ovos).

<sup>2</sup> Arroz, algodão, café, cana, feijão, laranja, milho, soja e trigo.

Fonte: Barros et al. (2004).

Cabe comentar que a pressão econômica imposta ao empreendimento de pecuária – e, portanto, a estratégia de intensificação a ser priorizada – varia com a região e é fator preponderante interferindo nas metas de produtividade do sistema de produção. Barros et al. (2004)

mostraram que a viabilidade da intensificação do sistema de produção é fortemente influenciada pelos termos de troca de uma dada região, de maneira que, em curto prazo, variações substanciais nos preços relativos dos fatores podem inviabilizar a adoção de tecnologias mais intensivas em capital na pecuária. Considerando apenas o aspecto econômico, em regiões de fronteira, com expectativa de valorização patrimonial, pode ser mais interessante adquirir mais terra do que intensificar as áreas já em produção (BARROS et al., 2004)<sup>16</sup>.

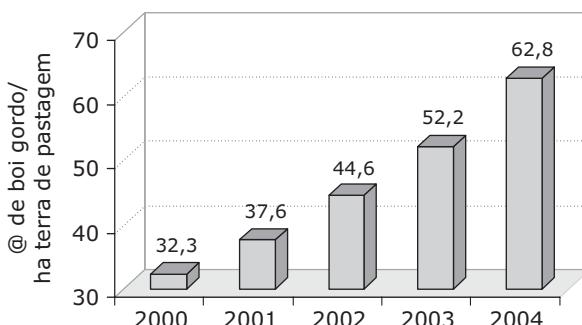


**Figura 8.** Índice de preço para terra de pastagem no período de junho de 1994 a junho de 2004, para os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo (em Reais de junho/2004, pelo IGP-DI).

Fonte: Elaborado a partir de Fundação Getúlio Vargas (2005).

Na opção pela intensificação do sistema pastoril, deve-se considerar, ainda, o maior tempo de retorno do capital investido na pecuária em relação às culturas de grãos e à necessidade de investimentos na aquisição de animais e na infra-estrutura necessária para permitir o manejo eficiente da pastagem e a obtenção de ganhos marginais condizentes com o novo patamar de investimentos (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002). Tal constatação implica maiores cuidados com a gestão do negócio, uma vez que a tecnicização não planejada fica sujeita a riscos de vulto considerável (BARIONI et al., 2003).

<sup>16</sup> Confira nota 7, p. 25.



**Figura 9.** Evolução da valorização da terra de pastagem em relação ao valor da arroba do boi gordo, média Brasil.

Fonte: Elaborado a partir de Fundação Getúlio Vargas (2005).

Por fim, é importante internalizar que a competitividade da pecuária de corte passa, obrigatoriamente, pela maior integração à cadeia produtiva, cujas demandas são mais abrangentes do que aquela apresentada pelo setor produtivo (EUCLIDES FILHO, 2004). Há necessidade de mudança no perfil de exploração da pecuária bovina nacional para garantir a continuidade do crescimento do mercado de carne bovina sobre uma base sólida, pautada em sistemas de produção eficientes em termos biológicos, econômicos, ambientais e sociais.

As transformações da cadeia da carne bovina, ao longo dos últimos anos (Tabela 7), trazem um novo conceito para o produto final da pecuária de corte, que deixa de ser o animal pronto para o abate e passa a ser a carne de qualidade, produzida de forma competitiva que, além de apresentar atributos organolépticos desejáveis, é saudável e nutritiva (EUCLIDES FILHO, 2004). Portanto, no atual contexto agropecuário brasileiro, bem como naquele que se projeta para os próximos anos, a pecuária bovina deve ser uma atividade sustentável, sendo que o estabelecimento e/ou a adequação de um determinado sistema de produção devem estar intimamente relacionados com as condições socioeconômicas, ambientais e culturais da região e com a possibilidade e/ou capacidade do produtor em promover investimentos (EUCLIDES FILHO, 2004).

**Tabela 7.** Características selecionadas da atividade de pecuária na época de expansão da fronteira agrícola no Cerrado e nos dias atuais.

Característica	Anos 1970-1980	Situação atual
Crédito e subsídio	Alto	Baixo
Preço da terra	Baixo	Alto (terrás de cultura)
Preço deflacionado do boi	Alto	Estável
Ambiente físico	Terras recém-desbravadas	Grande extensão de pastos degradados
Preocupação ecológica	Moderada	Grande
Agricultura no Cerrado	Semi-intensiva a intensiva	Intensiva
Juros	Moderados	Alto
Inflação	Alta	Moderada
Tecnologias para sistemas intensivos (a pasto)	Pouco testadas	Bastante testadas
Utilização de suplementos (a pasto)	Pouco freqüente	Moderadamente freqüente
Variação estacional do preço do boi	Alta	Moderada
Reforma Agrária	Não	Sim
Terra como investimento	Bastante viável (rápida valorização contra baixos juros)	Risco moderado a elevado (altas taxas de juros, reforma agrária, dependência de demanda internacional por grãos)
Boi como reserva de capital	Bastante viável	Apenas em períodos de instabilidade
Mercado do boi	Interno	Progressivamente externo

Fonte: Barioni et al. (2003).

## Referências

- ANUÁRIO BRASILEIRO DA PECUÁRIA. Santa Cruz: Gazeta Santa Cruz, 2004. Disponível em: <[www.anuarios.com.br](http://www.anuarios.com.br)>. Acesso em: 25 out. 2004.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA PECUÁRIA. Santa Cruz: Gazeta Santa Cruz, 2005. Disponível em: <[www.anuarios.com.br](http://www.anuarios.com.br)>. Acesso em: 5 nov. 2005.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA PECUÁRIA. Santa Cruz: Gazeta Santa Cruz, 2006. Disponível em: <[www.anuarios.com.br](http://www.anuarios.com.br)>. Acesso em: 7 out. 2006.
- ANUÁRIO DBO 2005. São Paulo: DBO Editores Associados, n. 292, mar. 2005. 106 p.
- ANUÁRIO DBO 2006. São Paulo: DBO Editores Associados, n. 304, mar. 2006. 82 p.
- ANUÁRIO DBO 2007. São Paulo: DBO Editores Associados, n. 315, jan. 2007. 82 p.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v. 55, 1996.
- ARBAGE, A. P. **Economia rural**: conceitos básicos e aplicações. Chapecó: Argos, 2003. 303 p.
- BARCELLOS, A. O. Sistemas extensivos e semi-extensivos de produção pecuária bovina de corte nos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 130-136.
- BARIONI, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; RAMOS, A. K.; VILELA, L. Palavra-chave: gestão. **Revista Cultivar Bovinos**, Pelotas, v. 1, n. 3, p. 10-11, 2003.
- BARROS, A. L. M.; ZIMMERMANN, A.; SOUZA, C. R. S.; ICHIHARA, S. M. Considerações acerca da avaliação de projetos de investimentos. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Produção animal em pastagens**: situação atual e perspectivas: anais. Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 301-326.
- BARROS, A. L. M.; HAUSKNECHT, J. C. O. V.; BALSALOBRE, M. A. A. Intensificação em pecuária de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 67-85.
- BIANCHIN, I. **Epidemiologia e controle de helmintos em bezerras a partir da desmama, em pastagem melhorada, em clima tropical do Brasil**. 1991. 162 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Indicadores pecuários n. 11/33, 2004/2006**. Disponível em: <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em: 23 nov. 2006.

CORSI, M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 9., 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p. 57-75.

COSTA, F. P. **O produtor, os recursos produtivos e o manejo das pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 34 p. (Embrapa Gado de Corte. Circular Técnica, 26).

CUNHA, A. S.; MUELLER, C. C.; ALVES, E. R. A.; SILVA, J. E. **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos Cerrados**. Brasília, DF: IPEA, 1994. 256 p. (IPEA. Estudos de Política Agrícola, 1. Relatórios de Pesquisa, 11).

EMBRAPA CERRADOS. **Embrapa Cerrados e a região dos Cerrados**: informações básicas de dados estatísticos. Planaltina, DF, 1998. 24 p.

EUCLIDES FILHO, K. Índices produtivos para fazendas de gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 1-43.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Séries gratuitas**: preços agrícolas: preços de terras para venda, pastagens. Disponível em: <<http://www.fgvdados.br>>. Acesso em: 10 out. 2005.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T. Compare os preços entre o Brasil e os EUA. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 18-20, 2005.

GOEDERT, W. J.; SOUZA, P. I. M. Culturas anuais: situação atual e perspectivas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 7., 1989, Brasília, DF. **Estratégias de utilização**: anais. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p.138-157.

GREMAUD, A. P.; VASCONCELLOS, M. A.; TONETO JÚNIOR, R. **Economia brasileira contemporânea**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 626 p.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**: tabela 602 - quantidade de bovinos abatidos. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=602&z=t&o=20>>. Acesso em: 22 out. 2005.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Contribuição hídrica do Cerrado para as grandes bacias hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 2., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2002. 1 CD-ROM.

LINS, M. A. T.; PINAZZA, L. A. Para produzir, e não para especular. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 7, p. 44-45, jul. 2004.

LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. Fertilidade do solo e máxima eficiência produtiva. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 257-282.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995. p. 28-62.

MACEDO, M. C. M. Sistemas de produção animal em pasto nas savanas tropicais da América: limitações à sustentabilidade. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 16.; CONGRESO URUGUAYO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 3., 2000, Montevideo. **Anales**. Montevideo: Alpa, 2000. 1 CD-ROM.

MACEDO, M. C. M.; BONO, J. A.; ZIMMER, A.; COSTA, F. P.; MIRANDA, C. H. B.; KICHEL, A. N.; KANNO, T. Preliminary results of agropastoral systems in the Cerrados of Mato Grosso do Sul - Brazil. In: KANNO, T.; MACEDO, M. C. M. (Ed.). **JIRCAS/EMBRAPA Gado de Corte International Joint Workshop on Agropastoral System in South America**. [Tsukuba]: JIRCAS, 2001. p. 35-42. (JIRCAS Working Report, 19).

MARTHA JÚNIOR, G. B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia**. 2003. 149 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Pastagens no Cerrado**: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 50).

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. A planta forrageira e o agroecossistema. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23., 2006, Piracicaba. **As pastagens e o meio ambiente**: anais. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 87-138.

MENEZES, T.; SILVEIRA, F. G.; MAGALHÃES, L. C. G.; DINIZ, B. P. C. Elasticidade-renda dos produtos alimentares no Brasil e regiões metropolitanas: uma aplicação dos micro-dados da POF 1995/1996. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 31., 2003, Porto Seguro. **Anais....** Porto Seguro: ANPEC, 2003. Trabalho E43, Economia Regional e Economia Agrícola. Disponível em: <[www.anpec.org.br/encontro\\_2003.htm](http://www.anpec.org.br/encontro_2003.htm)>. Acesso em: 24 mar. 2007.

MONTEIRO, M. J. C. Preços de terra: uma queda esperada. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 18-22, jan. 1997.

NOGUEIRA, M. P. Resultados econômicos da pecuária em 2006. **Boi e Companhia**: Informativo Pecuário Semanal, Bebedouro, p. 9-11, 2007.

PINSTRUP-ANDERSEN, P.; PANDYA-LORCH, R.; ROSEGRANT, M. W. **World food prospects**: critical issues for the early twenty-first century. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute, 1999. 32 p. (Food Policy Report).

REZENDE, G. C. **Estado, macroeconomia e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2003. 246 p.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado brasileiro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 21 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 3).

THE FORAGE AND GRAZING TERMINOLOGY COMMITTEE. Terminology for grazing lands and grazing animals. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5, p. 191-201, 1992.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; KLUTCHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura/pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 145-170.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 425-472.

VILELA, L.; MIRANDA, J. C. C.; SHARMA, R. D.; AYARZA, M. A. **Integração lavoura-pecuária: atividades desenvolvidas pela Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 31 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 9).

ZOBY, J. L. F.; KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M. G. Pastagens nativas, melhoradas e cultivadas em áreas de Cerrado na recria de fêmeas de reposição. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**. Planaltina, DF, 1987. p. 404-408.

# Uso de fertilizantes em pastagens

CAPÍTULO

2

Geraldo Bueno Martha Júnior  
Lourival Vilela

## Introdução

O declínio na produtividade das pastagens com o tempo<sup>1</sup> constitui o maior obstáculo para o estabelecimento de uma pecuária bovina sustentável em termos agronômicos, econômicos e ambientais no Cerrado. Dentre os fatores que explicam a degradação das pastagens, na região, a falta de cuidados com a fertilidade do solo assume posição de destaque.

## Importância da adubação para a sustentabilidade dos sistemas pastoris

Os sistemas de produção de bovinos mais utilizados no Cerrado foram e continuam sendo aqueles extensivos, baseados no uso de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Esse modelo extrativista de utilização de pastagens, em solos com aptidão agrícola desfavorável, justifica, pelo menos em parte, os baixos índices zootécnicos e as baixas produtividades e rentabilidades da pecuária de corte.

Nesses sistemas de produção, raramente utilizam-se corretivos e fertilizantes, particularmente na fase de manutenção da pastagem,

<sup>1</sup> Confira Fig. 5, Cap. 1, p. 28.

agravando o problema da baixa fertilidade dos solos. Em tais situações, observa-se o desbalanço entre a exigência nutricional da planta forrageira e a capacidade de fornecimento de nutrientes (e de outras condições favoráveis ao crescimento vegetal) pelo solo (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002).

Por um lado, a exigência por nutrientes das plantas forrageiras tropicais é elevada: exemplificando a necessidade de extração de nutrientes pela parte aérea de *Brachiaria* spp., considere uma situação em que a produção de forragem é da ordem de 8.000 kg/ha de massa seca. Nesse caso, a exigência em nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), considerando os limites inferiores indicados na Tabela 1, seria de 96, 6,4 e 96 kg/ha, respectivamente. Se os limites superiores de nutrientes fossem utilizados, a demanda por NPK seria de 160, 24 e 240 kg/ha, respectivamente. Considerando o sistema radicular, a demanda por nutrientes aumentaria em pelo menos 20 %.

**Tabela 1.** Faixa de teores de nutrientes para algumas forrageiras tropicais.

Espécie forrageira	N	P	K	Ca	Mg	S
	..... g/kg de MS .....					
<i>B. brizantha</i> , <i>B. decumbens</i>	12-20	0,8-3,0	12-30	2-6	1,5-4,0	0,8-2,5
<i>P. maximum</i> , <i>P. purpureum</i>	15-25	1,0-3,0	15-30	3-8	1,5-5,0	1,0-3,0
<i>A. gayanus</i>	12-25	1,1-3,0	12-25	2-6	1,5-4,0	0,8-2,5
<i>P. notatum</i> , <i>M. minutiflora</i>	12-22	1,0-3,0	12-30	3-7	1,5-4,0	0,8-2,5
<i>Cynodon</i> spp.	15-26	1,5-3,0	15-30	3-8	1,5-4,0	1,0-3,0

Fonte: Adaptado de Werner et al. (1996).

Por outro lado, a baixa fertilidade da grande maioria dos solos do Cerrado (Latossolos, Podzólicos distróficos e/ou álicos, Areias Quartzozas) restringe o crescimento vegetal, tanto em razão da acidez elevada e dos níveis tóxicos de alumínio, como pela baixa capacidade de fornecimento de

nutrientes (baixos teores de bases trocáveis, fósforo, enxofre, micronutrientes e nitrogênio), conforme indicado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas dos principais solos da região do Cerrado.

Variáveis	Classe de solos – (Ordens)		
	Latossolos (Oxisols)	Podzólicos (Ultisols)	Areias Quartzosas (Entisols)
pH H <sub>2</sub> O	4,5 - 5,2	5,0	5,2
C *	0,5 - 2,4	0,9	0,5
Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> **	0,2 - 5,7	0,7	0,4
K <sup>+</sup> ***	0,02 - 0,4	0,1	0,1
Al <sup>3+</sup> ***	0,7 - 1,4	1,1	0,7
P (Mehlich-1) ***	0,5 - 3,4	1,0	1,6
CTC (pH 7) **	3,9 - 13,9	5,8	3,7
Saturação por bases *	5,9 - 43,9	13,8	13,5
Saturação de Al *	16,4 - 85,9	57,0	57,4

\* %; \*\* cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; \*\*\* mg/L.

Fonte: Adaptado de Adamoli et al. (1985).

Em razão da baixa fertilidade química dos solos do Cerrado e da elevada exigência em nutrientes das plantas forrageiras (Tabelas 1 e 2), na intensificação dos sistemas de produção animal em pastejo, devem-se considerar, obrigatoriamente, investimentos em fertilizantes. As adubações, por aumentarem a produção e a qualidade da forragem, atuam, positivamente, sobre os dois determinantes primários da produtividade animal em pastagens: a taxa de lotação e o desempenho dos animais. Ganhos em produtividade provenientes do progresso tecnológico e do crescimento na escala de produção são quesitos fundamentais para assegurar a redução dos custos médios e, portanto, a viabilidade

econômica do empreendimento em médio-longo prazo (BARROS et al., 2004).

Essas constatações, em associação com a conscientização da necessidade de maior profissionalização dos empreendimentos de pecuária a pasto, justificam o crescente interesse de técnicos e produtores pela adubação de pastagens. Infelizmente, o esforço para melhorar a nutrição e a produtividade da planta forrageira no País, por meio da adubação, ainda é muito limitado: estimativas recentes indicaram que menos de 3,6 kg/ha de fertilizante NPK são aplicados, anualmente, em áreas de pastagens (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE FERTILIZANTES, 2002).

Possivelmente, as razões que determinam o uso limitado de fertilizantes em pastagens seriam, segundo Mays et al. (1980) e Martha Júnior e Vilela (2002):

- As plantas forrageiras são consideradas culturas de baixo valor e, portanto, não justificam o uso de corretivos e fertilizantes.
- A redução na produção de forragem, em razão da baixa fertilidade do solo, não é sempre óbvia, particularmente em condições de pastejo.
- É difícil para o pecuarista mensurar o retorno econômico do fertilizante aplicado ao pasto (R\$ de lucro advindo do uso do fertilizante por hectare).
- O manejo da pastagem praticado em muitas propriedades não contempla a utilização eficiente da forragem extra produzida pela adubação.
- O uso limitado de assistência técnica pela maioria dos fazendeiros.

Além dessas razões, deve-se considerar ainda a conjuntura econômica do País.

## Valor econômico das plantas forrageiras

A idéia de que “pasto é pasto e agüenta qualquer coisa”, bastante comum no País, reflete a concepção extrativista e tradicionalista na qual a

maioria dos empreendimentos de pecuária no Brasil estão alicerçados (MARTHA JÚNIOR; CORSI, 2001). Esse tipo de raciocínio pode ser explicado, pelo menos em parte, pela experiência dos pecuaristas em implantar pastagens em solos mais férteis e, portanto, com maior capacidade de suportar, por um maior período de tempo, essa estratégia extrativista de exploração de pastagens. Todavia, a pesquisa e a prática têm mostrado que a reposição e a manutenção da fertilidade dos solos de pastagens são premissas básicas para garantir a sustentabilidade e a produtividade da planta forrageira (CORSI; MARTHA JÚNIOR, 1997; MACEDO, 2000).

Nesse sentido, a maior utilização de corretivos e fertilizantes em áreas de pastagens, observada na última década<sup>2</sup>, em associação com a perspectiva de essa quantidade se elevar nos próximos anos<sup>3</sup>, sinaliza que as pastagens estão, paulatinamente, sendo consideradas culturas de maior valor econômico e, como tal, justificam a utilização desses insumos. À parte o aspecto econômico, a questão ambiental, demandando medidas eficazes para eliminar o processo de degradação do pasto<sup>4</sup>, estimula o uso de corretivos e fertilizantes em pastagens.

## Redução na produção de forragem

Essa maneira de se encarar o problema da “falta de adubação em pastagens” também está mudando, basicamente em razão da constatação

---

<sup>2</sup> Em 1990, cerca de 110 mil toneladas de fertilizantes eram utilizadas em pastagens; esse valor elevou-se para 570 mil toneladas em 1999 (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE FERTILIZANTES, 2000).

<sup>3</sup> Algumas estimativas realizadas por empresas de fertilizantes mostraram que as pastagens são consideradas um dos maiores mercados potenciais para a venda de fertilizantes num futuro próximo. Com efeito, a Associação Nacional para a Difusão de Adubos (ANDA) apontou que a adubação de pastagens é o segmento que mais cresce no País, algo ao redor de 10 % ao ano (CRESCE..., 2001).

<sup>4</sup> Confira Cap. 1, p. 26, *Degradação de Pastagens*.

de que é inevitável a queda na capacidade de suporte do pasto, ao longo do tempo, em sistemas produtivos que não prevêem algum programa de correção e adubação do solo na fase de implantação e de manutenção da pastagem<sup>5</sup>. Vale lembrar que a redução na capacidade de suporte da pastagem, em virtude do uso limitado de fertilizantes e corretivos, é evidente inclusive nas situações em que se utilizam espécies forrageiras mais adaptadas à baixa fertilidade do solo.

A falta de cuidados com a fertilidade do solo certamente leva à degradação da pastagem, mas o período de tempo para que se instale um quadro avançado de degradação da pastagem, tornando a atividade de pecuária inviável economicamente, é variável em função das condições ecológicas nas quais a propriedade está inserida, bem como em função da espécie forrageira e do manejo da pastagem praticado na fazenda. De maneira geral, a recuperação (ou renovação) do pasto torna-se necessária após quatro a cinco anos do estabelecimento da planta forrageira na área (CORSI; MARTHA JÚNIOR, 1997)<sup>6</sup>.

Não obstante, tem sido demonstrado que o uso racional de corretivos e fertilizantes é efetivo na recuperação/renovação de pastagens degradadas, na prevenção da degradação do pasto e na manutenção da produtividade animal. As informações apresentadas na Tabela 3 evidenciam que o uso de adubação proporcionou resultados positivos na recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*, particularmente depois de dois anos da aplicação dos tratamentos. Ao final do segundo ano, o tratamento completo de adubação (macro/micronutrientes+N) proporcionou melhores resultados na produção de forragem do que a estratégia que não utilizou N ou que centrou, exclusivamente, no tratamento mecânico do solo ou no tratamento mecânico com adubação sem N.

---

<sup>5</sup> Confira Fig. 4, Cap. 1, p. 27.

<sup>6</sup> Os resultados apresentados na Fig. 4, Cap. 1, dão suporte a essa assertiva.

**Tabela 3.** Produção de matéria seca - parte aérea (t/ha) e raízes (mg/cm<sup>3</sup>) - em *Brachiaria decumbens* submetida a diferentes tratamentos para recuperação do pasto.

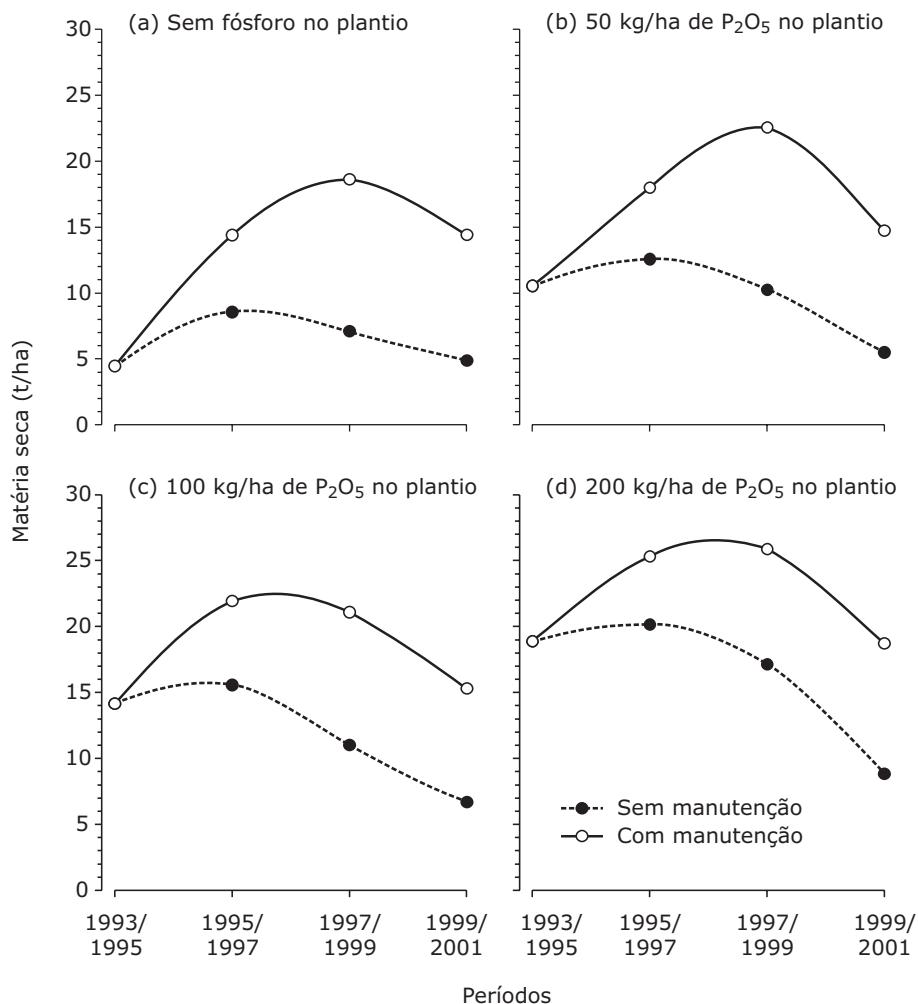
Tratamento	Produção da parte aérea		Produção de Raízes <sup>(1)</sup>
	Águas	Seca	
Primeiro ano			
Testemunha	2,84 a	1,56 a	2,7 b
Macro e micronutrientes + N	3,18 a	1,65 a	3,0 a
Gradagem	2,43 a	0,84 b	2,1 c
Gradagem + macro e micronutrientes	3,32 a	2,00 a	2,7 b
Segundo ano			
Testemunha	7,24 b	1,06 a	2,4 a
Macro e micronutrientes + N	11,98 a	1,09 a	2,4 a
Gradagem	6,40 b	0,93 a	1,7 c
Gradagem + macro e micronutrientes	7,53 b	1,01 a	2,0 b

<sup>1</sup> Na camada de 0 cm a 34,5 cm.

Médias com a mesma letra na coluna não diferem entre si ( $P>0,05$ ).

Fonte: Soares Filho et al. (1992).

O estudo de Soares et al. (2001), com *B. decumbens* estabelecida na região do Cerrado, mostrou a importância da adubação fosfatada, tanto na fase de estabelecimento como na de manutenção da pastagem (Figura 1). Entretanto, apesar de a disponibilidade adequada de P no solo ser imprescindível para a obtenção de pastagens produtivas, experimentos recentes têm enfatizado a importância do suprimento adequado de outros nutrientes no solo, especialmente de N (Tabela 4). Quando o suprimento de N no solo é inadequado para atender as exigências da planta, a produção de forragem é substancialmente reduzida e, se esse déficit na disponibilidade de N persistir por um longo período de tempo, a pastagem eventualmente entrará em processo de degradação (ROBBINS et al., 1989; MYERS; ROBBINS, 1991; BODDEY et al., 1996; OLIVEIRA et al., 2001).



**Figura 1.** Produção acumulada de matéria seca de *B. decumbens*, a cada dois anos, em resposta a quatro doses de fósforo (a, b, c, d) aplicadas no plantio (dezembro/1993), sem e com manutenção bienal de 30 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados em novembro de 1995, 1997 e 1999.

Fonte: Soares et al. (2001).

**Tabela 4.** Produção acumulada de matéria seca de pastagens de *Brachiaria* spp. em função da adubação com nitrogênio na presença ou ausência de fósforo<sup>(1)</sup>.

Produção acumulada de matéria seca (kg/ha)			
	<i>B. decumbens</i> <sup>(2)</sup>	<i>B. decumbens</i> <sup>(3)</sup>	<i>B. ruziziensis</i> <sup>(4)</sup>
Sem N			
-P	1.890 c	3.715 b	667 c
+P	1.903 c	3.383 b	641 c
Média	1.897 B	3.549 B	654 B
Com N			
-P	2.863 b	5.428 a	1.437 b
+P	5.138 a	6.638 a	2.102 a
Média	4.001 A	6.033 A	1.770 A

Médias na coluna, seguidas por letras diferentes (minúsculas para “-P e +P” e maiúsculas para “médias de sem e com N”), não diferem entre si ( $P<0,05$ ).

<sup>1</sup> As adubações com nitrogênio (100 kg/ha) foram feitas com nitrocálcio e as adubações com fósforo (100 kg/ha de  $P_2O_5$ ) foram feitas com superfosfato triplo.

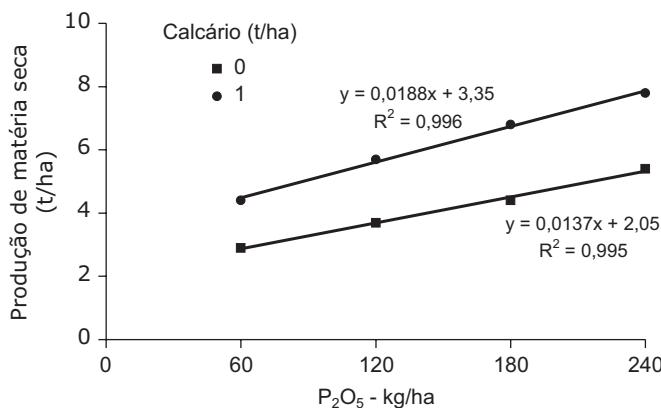
<sup>2</sup> Piracanjuba, GO, 71 dias de rebrota.

<sup>3</sup> Campo Grande, MS, 41 dias de rebrota.

<sup>4</sup> Uberlândia, MG, 45 dias de rebrota.

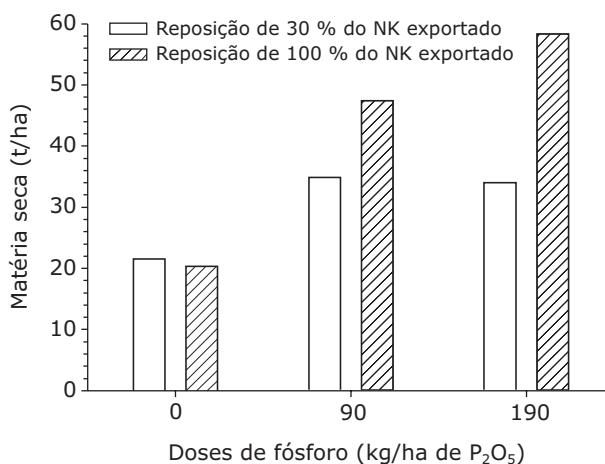
Fonte: Oliveira et al. (2001).

Ressalta-se, ainda, que o uso isolado de calagem ou a adubação com um único nutriente apresentam respostas menos positivas do que o uso conjunto de calagem e de adubação ou a adubação com mais de um nutriente. A Figura 2 evidencia o sinergismo entre a calagem e a adubação com fósforo na produção de forragem. As informações apresentadas na Figura 3 ratificam a importância do suprimento conjunto de N, P e K para obtenção de resultados mais positivos na produção do pasto.



**Figura 2.** Produção acumulada de forragem de *Andropogon gayanus*, em dois anos, em resposta a doses de calcário e de fósforo, aplicadas a lanço, na forma de superfosfato triplo, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

Fonte: Adaptado de Couto et al. (1988).



**Figura 3.** Produção acumulada de matéria seca de *B. decumbens*, em 12 cortes, com a aplicação de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 0+90 e 100+90, no estabelecimento mais manutenção) e dois níveis de reposição de N e K, expressos em porcentagem do N e do K exportados na colheita.

Fonte: Soares et al. (2001).

Além da baixa fertilidade do solo, o manejo inadequado da pastagem pode ser considerado o outro grande fator responsável pela degradação das pastagens. A perda do vigor da planta forrageira com o tempo, traduzida pela redução na massa de forragem<sup>7</sup> da pastagem<sup>8</sup>, indica que o processo de degradação está cada vez mais atuante, o que, consequentemente, irá trazer prejuízos à capacidade de suporte futura da pastagem. O pastejo com lotação contínua, com taxa de lotação animal fixa ao longo do ano, dificulta o adequado equacionamento entre suprimento e demanda de forragem. Com esse manejo da pastagem, a taxa de lotação é normalmente definida pelo período de menor produção de forragem. E mesmo com essa estratégia, freqüentemente observa-se o superpastejo (falta de forragem, "pasto rapado") durante o período seco do ano. O subpastejo (sobra de forragem, "pasto passado") é o cenário mais provável para o período das águas.

Dessa maneira, conclui-se que a adubação e o manejo adequado da pastagem são premissas básicas para manter ou elevar a produtividade animal em sistemas pastoris. Na Figura 4, observa-se que uma taxa de lotação animal variável ao longo do ano (1 cabeça/ha no período seco e 2 cabeças/ha na estação das águas), em associação com adubações de 10 kg/ha de P (i.e. 23 kg/ha de  $P_2O_5$ ), 13 kg/ha de K, 16 kg/ha de S e 10 kg/ha de Mg, a cada dois anos, foi medida de manejo efetiva para assegurar a manutenção do desempenho animal em pastagem de *B. decumbens*.

Durante os primeiros nove anos do experimento ilustrado na Figura 4, os ganhos médios por animal e por área foram de 125 kg/cabeça e de 225 kg/ha, respectivamente. Os baixos ganhos de peso, em 1986 (48 kg/cabeça e 86 kg/ha), foram consequências de um forte ataque de cigarrinha-das-pastagens, que determinou perda acentuada na produção de forragem (LASCANO; EUCLIDES, 1996).

---

<sup>7</sup> A massa de forragem é definida como a massa total de forragem por unidade de área de solo acima de uma altura específica (THE FORAGE AND GRAZING TERMINOLOGY COMMITTEE, 1992).

<sup>8</sup> Confira Fig. 4, Cap. 1, p. 27.



**Figura 4.** Desempenho (kg/cabeça/ano) de animais mantidos em pastagem de *Brachiaria decumbens*. Os anos assinalados como símbolo “o” indicam o ataque da cigarrinha-das-pastagens.

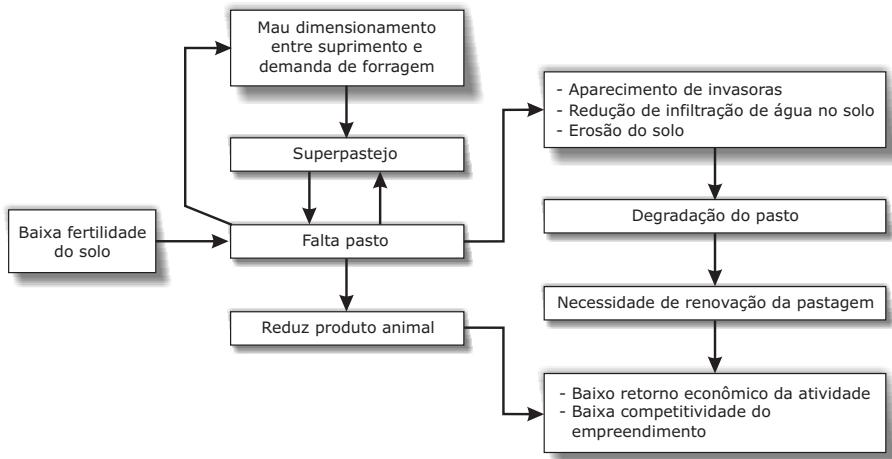
Fonte: Lascano e Euclides (1996).

## Retorno econômico do fertilizante

A dificuldade de dar valor econômico à adubação da pastagem, na maioria das vezes, prende-se ao fato de que o produto comercializado em sistemas de produção animal em pastejo não é a forragem propriamente dita, mas sim a carne e o leite. No entanto, o círculo vicioso de baixa produtividade animal e a necessidade periódica de recuperação/renovação do pasto oneram os custos de produção e inviabilizam, com o tempo, a exploração econômica das pastagens (Figura 5).

Dessa maneira, seria interessante que, futuramente, a avaliação econômica da adubação de pastagens, em adição à relação entre desempenho animal e quilo do nutriente do fertilizante aplicado (por exemplo, kg de ganho/kg de N aplicado), considerasse outros aspectos, dentre os quais, o aumento na longevidade de pastagens mais produtivas, o que eliminaria o problema da degradação das pastagens e garantiria o retorno financeiro da atividade pecuária ao longo do tempo.

Adicionalmente, nos últimos anos, a pesquisa tem mostrado que as pastagens desempenham papel fundamental na produtividade de culturas de grãos em sistemas de integração lavoura-pecuária (VILELA et al., 1999, 2002, 2003). Esses benefícios também devem ser contemplados em avaliações econômicas futuras.

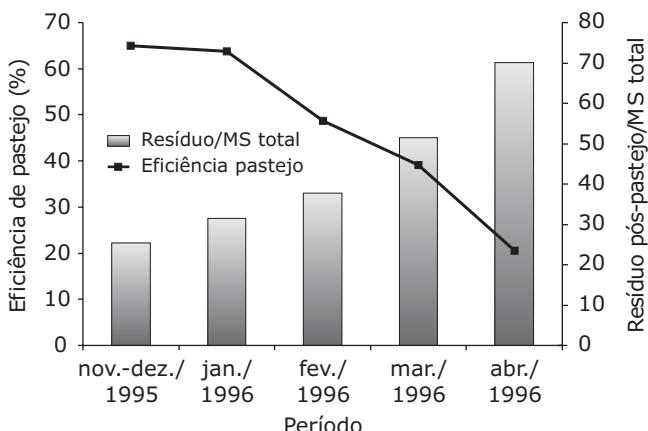


**Figura 5.** Círculo vicioso de baixa produtividade da pastagem e do animal em pastejo.  
Fonte: Martha Júnior e Balsalobre (2001).

## Manejo da pastagem

Em muitas situações, justifica-se a não-utilização ou o uso limitado de corretivos e fertilizantes em pastagens, principalmente de adubações com N, pelo retorno econômico pouco satisfatório advindo da adoção dessa prática (MACEDO, 2000). Todavia, essa assertiva pode ou não ser verdadeira, pois irá depender de uma série de fatores (MARTHA JÚNIOR et al., 2004; VILELA et al., 2004). Por exemplo, quanto pior a eficiência com que o recurso forrageiro produzido pela adubação for colhido (subpastejo), mais difícil será a obtenção de lucro com a adubação do pasto. Na situação ilustrada na Figura 6, a economicidade da adubação de pastagens seria provavelmente positiva no início da estação das águas,

quando a eficiência de pastejo está ao redor de 65 %. Contudo, no final do período das águas, momento em que a eficiência de pastejo está substancialmente reduzida, atingindo valores de aproximadamente 20 %, a adubação de pastagens seria, provavelmente, pouco econômica.



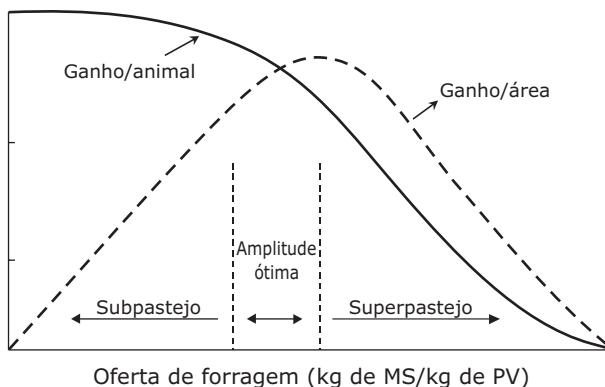
**Figura 6.** Redução da eficiência de pastejo e do aumento na relação resíduo pós-pastejo/matéria seca total com o avançar da estação de crescimento.

Fonte: Adaptado de Teixeira (1998).

Com o subpastejo, o desempenho por animal pode ser elevado, porém o desempenho por área será provavelmente reduzido, pois a taxa de lotação animal é baixa. Entretanto, se a eficiência de colheita da forragem for extremamente elevada (superpastejo), a taxa de lotação poderá ser alta, mas o desempenho individual do animal em pastejo será reduzido a patamares pouco satisfatórios (Figura 7). A continuidade dessa condição faz com que a perenidade da pastagem fique comprometida ao longo do tempo. Assim, tanto o subpastejo como o superpastejo são indesejáveis, pois, em ambos os casos, a produtividade animal tende a ser baixa e, consequentemente, a adubação de pastagens passa a ser economicamente pouco interessante.

Ademais, melhores retornos econômicos e maiores produtividades da planta forrageira e do animal em pastejo demandam conhecimentos, difusão de tecnologia, integração de técnicas no sistema de produção e,

principalmente, sensibilidade dos técnicos e produtores para avaliar qual a estratégia de manejo é mais adequada, em termos agronômicos, econômicos e ambientais, para uma determinada situação (CORSI et al., 2001).



**Figura 7.** Relação entre oferta de forragem – modificada pela variação na taxa de lotação – e desempenho por animal e por área. Os valores à esquerda no eixo das abscissas correspondem a elevadas ofertas de forragem e baixas taxas de lotação (subpastejo). Os valores à direita refletem as situações de baixa oferta de forragem e alta taxa de lotação (superpastejo).

Fonte: Mott (1961), citado por Pedreira (2002).

## Assistência técnica

O sucesso da adubação de pastagens depende do perfeito entendimento das inter-relações entre recursos, atividades e influências externas que compõem e determinam o sistema de produção animal em pastejo (i.e. componente físico, vegetal, animal, de manejo, econômico, político e sócio-cultural) (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002). Em razão desse caráter complexo e multidisciplinar dos ecossistemas de pastagens, demandando abordagens sistêmicas e gerenciamento eficiente do empreendimento, fica evidente a importância de assistência técnica para que as metas idealizadas para o sistema de produção sejam atingidas.

Contudo, observa-se utilização limitada de assistência/assessoria técnica pelos fazendeiros. Estudo recente realizado pela Embrapa (LUIZ; QUIRINO, 2004), com 85.184 produtores, revelou que somente 29 % dos entrevistados, que teoricamente eram responsáveis por 70 % da produção em cada município estudado, tinham acesso à assistência técnica (Tabela 5). Tal cenário, de acordo com esse estudo, foi explicado pela exclusão e pelo isolamento dos produtores rurais. Em um extremo – produtores excluídos e isolados –, apenas 8,9 % dos integrantes do grupo tinham acesso à assistência técnica; no outro extremo – produtores inseridos e informados –, atingiram-se 81,1 % dos integrantes do grupo (Tabela 5).

**Tabela 5.** Uso de assistência técnica por produtores rurais em função do grau de inserção e de informação.<sup>(1)</sup>

Grupo <sup>(2)</sup>	Representação na amostra (%)		Acesso à assistência técnica dentro do grupo (%)
	Produtores	Assis. técnica	
Excluído e isolado	56,5	17,4	8,9
Inserido e isolado	17,1	13,2	22,3
Excluído e informado	10,1	23,8	68,3
Inserido e informado	16,3	45,6	81,1

<sup>1</sup> Amostra de entrevistados de 85.184 produtores.

<sup>2</sup> Grau de inserção (excluído ou inserido) avaliado pelo índice de compra de insumos, refletindo a compra e o uso de insumos poupadões de mão-de-obra e de terra. Grau de informação (isolado ou informado) avaliado pelo índice de relacionamento informativo, refletindo a integração na rede de informações (associativismo e exposição aos veículos de informação).

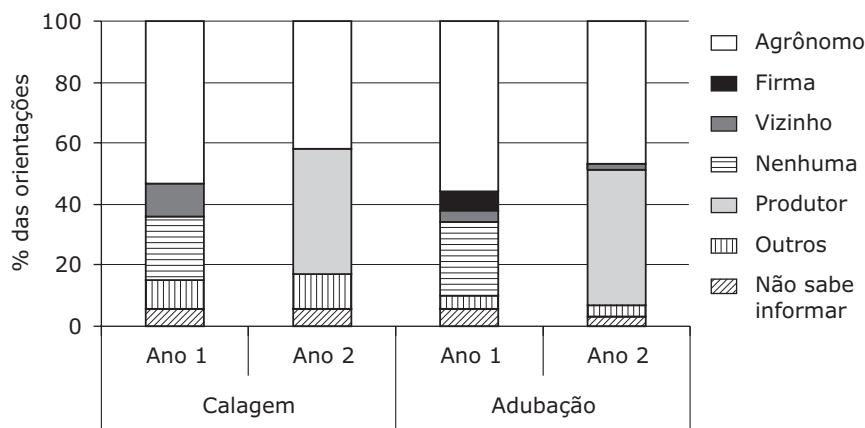
Fonte: Adaptado de Luiz e Quirino (2004).

No grupo “inserido e informado”, grande parte da assistência técnica foi oferecida pela iniciativa privada, em particular pelas empresas fornecedoras de insumos. Luiz e Quirino (2004) indicaram como benefícios dos produtores inseridos no mercado de compra de insumos:

- Recebimento de tecnologia “embarcada” no produto adquirido e de orientações sobre como utilizá-la corretamente.
- Quem vende um produto, cujo desempenho depende de todos aspectos da condução da atividade agropecuária, oferece assistência técnica para garantir uma boa condução de seu uso.
- Os agentes da assistência técnica privada e das associações/cooperativas agropecuárias – geralmente com formação técnica ou superior nessa área – atuam como intermediários entre a pesquisa e o produtor, indicando problemas a serem resolvidos.
- Esses agentes contribuem para que as soluções das pesquisas sejam transformadas em tecnologias e em inovações incorporadas aos insumos produzidos pelas empresas.

Pelo menos em parte, o uso limitado de assistência técnica também pode ser explicado pelo fato de o produtor dispensar o aconselhamento técnico em sua fazenda logo depois da adoção da tecnologia na propriedade (Figura 8). Tal atitude indica, possivelmente, que o produtor acredita dominar essas tecnologias, não havendo necessidade de investir, continuadamente, em assistência técnica. Embora não se possa negligenciar o conhecimento prático dos produtores rurais (CEZAR, 2000), a degradação das pastagens, os baixos índices zootécnicos e de produtividade observados nos sistemas de produção animal em pastejo e o baixo retorno econômico da atividade pecuária no País sinalizam, claramente, a necessidade imediata de aumento na atuação da assistência e assessoria técnica nas propriedades rurais. A ação buscaria contemplar, de maneira mais satisfatória, a obtenção de maior produtividade no meio rural de um modo sustentável.

Deve-se ter em mente, também, que o baixo desempenho bioeconômico dos sistemas de produção animal em pastejo não resulta apenas do uso limitado de assistência técnica pelos fazendeiros. Em alguns casos, a dificuldade da pesquisa e da extensão rural em traduzir e transferir o conhecimento existente e as respectivas recomendações em linguagem que possa ser absorvida pelos produtores também é um importante fator contribuindo a condição atual da pecuária bovina no País.



**Figura 8.** Orientação na introdução e no acompanhamento da calagem e adubação no sudoeste de Goiás.

Fonte: Mesquita (1982).

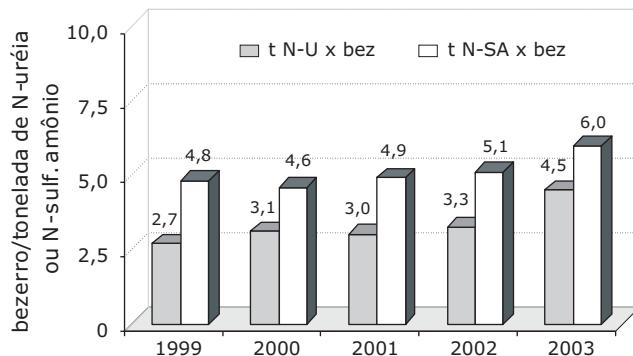
## Conjuntura econômica do País

A atual conjuntura macroeconômica do País, caracterizada por termos de trocas desfavoráveis na atividade de pecuária de corte<sup>9</sup> e por reduzido volume de crédito para investimentos em sistemas pastoris, seria um fator adicional que contribui para a baixa adoção de fertilizantes em pastagens.

A alta no preço dos fertilizantes, observada nos últimos anos, não foi acompanhada pela valorização no preço do bezerro (Figura 9) e da arroba do boi gordo (Figura 10). Em 1999, uma tonelada de N-uréia valia 19,6 arrobas ou 2,7 bezerros. Em 2003, para adquirir uma tonelada de N-uréia, foram necessários 31,3 arrobas ou 4,5 bezerros, ou seja, no final do período, o pecuarista precisava aumentar sua produção de arrobas de boi gordo e de bezerros em 60 % e 67 %, respectivamente, para adquirir uma tonelada de N-uréia. Tal fato revela que não há proteção de preço relativo para a relação de troca entre fertilizante e produto na pecuária de

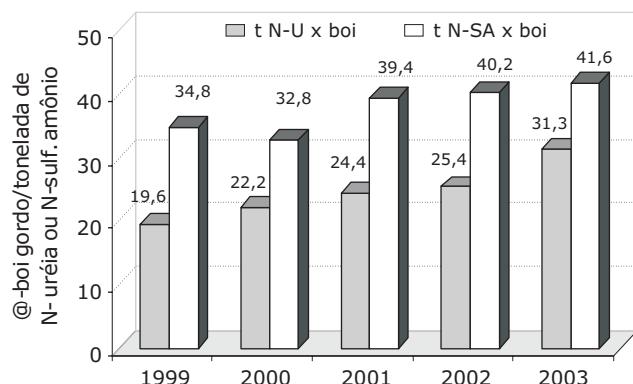
<sup>9</sup> Confira, Cap. 1, p. 30, *Situação atual, tendências e perspectivas*.

corte. Desse modo, altas nos preços de fertilizantes podem afetar de maneira sensível sua utilização pelos pecuaristas, desestimulando o uso de adubação em pastagens.



**Figura 9.** Evolução dos termos de troca entre tonelada de N-uréia ou N-sulfato de amônio em relação ao bezerro, praça de São Paulo.

Fonte: Elaborado a partir de séries históricas do Cepea/USP<sup>10</sup>.

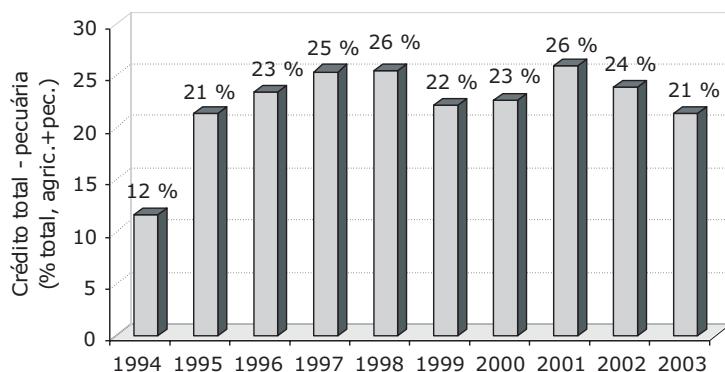


**Figura 10.** Evolução dos termos de troca entre tonelada de N-uréia ou N-sulfato de amônio em relação à arroba do boi gordo, praça de São Paulo.

Fonte: Elaborado a partir de séries históricas do Cepea/USP<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Comunicação pessoal de Sérgio De Zen, Cepea/USP, aos autores em julho de 2005.

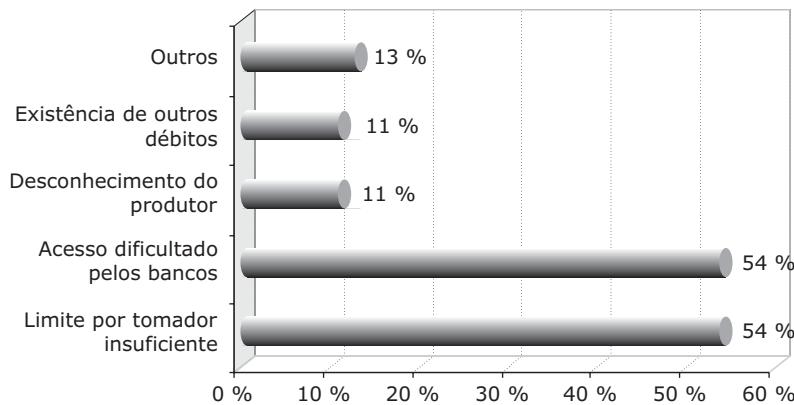
A existência de capital para viabilizar novos investimentos é condição inicial – e, obviamente, necessária – para alavancar a adoção de tecnologias (BARROS et al., 2004). Entretanto, o reduzido volume de crédito oferecido pelo governo federal à pecuária (Figura 11) e a dificuldade do pecuarista em ter acesso a essas linhas de financiamento também não estimulam o uso de fertilizantes em sistemas pastoris.



**Figura 11.** Evolução do percentual de crédito total (custeio, investimento e comercialização) disponibilizado à pecuária (% do total de recursos disponibilizados à agricultura e pecuária).

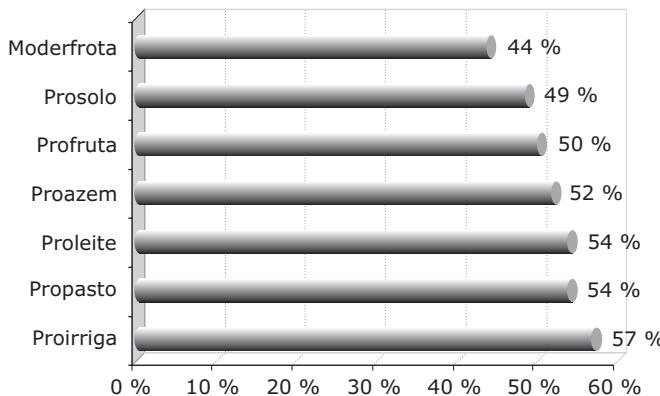
Fonte: Anuário Estatístico do Crédito Rural (2005).

Pesquisa realizada pelo Projeto Conhecer, da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), em 2003, indicou que 54 % dos produtores entrevistados alegaram não ter acesso ao crédito com taxas de juros de 8,75 % ao ano, em razão de dificuldades impostas pelos bancos e do limite por tomador ser insuficiente (Figura 12). Igual percentual de produtores (54 %) teve insucesso na tentativa de financiamento junto ao Propasto, Programa Nacional de Recuperação de Pastagens (Figura 13). O motivo alegado pelo agente financeiro para negar o crédito, de acordo com 57 % dos produtores entrevistados, foi a ausência de recursos no banco (Figura 14).



**Figura 12.** Motivos para a não-utilização de recursos financiados com juros de 8,75 % ao ano (% de resposta dos entrevistados).

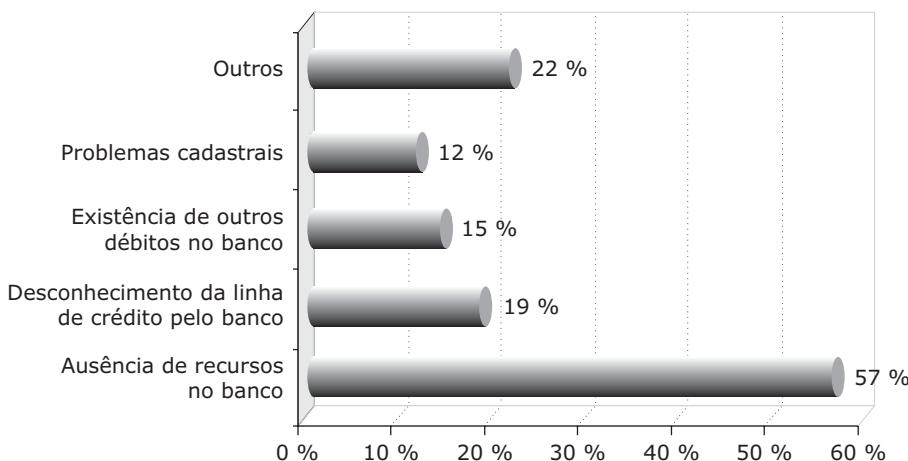
Fonte: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2005).



**Figura 13.** Percentual de insucesso na contratação das principais linhas de financiamento de investimento (% de resposta dos entrevistados).

Fonte: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2005).

Por fim, a impossibilidade de o produtor utilizar capital próprio para investir no segmento produtivo, em virtude de a atividade de pecuária estar operando com margens estreitas ou até mesmo negativas nos últimos anos, seria um fator adicional, contribuindo, negativamente, para a utilização de fertilizantes em pastagens.



**Figura 14.** Motivo alegado pelo agente financeiro para negar o crédito (% de resposta dos entrevistados).

Fonte: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2005).

## Referências

- ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. p. 33-74.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CRÉDITO RURAL. Brasília, DF: Banco Central do Brasil, 2005.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. v. 55.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE FERTILIZANTES. São Paulo: ANDA, 2000.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE FERTILIZANTES. São Paulo: ANDA, 2002.
- BARCELLOS, A. O. Sistemas extensivos e semi-extensivos de produção pecuária bovina de corte nos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 130-136.
- BARROS, A. L. M.; HAUSKNECHT, J. C. O. V.; BALSALOBRE, M. A. A. Intensificação em pecuária de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 67-85.

BIANCHIN, I. **Epidemiologia e controle de helmintos em bezerras a partir da desmama, em pastagem melhorada, em clima tropical do Brasil.** 1991. 162 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BODDEY, R. M.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J. Nutrient cycling and environmental impact of Brachiaria pastures. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement.** Cali: CIAT; Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1996. p. 72-86.

BOIN, C. Produtividade em gado de corte: evolução e perspectivas. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, n. 138, p. 8-11, 1998.

CEZAR, I. M. **Fundamentos de uma nova abordagem de pesquisa e extensão para facilitar o processo de tomadas de decisão do produtor rural.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 48 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 87).

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Sobre o plano de safra 2004/2005.** Disponível em: <<http://www.cna.org.br/cna/publicacao/noticia.wsp?tmp.noticia=3672>>. Acesso em: 15 ago. 2005.

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 161-192.

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; BALSALOBRE, M. A. A.; PENATI, M. A.; PAGOTTO, D. da; SANTOS, P. M.; BARIONI, L. G. Tendências e perspectivas da produção de bovinos sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2001, Piracicaba. **A planta forrageira no sistema de produção: anais.** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 3-69.

COUTO, W.; SANZONOWICZ, C.; LEITE, E. G. Adubação para o estabelecimento de pastagens consorciadas nos solos de cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília, DF. Savanas: alimento e energia. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. p. 61-78.

CRESCE a demanda de adubos para pastagens. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 03 abr. 2001.

EMBRAPA CERRADOS. **Embrapa Cerrados:** conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental. Planaltina, DF, 1999. 34 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 4).

INFORME CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, 1982.

LASCANO, C.; EUCLIDES, V. P. B. Nutritional quality and animal production of Brachiaria pastures. In: MILES, J.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement.** Cali: CIAT; Campo Grande: Embrapa CNPGC, 1996. p. 106-123.

- LOPES, A. S. **Solos sob "Cerrados"**. Piracicaba: POTAPOS, 1984. 162 p.
- LUIZ, A. J. B.; QUIRINO, T. R. Acesso à tecnologia e à informação. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 47-48, 2004.
- MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995. p. 28-62.
- MACEDO, M. C. M. Sistemas de produção animal em pasto nas savanas tropicais da América: limitações à sustentabilidade. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 16., 2000, Montevi  o, Uruguai. **[Anais]**. Montevi  o: ALPA, 2000. 1 CD-ROM.
- MARTHA JÚNIOR, G. B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia**. 2003. 149 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; BALSALOBRE, M. A. A. **Curso on-line sobre diferimento de pastagens e suplementação de bovinos de corte**. Piracicaba: Milkpoint/Beefpoint, 2001. 91 p.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M. Pastagens no Brasil: situação atual e perspectivas. **Preços Agr  colas**, Piracicaba, n. 171, p. 3-6, 2001.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Pastagens no Cerrado**: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 50).
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARIONI, L. G.; SOUSA, D. M. G. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 155-215.
- MAYS, D. A.; WILKINSON, S. R.; COLE, C. V. Phosphorus nutrition of forages. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: ASA: CSSA, 1980. p. 805-846.
- MESQUITA, O. V. **Modernização da agricultura no sudoeste de Goiás**. Rio de Janeiro: IBGE, 1982. 163 p.
- MYERS, R. J. K.; ROBBINS, G. B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 25, p. 104-110, 1991.

OLIVEIRA, O. C. de; OLIVEIRA, I. P. de; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, C. H. B.; VILELA, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 23, n. 1, p. 14-18, 2001.

PEDREIRA, C. G. S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais**. Recife: SBZ, 2002. p. 100-150.

PENATI, M. A.; CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G. B. **Estabelecimento de pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 60 p.

PINO, F. A.; FRANCISCO, V. L. F. dos S.; TORRES, A. J.; LORENA NETO, B.; CASER, D. V.; BIRAL, M. A. de M. (Org.). **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo**. São Paulo: IEA: CAT: SSA, 1997. 4 v.

ROBBINS, G. B.; BUSHELL, 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**, Oxford, v. 113, p. 401-406, 1989.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado brasileiro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 21 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 3).

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 Tropicales**, Cali, v. 14, p. 2-6, 1992.

SOARES, W. V.; LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G.; VILELA, L. **Adubação fosfatada para manutenção de pastagem de Brachiaria decumbens no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 5 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 53).

SOUSA, D. M. G.; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 22 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12).

TEIXEIRA, E. I. **Avaliação de características morfofisiológicas e nutricionais do capim Tobiatá (*Panicum maximum* cv. Tobiatá) sob sistema de pastejo rotacionado**. 1998. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

THE FORAGE AND GRAZING TERMINOLOGY COMMITTEE. Terminology for grazing lands and grazing animals. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5, p. 191-201, 1992.

VIEIRA, J. M.; KICHEL, A. N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 147-196.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; SOUSA, D. M. G. **Benefícios da integração lavoura-pecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42).

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; KLUTCHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura/pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 145-170.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 425-472.

VILELA, L.; MIRANDA, J. C. C.; SHARMA, R. D.; AYARZA, M. A. **Integração lavoura-pecuária: atividades desenvolvidas pela Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 31p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 9).

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 15 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Calagem e uso do gesso agrícola em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: FCAV: UNESP, 1997. p. 63-111.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. de O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 261-273. (IAC. Boletim Técnico, 100).

ZOBY, J. L. F.; KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M. G. Pastagens nativas, melhoradas e cultivadas em áreas de Cerrado na recria de fêmeas de reposição. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985**. Planaltina, DF, 1987. p. 404-408.

# Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens

CAPÍTULO

3

Geraldo Bueno Martha Júnior  
Lourival Vilela

## Introdução

Tradicionalmente, a produção animal em pastejo tem sido caracterizada pelo extrativismo e pelo uso limitado de tecnologias intensivas em capital. Na última década, as mudanças no cenário macroeconômico e as pressões para reduzir as taxas de desmatamento têm ratificado a necessidade de contínua e crescente incorporação de novas tecnologias aos sistemas de produção agrícola. Os indivíduos que por quaisquer motivos não adotam tecnologias e não aumentam a produtividade, incapazes de reduzir o custo médio de produção, tornam-se pouco competitivos e, eventualmente, serão alijados do mercado (COCHRANE, 1991; MAZOYER; ROUDART, 2006). Ademais, a intensificação do sistema pastoril pautada em boas práticas de manejo atende às crescentes pressões ambientais, pois contribui para a preservação dos recursos, da biodiversidade e da qualidade do solo, da água e do ar (Capítulo 1).

No caso dos sistemas agrícolas no Cerrado, a busca pela sustentabilidade<sup>1</sup> passa, obrigatoriamente, por investimentos em fertilidade do solo. Contudo, embora o uso de fertilizantes seja uma maneira efetiva de

<sup>1</sup> Cunha et al. (1994) apresentam uma interessante discussão sobre o crescimento sustentável, o qual demanda, segundo os autores: (1) eficiência técnica; (2) sustentabilidade econômica; (3) estabilidade social e (4) coerência ecológica.

repor nutrientes no sistema e, potencialmente, de garantir a produtividade da pastagem ao longo do tempo, sua adoção pelos pecuaristas ainda é muito limitada. De acordo com os levantamentos anuais realizados pela Associação Nacional para a Difusão de Adubos (ANDA), o consumo de fertilizantes (NPK) em pastagens, nos últimos anos, tem variado de 400 a 500 mil toneladas. Considerando que a área de pastagem cultivada (cerca de 140 milhões de hectares) recebe essa fertilização, ter-se-ia que a adubação anual de pastagem seria da ordem de 2,9 a 3,6 kg/ha de fertilizante NPK. Essa inexpressiva quantidade de nutrientes adicionada ao sistema certamente é fator importante explicando o crescente processo de degradação das pastagens.

Possíveis razões explicando o uso limitado de fertilizantes em pastagens, particularmente do ponto de vista agronômico, foram discutidas no Capítulo 2. Pelo prisma econômico, vale destacar, adicionalmente, que, tal como abordaram Cunha et al. (1994), para o produtor rural, os recursos naturais são insumos cujo valor decorre da capacidade que têm de gerar renda na forma de um fluxo de bens destinados ao mercado. Desse modo, esses autores argumentaram que os “insumos” serão utilizados em intensidade dependente do impacto causado sobre o fluxo de caixa e que, em última análise, se a terra for fator abundante, provavelmente faltarão estímulos à inovação poupadora de terra.

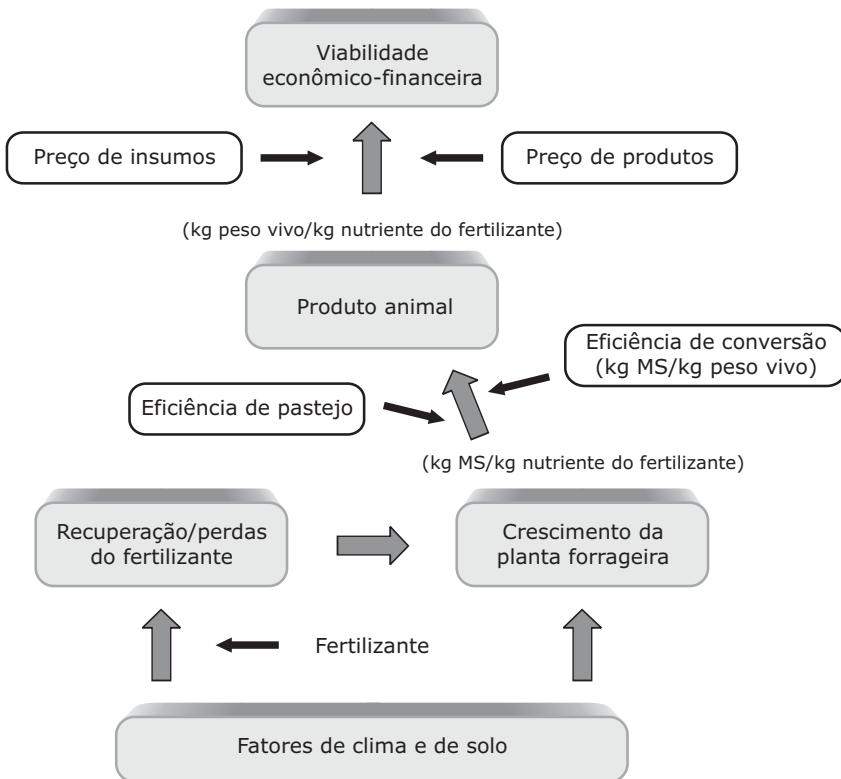
Ademais, a tomada de decisão por adubar as pastagens esbarra nos riscos e nas incertezas inerentes aos processos biológicos (respostas variadas do pasto e do animal ao fertilizante) e às condições econômicas a que o negócio está submetido (termos de troca desfavoráveis, reduzido investimento de médio e longo prazos, elevada taxa de juros de empréstimos bancários, etc.) (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). A esses fatores soma-se a volatilidade “da solução ótima para a adubação de pastagens”, que depende sobremaneira da habilidade do produtor em comprar e vender animais e das ilimitadas combinações entre nível, proporção e velocidade de intensificação da adubação de pastagens, que afetam tanto o desempenho econômico atual do sistema como aquele de médio e longo prazos.

Portanto, otimizar as respostas da adubação em sistemas pastoris implica conhecer e praticar intervenções, quando necessário, nos principais componentes que compõem e determinam a eficiência bioeconômica da adubação de pastagens. Esses assuntos são discutidos neste capítulo. Aprofundar o debate sobre a escolha e interpretação de indicadores de eficiência econômica para a análise de projetos, embora tentador, foge ao objetivo central do capítulo. Entretanto, mais detalhes sobre esses tópicos podem ser encontrados, por exemplo, em Noronha (1981), Hoffmann et al. (1992), Ross et al. (2002) e Nogueira (2004).

## Eficiência bioeconômica da adubação de pastagens

A eficiência do uso de fertilizantes, em lavouras de grãos, é medida pela razão entre quilo do nutriente aplicado/tonelada de grão. Como exemplo, para se produzir uma tonelada de grãos de milho, trigo, arroz, cevada e sorgo, são necessários cerca de 20, 30, 20, 25 e 30 kg de N, respectivamente (SOUZA; LOBATO, 2002). Em seguida, calcula-se a relação de troca entre preços de insumos e produtos, estabelecendo a eficiência bioeconômica da adubação.

A eficiência de uso de fertilizantes em pastagens (Figura 1) pode ser calculada de maneira semelhante, pela razão entre quilo de massa seca (MS) de forragem/quilo de nutriente aplicado. Contudo, a eficiência bioeconômica dessa adubação depende, em adição à eficiência de conversão do nutriente do fertilizante em forragem, das eficiências de pastejo e de conversão da forragem consumida em produto animal (kg MS/kg de ganho de peso vivo – GPV – ou kg de leite). Essas três eficiências definem a eficiência global do uso do nutriente do fertilizante na produção animal (por exemplo, kg GPV/kg de nutriente aplicado). A associação do parâmetro kg GPV/kg nutriente aplicado com os termos de troca (i.e insumo-produto) de uma dada região determina a eficiência bioeconômica da adubação de pastagens (MARTHA JÚNIOR et al., 2004).



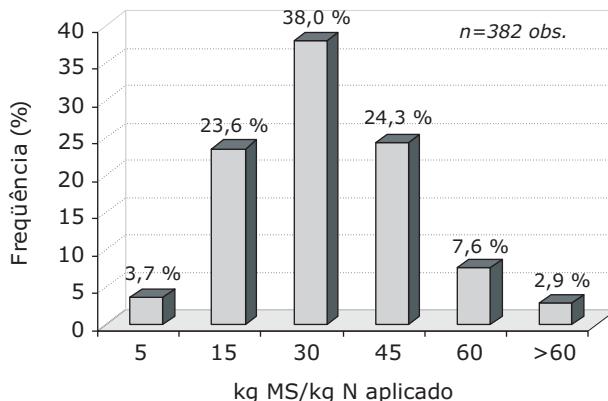
**Figura 1.** Principais componentes e interações da eficiência bioeconômica da adubação de pastagens.

Fonte: Adaptado de Martha Júnior et al. (2004).

## Eficiência de conversão do nutriente do fertilizante em forragem

A amplitude observada na produção de forragem em resposta ao uso de fertilizantes depende: da espécie forrageira, dos níveis de adubação com outros nutrientes, do histórico da área (que inclui o efeito residual das adubações), do manejo da pastagem, da estratégia de manejo do fertilizante adotada na fazenda (dose, fonte e forma de parcelamento) e das características de clima e de solo da região, que interferem tanto na capacidade da planta em responder ao fertilizante como na recuperação e perda do nutriente do fertilizante aplicado.

A eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem, em pastagens de gramíneas tropicais, pode atingir valores de até 83 kg MS/kg N aplicado. Na média de 382 observações com gramíneas forrageiras tropicais, a eficiência foi de 26 kg MS/kg N, sendo as maiores eficiências médias verificadas em doses de até 150 kg/ha/ano de N (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). Para efeito de manejo, é interessante observar que 62 % das observações concentraram-se na faixa de 15 a 45 kg MS/kg N e que, em apenas 11 % dos casos, verificou-se eficiência superior a 45 kg MS/kg N aplicado (Figura 2).

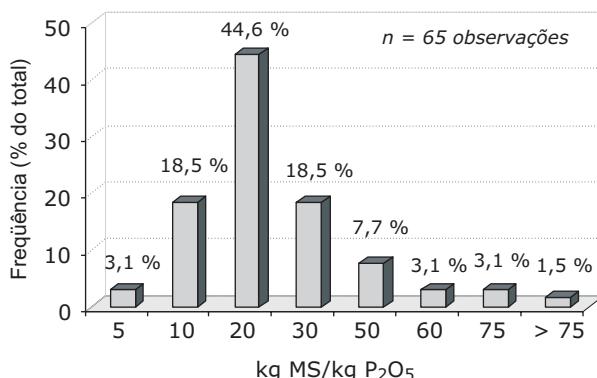


**Figura 2.** Freqüência de distribuição (%) dos valores de eficiência de conversão de N-fertilizante em forragem (kg MS/kg N) em pastagens de gramíneas tropicais.

Fonte: Adaptado por Martha Júnior et al. (2004).

No caso do fósforo, a eficiência de conversão do P-fertilizante em forragem, na fase de estabelecimento, tem variado de 4 a 78 kg MS/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado, com média de 21 kg MS/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (SOUZA et al., 2004). Das 65 observações com gramíneas forrageiras tropicais consideradas, 63 % concentraram-se na faixa de 10 a 30 kg MS/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 3). Ressalta-se que a eficiência de conversão do P-fertilizante em forragem diminuiu, acentuadamente, com o aumento na dose de fósforo. A aplicação desse nutriente, em doses variando de 0 a 100, 0 a 200, 0 a 480

e 0 a 1.280 kg/ha de  $P_2O_5$ , para o banco de dados utilizado na Figura 3, proporcionou eficiências médias de conversão de P-fertilizante em forragem de 33,5; 20,2; 12,0 e 6,7 kg MS/kg  $P_2O_5$ , respectivamente (SOUZA et al., 2004).



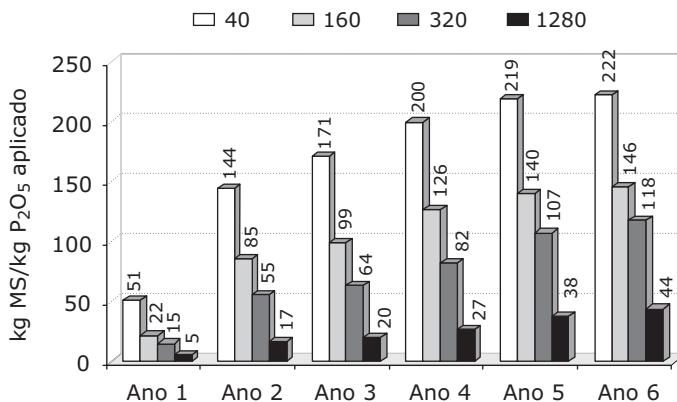
**Figura 3.** Freqüência de distribuição na eficiência de conversão do P-fertilizante em massa seca de forragem, na fase de estabelecimento, em diversas gramíneas tropicais.

Fonte: Adaptado por Sousa et al. (2004).

Poucos trabalhos têm abordado a questão da adubação fosfatada de manutenção em pastagens. Experimentos realizados na Embrapa Cerrados, com *B. decumbens* estabelecida em Latossolo Vermelho-Escuro, de textura média, indicaram que a eficiência de conversão do P-fertilizante em forragem foi superior na fase de manutenção, comparada à fase de estabelecimento, e que, em ambas as fases, houve influência da fonte e da dose aplicada de fósforo (SOUZA et al., 2004).

Entretanto, ao contrário do fertilizante nitrogenado, o fertilizante fosfatado apresenta expressivo efeito residual no solo, o que, potencialmente, gera elevada eficiência bioeconômica. Na Figura 4, observa-se que, quando o efeito residual de adubações com fósforo em pastagens é computado, a eficiência de conversão do P-fertilizante em forragem é elevada, podendo atingir valores de até 222 kg MS/kg  $P_2O_5$ .

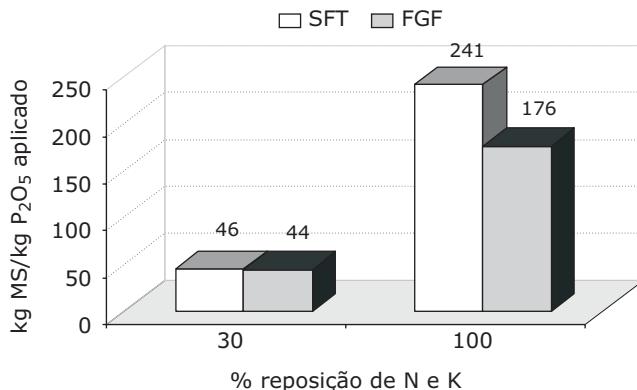
aplicado, em função da dose de P utilizada. Uma vez que as quantidades de fósforo aplicadas em pastagens são geralmente inferiores a 160 kg/ha de  $P_2O_5$ , a expectativa de eficiência de conversão do fósforo do fertilizante em MS de forragem seria de 146 a 222 kg MS/kg  $P_2O_5$ .



**Figura 4.** Eficiência acumulada de conversão do fósforo do superfosfato triplo em massa seca de forragem de *Brachiaria decumbens*.

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2004).

Deve-se considerar, no entanto, que a eficiência bioeconômica da adubação com fósforo depende da reposição com outros nutrientes no sistema. Na Figura 5, observa-se que, com reposição de apenas 30 % do N e do K exportados, a eficiência acumulada de conversão de P-fertilizante em forragem, em um período de cinco anos, foi baixa e da ordem de 45 kg MS/kg  $P_2O_5$  aplicado. Nessa situação, o superfosfato triplo teve eficiência comparável à do fosfato de Gafsa farelado. Quando a quantidade exportada de NK foi integralmente reposta, a relação kg MS/kg  $P_2O_5$  foi substancialmente melhorada, e o superfosfato triplo apresentou melhor resposta do que o fosfato de Gafsa farelado, refletindo a maior demanda da planta forrageira por P prontamente disponível para absorção na situação com reposição de 100 % do N e do K exportados (SOUZA et al., 2004).



**Figura 5.** Efeito do percentual de reposição de nitrogênio e potássio (NK) em relação à quantidade extraída sobre a eficiência acumulada de conversão do fósforo do fertilizante em massa seca de forragem de *Brachiaria decumbens*.

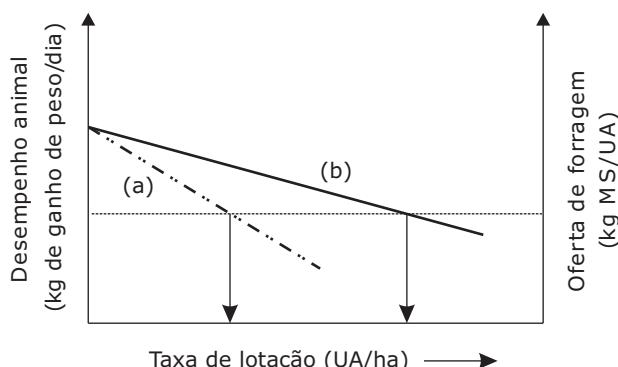
Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2004).

A adubação com enxofre em pastagens segue tendência semelhante à do fósforo. Sua eficiência é bastante dependente da reposição com outros nutrientes, e a eficiência de conversão de S-fertilizante em forragem aumenta com o tempo, em razão do efeito residual do enxofre no solo. Trabalhos realizados na Embrapa Cerrados, com *B. decumbens* (SOUZA et al., 2001), indicaram que a razão kg MS/kg S aplicado, no ano da aplicação, foi de 47,5; 17,8 e 9,6 para adubações com 200, 600 e 1.200 kg/ha de enxofre na forma de gesso, respectivamente. A exemplo do fósforo, a perspectiva de retorno econômico é grande em razão do efeito residual no solo.

## Eficiência de pastejo

A eficiência de pastejo traduz a proporção da forragem acumulada que é consumida pelo animal. Tal eficiência é afetada por diversos fatores da planta (espécie forrageira, estrutura do pasto, maturidade, etc.) e do animal (raça, categoria, etc.), mas o manejo do pastejo (taxa de lotação,

oferta de forragem, método de pastejo), por condicionar as respostas da planta e do animal, no tempo, assume caráter de destaque (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). Como meta geral, a adubação deve promover o aumento da produção de forragem que, por sua vez, deve refletir em aumentos na taxa de lotação sem que haja alteração substancial na oferta de forragem (Figura 6). Contudo, é importante ter em mente que não adianta definir diretrizes para o manejo da pastagem se a proposta de trabalho a ser implementada na propriedade não se enquadra no contexto da fazenda (MARTHA JÚNIOR et al., 2002).



**Figura 6.** Relação entre oferta de forragem, desempenho por animal e taxa de lotação em diferentes sistemas de produção: (a) convencional e (b) com elevada produtividade de forragem.

Fonte: Corsi e Nussio (1993).

No âmbito experimental, a eficiência de pastejo tem comumente variado de 40 % a 60 % (BARIONI et al., 2003). Deve-se reconhecer, no entanto, que a limitação de dados de eficiência de pastejo para situações específicas, bem como a falta de informações quando plantas forrageiras de hábito de crescimento prostrado e decumbente são utilizadas no sistema, sugere cautela e bom senso em qualquer tipo de extração (BARIONI et al., 2003). De acordo com esses autores, em fazendas comerciais, onde, em adição à menor flexibilidade no manejo do pastejo

(controle da taxa de lotação, do período de ocupação e de descanso, etc.), verifica-se menor freqüência e acuidade de monitoramento e de ajustes no manejo, espera-se uma eficiência de pastejo menor, da ordem de 40 % a 45 %. Entretanto, em condições favoráveis de manejo, pode-se atingir níveis superiores a 55 %.

## Eficiência de conversão de forragem em ganho de peso

Na terceira e última etapa, a eficiência bioeconômica da adubação é determinada pela eficiência de conversão da forragem consumida em produto animal (kg MS/kg de GPV). Essa fase depende, sobremaneira, da qualidade da forragem e de características do animal, como a categoria, o peso, o potencial genético, a raça, etc. Variações nesses fatores explicam a amplitude nos valores de kg MS/kg de ganho de peso indicada na Tabela 1. Ademais, para uma dada taxa de lotação, o manejo do pasto voltado para maximizar o ganho diário por animal aumenta a eficiência de uso do fertilizante, porque a necessidade de massa seca para produzir um quilograma de ganho de peso diminui. Os menores valores de kg MS/kg GPV para animais em recria explicam o porquê de o uso de fertilizantes na produção animal ser mais eficiente para essa categoria do rebanho do que para animais em terminação.

O produto das três eficiências parciais – kg MS/kg de nutriente aplicado, eficiência de pastejo e kg MS/kg de produto animal – define a eficiência de uso do nutriente do fertilizante na produção animal (quilo de produto animal/quilo de nutriente aplicado). Exemplificando, em pastagens de gramíneas tropicais, na média de 105 observações, esse valor foi de 1,45 kg GPV/kg N aplicado (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). Berg e Sims (1995) estimaram o efeito residual da adubação nitrogenada em 0,63 kg de GPV/kg N aplicado. No caso de adubações com fósforo, Sousa et al. (2004) calcularam que 1 kg de  $P_2O_5$  aplicado ao pasto produz, em média, de 0,8 a 1,2 kg de ganho de peso. Considerando o efeito residual desse nutriente no solo, a eficiência de conversão do P-fertilizante em ganho de peso vivo poderia atingir valores de até 5 a 6 kg GPV/kg  $P_2O_5$ .

**Tabela 1.** Necessidade de consumo de massa seca de forragem (NDT=60 %), em kg, para a produção de um quilograma de ganho de peso vivo (kg MS/kg GPV) por machos Nelore castrados (sem uso de ionóforos ou anabolizantes)<sup>1</sup>.

GPD (kg/cab/dia)	Peso vivo (kg)				Fator de correção				
	200	250	300	350	400	450	Fêmea	Inteiro	Ragaz britânicas
0,10	29,70	35,10	40,20	45,10	49,80	54,50	1,02	0,99	1,11
0,20	16,50	19,50	22,35	25,10	27,75	30,30	1,04	0,97	1,10
0,30	12,17	14,40	16,47	18,50	20,40	22,37	1,05	0,96	1,09
0,40	10,03	11,88	13,60	15,28	16,88	18,43	1,07	0,95	1,08
0,50	8,78	10,36	11,88	13,34	14,76	16,10	1,08	0,94	1,07
0,60	7,95	9,38	10,77	12,08	13,35	14,58	1,09	0,94	1,07
0,70	7,36	8,70	9,97	11,20	12,37	13,51	1,09	0,93	1,06
0,80	6,93	8,19	9,39	10,54	11,65	12,71	1,10	0,93	1,06
0,90	6,60	7,80	8,94	10,03	11,10	12,11	1,11	0,92	1,05
1,00	6,34	7,49	8,59	9,64	10,66	11,64	1,11	0,92	1,05
1,10	6,13	7,25	8,30	9,33	10,31	11,25	1,12	0,92	1,05

<sup>1</sup> Fatores de correção para NDT: 54 %=1,25; 56 %=1,15; 58 %=1,07; 60 %=1; 62 %=0,94; 64 %=0,89; 66 %=0,84; 68 %=0,80.

Fonte: Adaptado de Bariioni et al. (2005).

## Intensificação do uso de fertilizantes em pastagens

No processo de intensificação do uso de fertilizantes em pastagens, três aspectos devem ser considerados: o nível, a proporção e a velocidade da intensificação (VILELA et al., 2004). Conforme discutido por esses autores, tem-se:

**Nível de intensificação:** refere-se à magnitude do uso de recursos no sistema, que pode variar, consideravelmente, em razão dos objetivos e das peculiaridades inerentes a cada sistema.

**Proporção de intensificação:** proporção de área da fazenda intensificada, normalmente em diferentes níveis, uma vez que o nível de intensificação em uma fazenda de pecuária é dificilmente homogêneo. Em geral, subsistemas, dispostos espacialmente em uma propriedade, são implementados com diferentes níveis de intensificação, refletindo a maior aptidão de determinadas áreas da propriedade à intensificação no uso de recursos (topografia mais plana, solo mais fértil e/ou profundo, proximidade da sede administrativa, facilidade de acesso às máquinas, etc.).

**Velocidade de intensificação:** reflete a variação da intensidade de uso de recursos em uma propriedade, considerada como um todo, em função do tempo. Quanto maior a velocidade de intensificação, maior o impacto negativo nos fluxos de caixa da propriedade, logo depois do investimento, até que ele seja pago pelo acréscimo na receita proveniente da comercialização dos produtos. Assim, a velocidade de intensificação é limitada, via de regra, pela disponibilidade de capital e pela viabilidade econômica de níveis mais elevados de intensificação.

A decisão por adubar uma área maior com menor quantidade de fertilizantes seria, provavelmente, a opção escolhida por pecuaristas e técnicos avessos a riscos (VILELA et al., 2004). Isso acontece porque, quando se intensifica o sistema, aumentando as taxas de lotação, a quantidade demandada de forragem torna-se relativamente grande em

relação à quantidade de forragem que pode ser mantida na pastagem. Esse fato determina que o tamponamento de sistemas pastoris, com altas taxas de lotação, seja menos efetivo quando comparado aos sistemas que operam com taxas de lotação menores. Desse modo, as variações na condição da pastagem são aceleradas e amplificadas, gerando rápido impacto sobre o desempenho animal e aumentando, consequentemente, o risco de produção. Por essas razões, sistemas pastoris com altas taxas de lotação exigem monitoramento mais constante e respostas mais ágeis e precisas em relação às variações relacionadas ao estado da pastagem (BARIONI; MARTHA JÚNIOR, 2003).

A estratégia de adubação de pastagens, pautada no menor nível e na maior proporção de área intensificada, também seria mais indicada por um prisma ambiental. Essa assertiva encontra suporte no fato de que sistemas de produção animal, com elevado uso de insumos, estão, via de regra, associados à maior concentração de animais por unidade de área, o que potencialmente predispõe a alterações nos ciclos de nutrientes no ecossistema de pastagens.

A decisão pelo nível e pela proporção de se intensificar a adubação na propriedade ainda depende das metas de lucro almejadas pelo pecuarista – ou do lucro necessário para custear as despesas –, do tamanho da propriedade e do custo da terra. Propriedades menores precisam operar com maior lucro/hectare do que fazendas de grande porte para obter um dado lucro anual na fazenda. Conforme o lucro desejado, em propriedades de menor porte ainda é preciso direcionar esforços para aumentar tanto o nível como a proporção de intensificação da adubação. Obviamente, propriedades pequenas, com maior nível e proporção de intensificação, operam com maior risco do que as fazendas de maior porte, com menor nível e proporção de intensificação, para um dado nível de lucro. Em relação ao preço da terra, é bem-aceito o fato de que propriedades localizadas em regiões de maior valor da terra precisam operar com maior lucro por unidade de área a fim de se manterem competitivas em relação às alternativas de uso da terra (VILELA et al., 2004).

Oportuno lembrar que ações voltadas para aumentar a taxa de lotação, por meio da adubação direta ou da integração lavoura-pecuária, são mais efetivas em aumentar a escala de produção e a produtividade das pastagens quando comparadas à intensificação do desempenho por animal, que, no entanto, não pode ser negligenciado (Tabelas 2 e 3). Com efeito, investimentos no componente animal (genética, nutrição, sanidade) são indispensáveis para assegurar a rentabilidade do empreendimento, porque o maior desempenho animal diminui o tempo de retorno do capital (menor idade de abate) e melhora o fluxo de caixa do negócio. Entretanto, uma meta mínima de desempenho animal deve ser observada para viabilizar investimentos na taxa de lotação. Se o desempenho do animal em pastos adubados for inferior a essa meta, aumentar a taxa de lotação pode inclusive piorar o resultado econômico.

Nas análises econômicas apresentadas nas Tabelas 2 e 3, consideraram-se peso à desmama (8 meses) de 190 kg e peso ao abate de 490 kg, com rendimento de carcaça de 52 %. Na Tabela 2, o custo de produção referência foi de R\$ 18,00/cabeça/mês e, na Tabela 3, o valor referência da arroba do boi gordo foi de R\$ 50,00. As análises de sensibilidade apresentadas nessas tabelas consideraram as amplitudes mais freqüentes desses parâmetros na região do Cerrado.

Idades de abate superiores a 40 meses, típicas de sistemas pastoris com elevada proporção de pastos degradados ou em degradação, somente foram viáveis economicamente – e mesmo assim com baixa margem – com valores da arroba do boi gordo superiores a R\$ 55,00 (Tabela 2) ou com custo de produção inferior a R\$ 16,00/cabeça/mês (Tabela 3). As duas situações são incomuns para a região, tanto em razão do elevado valor do produto, como em virtude do baixo custo de produção. Pela amplitude considerada na análise de sensibilidade, contemplando variações na receita (R\$/@, Tabela 2) e nos custos de produção (R\$/cab/mês, Tabela 3), fica claro que os sistemas pastoris tornam-se mais robustos, em termos econômicos, quando a idade de abate é inferior a 32 a 34 meses.

**Tabela 2.** Efeito do desempenho animal e do valor da arroba do boi gordo sobre a rentabilidade da recria-engorda de bovinos de corte.

Indicadores de desempenho animal			Valor da arroba do boi gordo (R\$/@)*		
kg/cab/dia	kg/cab/ano	Idade abate (meses)	40,00	45,00	50,00
0,615	224	24	61,47	146,40	231,33
0,492	180	28	-10,53	74,40	159,33
0,410	150	32	-82,53	2,40	87,33
0,351	128	36	-154,53	-69,60	15,33
0,307	112	40	-226,53	-141,60	-56,67
0,273	100	44	-298,53	-213,60	-128,67
0,246	90	48	-370,53	-285,60	-200,67
					55,00

\*Na região do Cerrado, a maior freqüência de valores concentra-se na faixa de R\$ 48,00 a R\$ 53,00/@.

Fonte: Martha Júnior et al. (2006).

**Tabela 3.** Efeito do desempenho animal e do valor do custo de produção sobre a rentabilidade da recria-engorda de bovinos de corte.

Indicadores de desempenho animal			Custo de produção (R\$/cab/mês)			
kg/cab/dia	kg/cab/ano	Id. Abate (m)	16,00	18,00	20,00	22,00
0,615	224	24	263,33	231,33	199,33	167,33
0,492	180	28	199,33	159,33	119,33	79,33
0,410	150	32	135,33	87,33	39,33	-8,67
0,351	128	36	71,33	15,33	-40,67	-96,67
0,307	112	40	7,33	-56,67	-120,67	-184,67
0,273	100	44	-56,67	-128,67	-200,67	-272,67
0,246	90	48	-120,67	-200,67	-280,67	-360,67
						24,00

\*Na região do Cerrado, a maior freqüência de valores concentra-se na faixa de R\$ 17,00 a R\$ 22,00/cab/mês.

Fonte: Martha Júnior et al. (2006).

Animais com potencial genético limitado contribuem para a baixa produtividade do sistema, havendo forte interação entre o componente animal e a condição da pastagem (oferta nutricional e manejo do pasto). O trabalho de Barcellos et al. (1999) ilustrou a importância de associar genética animal ao manejo do pasto e à renovação de pastagens degradadas. Durante 15 meses, o ganho de peso de animais cruzados (Nelore x Blond D'Aquitaine), de maior potencial de produção, superou o ganho de peso de animais Nelore em 8,8 % (161 kg x 148 kg) quando o pasto estava degradado. Com ajuste no manejo, a diferença em favor dos animais cruzados aumentou para 15,4 % (263 kg x 228 kg), porém, tal efeito é de curta duração na ausência de medidas para aumentar a produção de forragem. Em pastagens renovadas e manejadas adequadamente, os valores de ganho de peso registrados para os cruzados superaram aqueles dos Nelores em 24,9 % (266 kg x 213 kg). As produtividades no pasto degradado, no pasto com ajuste de manejo e no pasto renovado e com manejo do pastejo adequado foram de 3,4@, 11,9@ e 20,7@/ha/ano, respectivamente. Portanto, o maior potencial produtivo obtido pelo cruzamento de raças ou pelo melhoramento genético/seleção do rebanho deverá estar sempre associado à melhoria da qualidade alimentar ofertada aos animais.

Assim, com a evolução no processo de degradação do pasto, os investimentos no desempenho individual dos animais, normalmente priorizados pelos pecuaristas, passam a ser de baixa relação benefício/custo ou, até mesmo, inócuos, em virtude do baixo plano nutricional ofertado (pasto em quantidade e qualidade limitantes). Se, por um lado, investir no componente animal é indispensável para assegurar a rentabilidade do negócio (Tabelas 2 e 3), por outro, investir unicamente nisso (e esquecer o pasto!) não permite ganhos expressivos de médio/longo prazo ao sistema de produção. O avançado grau de degradação de pastagens no Cerrado, determinando a insustentabilidade da produção pecuária, ratifica essa argumentação.

## Adubação na integração lavoura-pecuária

Os termos de troca desfavoráveis e os baixos ganhos em produtividade da pecuária de corte, nos últimos 15 anos (BARROS et al., 2004), sinalizam, claramente, que o modelo extrativista de utilização de

pastagens, com características de baixos índices zootécnicos e baixas rentabilidades, precisa ser urgentemente repensado. Ademais, tal condição indica que, sem uma proteção de preço relativo para a relação de troca insumo-produto, o risco de oscilação nos preços de insumos passa a ser uma variável de extrema importância para a pecuária (BARROS et al., 2003).

Com efeito, o risco de aumento proporcionalmente maior nos insumos em relação aos produtos tem sido percebido pelo setor e, inevitavelmente, dificulta o processo de intensificar a produção. A elevação no preço dos fertilizantes, por exemplo, não foi proporcionalmente acompanhada pela valorização no preço do bezerro e da arroba do boi gordo nos últimos anos (Capítulo 2).

Nesse contexto, a integração lavoura-pecuária passa a ser alternativa interessante para viabilizar a correção da fertilidade do solo em pastagens e para minimizar o risco de oscilações nos preços dos fertilizantes nos empreendimentos pastoris. Por um lado, porque, na agricultura de grãos, a necessidade de investimentos em calcário e em fertilizantes tem sido internalizada relativamente bem, resultando em fertilidade química dos solos cultivados com lavouras de grãos significativamente mais elevada do que a dos solos cultivados com pastagens não adubadas. Por outro lado, porque o preço relativo insumo-produto, na produção de grãos, tem sido mais estável do que na pecuária. Nesse contexto, observam-se menores riscos de investimentos em fertilizantes e viabiliza-se, consequentemente, a correção da fertilidade do solo de pastagens sem custos adicionais ao sistema pastoril ou com custos reduzidos, no caso de uma eventual adubação de manutenção na pastagem.

Portanto, o risco associado ao uso de fertilizantes em pastagens, na integração lavoura-pecuária, é reduzido em resposta a um ambiente menos dependente do uso de fertilizantes (efeito residual das adubações na cultura de grãos) na fase de pastagem do sistema. Tal característica reflete, em particular, a capacidade da planta forrageira em utilizar, eficientemente, os nutrientes residuais das adubações praticadas nas lavouras. Nesse contexto, a vantagem econômica da integração lavoura-pecuária, na fase de pecuária, reflete a elevada fertilidade do solo,

em termos de fósforo e de bases trocáveis, que geralmente dispensa, em curto e médio prazos (um a dois anos e meio, conforme a situação), a adubação com outros nutrientes que não o nitrogênio<sup>2</sup>. Efeito semelhante seria esperado em sistemas exclusivos de pastagens em solos de elevada fertilidade química, contudo, nesses casos, há maior risco na construção da fertilidade do solo (relação insumo–produto na pecuária normalmente desfavorável).

Desse modo, a escolha pela adubação de pastagens, na integração lavoura-pecuária, é mais robusta frente a preços (produto e insumos) desfavoráveis e a frustrações de produtividades e aumenta o retorno econômico quando as condições ambientais, agronômicas e econômicas são favoráveis em comparação à adubação em pastos exclusivos (MARTHA JÚNIOR et al., 2006).

## Resultado econômico

A dificuldade de dar valor econômico à adubação de pastagens, na maioria das vezes, prende-se ao fato de que o produto comercializado em sistemas pastoris não é a forragem propriamente dita, mas sim, o produto animal (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002). Desse modo, o resultado econômico do uso de fertilizantes em sistemas pastoris depende do incremento adicional na quantidade de produto (carne, bezerro, leite) no sistema passível de comercialização em reposta à adubação. Como consequência, o valor da forragem extra produzida pela adubação depende, inevitavelmente, do perfil de cada sistema produtivo, que reflete o produto animal comercializável (bezerro, garrote, tourinho, arroba do boi gordo, etc.) e o valor dele no mercado (MARTHA JÚNIOR et al., 2004).

Adicionalmente, a valoração da forragem produzida pela adubação diz respeito à época do ano em que essa forragem extra é produzida. Se ocorrer em período em que há excedente de produção, o que varia com o perfil de cada fazenda, provavelmente não é econômica quando não for acompanhada pelo aumento da taxa de lotação ou quando esse estoque

---

<sup>2</sup> Obviamente, a eventual necessidade de adubação com outros nutrientes deve ser monitorada por meio de análises químicas do solo, realizadas periodicamente.

de forragem não puder ser utilizado em épocas de escassez de alimentos na propriedade. Só se aumentaria o desperdício de forragem na fazenda (MARTHA JÚNIOR et al., 2004).

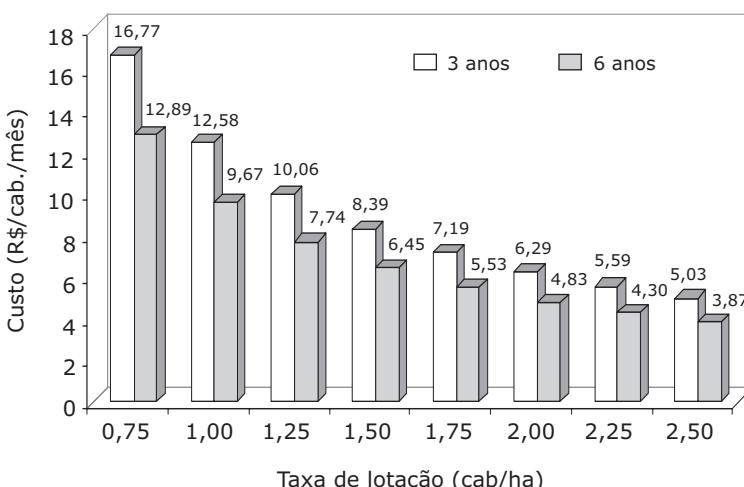
Deve-se considerar, também, que o aumento na taxa de lotação resultante do uso de fertilizantes implica custos adicionais (animais, despesas com outros fertilizantes, sal mineral, vacinas, etc.) que precisam ser conhecidos e considerados na análise econômico-financeira da adubação de pastagens (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). Em determinadas situações, são necessários investimentos em infra-estrutura para permitir o manejo eficiente da pastagem e para garantir ganhos marginais condizentes com o novo patamar de investimentos (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002).

Na pecuária, o tempo de retorno do capital investido é maior do que na agricultura de grãos. Como resultado da necessidade de investimentos elevados no processo de intensificação do uso de fertilizantes em sistemas pastoris (animais, insumos e infra-estrutura) e do maior tempo de retorno do capital investido, é comum observar fluxos de caixa pouco positivos ou até mesmo negativos nos primeiros anos depois da implantação do projeto. Em diversas propriedades da região do Cerrado, tem-se verificado que, embora o projeto indique viabilidade econômica, a redução no fluxo de caixa gerada pelos investimentos em animais, fertilizantes e outros insumos é incompatível com a realidade da fazenda, determinando a inviabilidade financeira do negócio e, inclusive, problemas de solvência. Nessas situações, o fazendeiro, quase que instintivamente, reduz os gastos com fertilizantes para saldar suas dívidas e/ou para garantir o seu custeio. No entanto, essa tomada de decisão, em muitas propriedades, tem melhorado a viabilidade financeira apenas em curto prazo, sendo verificado, em médio e longo prazos, problemas de viabilidade econômica em adição ao restabelecimento de inviabilidade financeira. Em casos extremos, o pecuarista se vê forçado a se desfazer de seu patrimônio para corrigir falhas não detectadas no projeto inicial do empreendimento (MARTHA JÚNIOR et al., 2004).

Por essa discussão, dois pontos devem ser enfatizados. Primeiramente, a amplitude nas eficiências parciais que determinam a eficiência global de uso dos nutrientes dos fertilizantes em sistemas pastoris e a crescente deterioração nos termos de troca (produtos da

pecuária/fertilizantes), na última década, indicam que a pergunta usualmente feita sobre a viabilidade da adubação – “... é viável, em termos econômicos, adubar a pastagem”?... – faz pouco sentido. A pergunta que deve ser feita e que deve nortear a tomada de decisão na propriedade rural é “*quais as metas de produtividade necessárias para garantir respostas econômicas favoráveis com a adubação da pastagem?*” (MARTHA JÚNIOR et al., 2006).

O segundo ponto a ser destacado diz respeito à avaliação dos impactos da adubação de pastagens no sistema pastoril, que deve contemplar a fazenda como um todo e não apenas a área adubada. Basta lembrar, por exemplo, que o aumento na produtividade, em resposta à adubação, melhora o resultado econômico particularmente quando se verifica a diluição dos custos fixos e de oportunidade do uso do capital. Exemplificando, a redução mais expressiva na participação do pasto no custo fixo é observada quando sua vida útil aumenta e quando, ao longo desse período, a taxa de lotação média anual é maior (Figura 7).



**Figura 7.** Efeito projetado da vida útil do pasto e da taxa de lotação sobre o custo mensal de depreciação do pasto (R\$/cab./mês). O custo de formação do pasto de três anos foi de R\$ 452,89 e o do pasto de seis anos foi de R\$ 696,18, sendo essa diferença decorrente da aquisição e aplicação de corretivos e fertilizantes.

Fonte: Martha Júnior et al. (2006).

Importante notar que a intensificação de sistemas pastoris pelo uso de adubação, por aumentar a taxa de lotação da fazenda, "torna mais líquido o patrimônio", uma vez que parcela crescente dos ativos passa a ser representada pelos animais, cuja liquidez é substancialmente maior do que a terra e as benfeitorias. Desse modo, com a intensificação do processo produtivo, aumenta-se a participação do capital produtivo em detrimento do capital imobilizado (BARROS et al., 2005).

## Referências

- BARCELLOS, A. O.; VIANNA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P. **Restabelecimento da capacidade produtiva e desempenho animal em pastagens renovadas na região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 22).
- BARIONI, L. G.; RAMOS, A. K. B.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; FERREIRA, A. C.; SILVA, F. A. M.; VILELA, L.; VELOSO, R. F. Orçamentação forrageira e ajustes em taxas de lotação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., Piracicaba, 2005. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 217-243.
- BARIONI, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. **Método para estimar o tamponamento nutricional para vacas de corte em sistemas pastoris**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 100).
- BARIONI, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; RAMOS, A. K. B.; VELOSO, R. F.; RODRIGUES, D. C.; VILELA, L. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 105-153.
- BARROS, A. L. M.; ZIMMERMANN, A.; SOUZA, C. R. S.; ICHIHARA, S. M. Considerações acerca da avaliação de projetos de investimentos. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Pastagem. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 301-326.
- BARROS, A. L. M.; HAUSKNECHT, J. C. O. V.; BALSALOBRE, M. A. A. Intensificação em pecuária de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 67-85.
- BARROS, A. L. M.; MENEGATTI, A. L. A.; HAUSKNECHT, J. C. O. V.; BALSALOBRE, M. A. A. Avaliação dos impactos da adubação nos custos de produção da pecuária de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 387-403.

BERG, W. A.; SIMS, P. L. Nitrogen fertilizer use efficiency in steer gain on world bluestem. *Journal of Range Management*, v. 48, p. 465-469, 1995.

COCHRANE, W. W. *The development of American agriculture*. 2. ed. Minneapolis: University of Minesota, 1991. 500 p.

CORSI, M.; NUSSIO, L. G. Manejo do capim-elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1992, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 87-115.

CUNHA, A. S.; MUELLER, C. C.; ALVES, E. R. A.; SILVA, J. E. **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos Cerrados**. Brasília: IPEA, 1994. 256 p. (IPEA. Estudos de Política Agrícola, 1. Relatórios de Pesquisa, 11).

HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. M.; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola**. 7. ed. São Paulo: Pioneira, 1992. 325 p.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Pastagens no Cerrado**: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 50).

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. A planta forrageira e o agroecossistema. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23., 2006, Piracicaba. **As pastagens e o meio ambiente**: anais. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 87-137.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARIONI, L. G.; SOUSA, D. M. G. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 155-215.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; CEZAR, I. M.; VILELA, L. **Sistemas de produção animal em pastejo**: um enfoque de negócio. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 33 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 63).

MAZOYER, M.; ROUDART, L. *A history of world agriculture*: from Neolithic age to the current crisis. London: Earthscan, 2006. 528 p.

NOGUEIRA, M. P. **Gestão de custos e avaliação de resultados**: agricultura e pecuária. Bebedouro: Scot Consultoria, 2004. 219 p.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários**: administração financeira, orçamentação e avaliação econômica. Piracicaba: FEALQ, 1981. 274 p.

ROSS, S. A.; WETERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração financeira**: corporate finance. São Paulo: Atlas, 2002. 776 p.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 129-145.

SOUSA, D. M. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Manejo da adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 101-138.

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 22 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12).

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 425-472.

Lourival Vilela  
Djalma Martinhão Gomes de Sousa  
Geraldo Bueno Martha Júnior

## Introdução

O calcário, quando incorporado ao solo, reage quimicamente com os componentes de acidez, neutralizando-os. Com esse processo, o pH e os teores de cálcio e magnésio aumentam, favorecendo o desenvolvimento das raízes e a utilização dos nutrientes presentes ou aplicados ao solo.

A calagem e a adubação são práticas rotineiras na agricultura de grãos na região do Cerrado. No entanto, na pecuária, não são adotadas com muita freqüência. Entre tais práticas, a calagem tem sido a mais adotada no plantio de pastagens. O uso dos demais nutrientes, muitas vezes, é negligenciado, o que explica, em grande parte, a degradação de pastagens no Cerrado.

No processo de recuperação/renovação de pastagens degradadas é comum observar apenas a aplicação de calcário, frustrando a expectativa de aumento de produtividade pela deficiência de nutrientes limitantes (N, P, K, S). A perda de produtividade inicial das pastagens no processo de degradação, no Cerrado, normalmente está associada à deficiência de nitrogênio e de fósforo. Dessa forma, o efeito da aplicação isolada de calcário, em geral, é efêmero e não recupera a produtividade das pastagens em degradação.

A calagem corrige a acidez e a deficiência de cálcio e de magnésio na camada arável (0 a 20 cm). Assim, abaixo dessa camada, pode-se

continuar com excesso de alumínio tóxico associado ou não à deficiência de cálcio (SOUSA; LOBATO, 2004). Nessas condições, o desenvolvimento do sistema radicular das plantas pode ficar comprometido, elevando os riscos de déficit hídrico durante os veranicos. O aumento do volume do solo explorado pelas raízes ainda resulta, muitas vezes, em maior quantidade de água disponível para as plantas, o que potencialmente pode prolongar a duração da estação de pastejo.

O gesso agrícola é o insumo comumente usado para corrigir a acidez subsuperficial. A gessagem tem sido utilizada com freqüência, para esse fim, em lavoura de grãos; em pastagens, no entanto, o uso ainda é pouco expressivo. Os benefícios da correção da acidez subsuperficial, em gramíneas forrageiras, ainda necessitam ser mais bem avaliados. Contudo, como fonte de enxofre para as forrageiras e dependendo da região, pode ser alternativa bioeconômica interessante para o produtor.

As recomendações de doses de corretivos e de nutrientes apresentadas neste capítulo devem ser encaradas como norteadoras, não se esquecendo de que essas quantidades devem ser ajustadas à situação específica de cada empreendimento. A tomada de decisão final deverá incluir critérios de natureza econômica que permitam estimar relações de benefício/custo favoráveis ao produtor. Recomenda-se, sempre que possível, a formação de pastagens via agricultura, o que tem uma série de benefícios. Dentre elas, destacam-se: diminuição do custo de estabelecimento da pastagem; melhor preparo de solo exigido para agricultura; redução do brotamento da vegetação nativa e maior produtividade, geralmente, das pastagens estabelecidas em solos com fertilidade já corrigida.

A correção da fertilidade do solo para o plantio e recuperação da produtividade de pastagens deve ser definida sempre por critérios técnicos e econômicos. Em geral, as atuais recomendações de calagem e adubação têm como referência a sustentabilidade da produtividade do pasto. Todavia, considerando-se a gestão do negócio, seria desejável que tais recomendações levassem em conta o tipo de atividade desenvolvida na fazenda (cria, recria, engorda), os preços de produtos e insumos, bem como suas tendências e a situação econômica e gerencial da propriedade,

sob pena de comprometer a sustentabilidade da fazenda como unidade de produção (CEZAR, 2000).

## Calagem

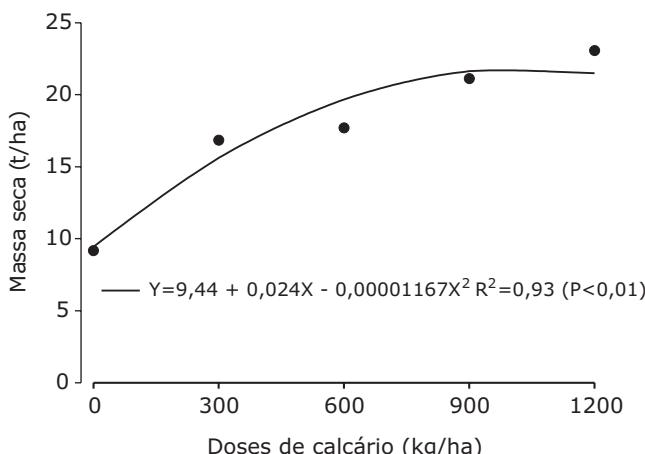
Na região do Cerrado, predominam solos ácidos e de baixa fertilidade química. A calagem reduz ou neutraliza o alumínio do solo e fornece cálcio e magnésio para as plantas, aumentando, também, a capacidade de troca de cátions efetiva e a disponibilidade de fósforo e de outros nutrientes para as plantas. Ao corrigir o alumínio do solo e fornecer cálcio, a calagem favorece o desenvolvimento do sistema radicular, melhorando a absorção e a utilização de nutrientes e de água pelas plantas.

Ressalta-se que, com o aumento do pH do solo para valores acima de 6,3, a disponibilidade de micronutrientes, como zinco, manganês, cobre e ferro, pode ser comprometida. No entanto, esses eventuais problemas de indisponibilidade não têm sido detectados quando doses adequadas de micronutrientes são aplicadas e a saturação por bases do solo é mantida em patamares de até 60 % (SOUZA; LOBATO, 2004).

Na agricultura de grãos, a calagem foi mais bem estudada do que em pastagens. Nas décadas de 1970 e 1980, o enfoque de estabelecimento de pastagens de baixo custo e baixo risco estava associado ao uso de calagem, principalmente, como fonte de cálcio e de magnésio (Figura 1) para espécies forrageiras adaptadas aos solos ácidos (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola* e *Andropogon gayanus*). Essas espécies foram fundamentais para o sucesso do enfoque de insumos mínimos (MACEDO, 2004). De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, a produção máxima estimada de massa seca de capim-andropógon (21,8 t/ha) foi obtida com a aplicação de 1 t/ha de calcário. Com apenas 600 kg/ha de calcário, obtiveram-se 90 % desse rendimento estimado.

A demanda por sistemas pastoris mais produtivos resultou no lançamento de novas forrageiras mais produtivas e mais exigentes em quantidade de nutrientes (*B. brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Tobiatã, Tanzânia, Mombaça, Massai, Aruana). Entretanto, a resposta

à calagem de algumas dessas forrageiras não tem sido expressiva (Tabela 1 e Figuras 2 e 3). Os resultados da Tabela 1 chamam a atenção porque o solo apresentava teores baixos de Ca e de Mg e o capim-tobiatã não respondeu à aplicação de calcário. De acordo com Werner et al. (1996), esse capim é exigente, sendo recomendado corrigir a saturação por bases para 70 % no estabelecimento e para 60 % na manutenção.



**Figura 1.** Produção de massa seca de capim-andropogon (*Andropogon gayanus*) em resposta a doses crescentes de calcário dolomítico, aplicadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, de Vilhena, RO. O pH em água inicial era 4,2 e os teores iniciais de Al e Ca+Mg eram de 0,7 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e 1,1 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectivamente.

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al. (2000).

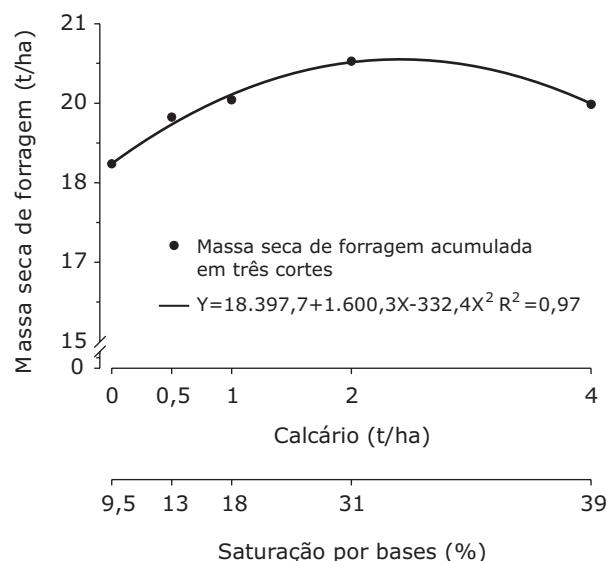
Importante frisar que, na literatura revisada, não foram encontrados estudos de calagem envolvendo ensaios de pastejo. Assim, é difícil estimar qual o ganho em carne ou leite – e, consequentemente, o resultado econômico – em virtude da aplicação desse insumo. Ademais, a maioria dos estudos sobre o uso de calcário em pastagem foi feita em vasos. Nos poucos experimentos de corte, foi característica marcante o curto período de avaliação. Nos ensaios em vaso indicados na revisão de Cantarella et al. (2002), houve resposta positiva das gramíneas forrageiras tropicais à calagem. Contudo, em apenas 25 % dos trabalhos de campo, encontrou-se resposta positiva à calagem.

**Tabela 1.** Resposta de uma pastagem de *Panicum maximum* cv. Tobiatã em degradação a doses de calcário aplicadas em Latossolo Vermelho, textura argilosa, de Pirassununga, SP. Os teores iniciais de Ca e Mg, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, eram de 0,9 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e 0,3 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectivamente.

Doses de calcário (t/ha)	Saturação por bases (%)	Massa seca (kg/ha) <sup>(1)</sup>	
		Calcário incorporado	Calcário superficial
0	15	9.277	7.693
2,36	40	9.130	7.883
4,25	60	8.896	8.756
Média		9.101	8.111

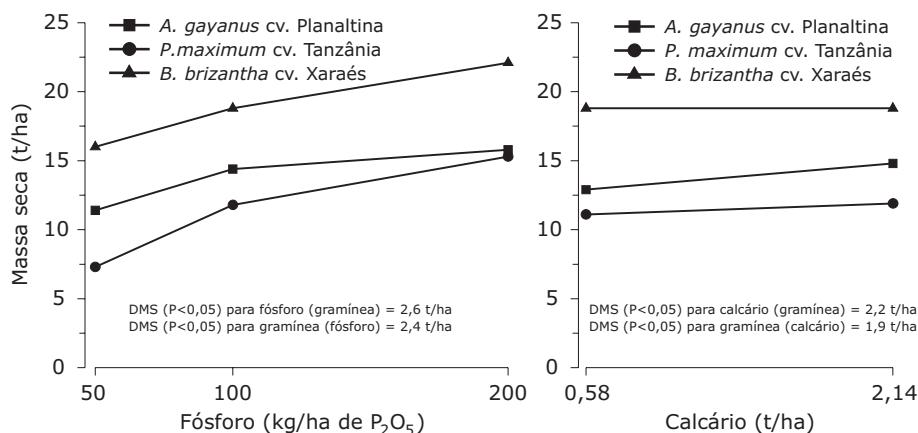
<sup>1</sup> Massa seca acumulada em cinco cortes. Quantidades de nutrientes aplicados: 340 kg/ha de N, 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 240 kg/ha de K<sub>2</sub>O.

Fonte: Adaptado de Luz et al. (2002).



**Figura 2.** Resposta do capim-massai (*Panicum maximum*) à calagem em Neossolo Quartzarênico (Areia Quartzosa), adubado com 340 kg/ha de N, 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 240 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Os teores iniciais de Ca e de Mg eram de 0,64 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e 0,28 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectivamente.

Fonte: Adaptado de Ferreira (2005).



**Figura 3.** Resposta de três gramíneas forrageiras a fósforo e a calcário em um Latossolo Vermelho argiloso de Cerrado. As doses de calcário foram estimadas para elevar a saturação por base para 15 % (0,58 t/ha Ca) e 40 % (2,14 t/ha Ca). Os teores iniciais de P e Ca+Mg, no solo, eram 1,2 mg/dm<sup>3</sup> e 0,26 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectivamente.

Fonte: Adaptado de Vilela et al. (1992a,b).

## Recomendação de calagem

As forrageiras, de modo geral, respondem mais ao nitrogênio (Tabela 2) e ao fósforo (Figura 3) do que à calagem. Contudo, a correção da acidez do solo pela calagem não deve ser negligenciada sob pena de comprometer a eficiência de uso dos nutrientes, reduzindo a produção das plantas forrageiras e a economicidade da adubação.

Na região do Cerrado, o método que foi mais utilizado para determinar a necessidade de calcário foi aquele que se baseia nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis. Esse método ainda é utilizado em algumas regiões e, em particular, quando não é possível estimar a saturação por bases, em razão de a análise de solo não especificar os teores de H+Al. O cálculo da necessidade de calcário (NC) pelo critério dos teores de Al, Ca e Mg trocáveis sofre influência do teor de argila do solo. Sousa et al. (1989) constataram que esse método superestima a quantidade necessária de calcário em solos arenosos, com CTC menor do que 4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, e subestima a dose de calcário em solos argilosos e de CTC maior do que 12 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. O roteiro apresentado na Tabela 3 auxilia a selecionar o critério para estimar a necessidade de calagem em pastagens, conforme os teores de Al, Ca e Mg.

**Tabela 2.** Massa seca (t/ha) de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) em função de saturação por bases e doses de nitrogênio aplicadas em um solo com 1,1 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de Ca+Mg e CTC de 2,7 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

Saturação por bases(%)	Nitrogênio (kg/ha)			Média
	0	50	100	
41	4,4	5,7	6,7	5,6 a
50	4,0	5,4	7,2	5,5 a
60	3,9	6,1	7,1	5,7 a
Média	4,1 c	5,8 b	7,0 a	5,6

Fonte: Adaptado de Kawatoko et al. (2000).

**Tabela 3.** Roteiro para selecionar critério de estimativa de calagem para o plantio de pastagens.

#### Pastagem solteira

Espécies	
Tolerantes à acidez do solo	Suscetíveis à acidez do solo
Exemplos: <i>Brachiaria decumbens</i> <i>B. humidicola</i> <i>Andropogon gayanus</i>	Exemplos: <i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia <i>B. brizantha</i> (Marandu, Xaraés) <i>Cynodon</i> spp. (Tifton 85, Coast-Cross) <i>Pennisetum purpureum</i> (Napier...)
<b>NC=2 - (Ca+Mg)</b>	<b>NC=2xAl+[2 - (Ca+Mg)]</b>

#### Pastagem consorciada

Espécies	
Tolerantes à acidez do solo	Suscetíveis à acidez do solo
Exemplos: Estilosantes (Campo Grande, Mineirão) <i>Pueraria phaseoloides</i> Calopogônio ( <i>Calopogonium mucunoides</i> )	Exemplos: Soja perene ( <i>Neonotonia wightii</i> ) Amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> ) Leucena ( <i>L. leucocephala</i> )
<b>NC=2xAl ou 2 - (Ca+Mg)<sup>(1)</sup></b>	<b>NC=2xAl+[2 - (Ca+Mg)]</b>

<sup>1</sup> Optar pelo maior valor.

Fonte: Adaptado de Macedo (2002).

A maior parte das recomendações atuais centra no critério da necessidade de calcário para elevar a saturação por bases a uma meta. A NC, por esse método, é estimada pela seguinte fórmula:

$$NC (t / ha) = \frac{[(V_2 - V_1)T] \times f}{100} \quad (1)$$

em que:

$V_2$ =saturação por bases desejada;

$V_1$ =saturação por bases atual do solo (Sb/T x100);

T=CTC a pH 7 (H+Al+Sb);

Sb=(Ca+Mg+K) cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>;

f=(100/PRNT).

Existem graus diferenciados de adaptação das plantas, entre espécies e dentro delas, às condições adversas do solo, como a tolerância à acidez. Os níveis de saturação por bases propostos para as diferentes espécies e cultivares, apresentados nas Tabelas 4 e 5, foram estabelecidos a partir de resultados de pesquisa (COUTO et al., 1985; SIQUEIRA, 1986; SANZONOWICZ, 1986; VILELA et al. 1992a,b; CARVALHO et al. 1994; LUZ et al. 2000; FERREIRA, 2005) e de evidências empíricas. Também foram considerados os seguintes fatores: (a) perenidade da pastagem e (b) efeito residual da calagem.

Para as espécies tolerantes à acidez, recomenda-se elevar a saturação por bases do solo para 30 % a 35 %. Em espécies medianamente tolerantes, para 40 % a 45 %. Para as espécies suscetíveis, a saturação por bases deve ser de 50 % a 60 % (Tabelas 4 e 5).

No estabelecimento do pasto, o calcário deve ser aplicado a lanço, da maneira mais uniforme possível, sendo subsequentemente incorporado ao solo, de preferência, a no mínimo 20 cm. Os maiores benefícios da calagem são observados quando ela é feita com antecedência em relação ao plantio da forrageira visando a permitir a adequada reação do calcário no solo. Normalmente, as respostas mais favoráveis ao calcário requerem

que ele seja aplicado e incorporado à área pelo menos no fim da estação chuvosa anterior ao plantio. Quando a dose recomendada for inferior a 3 t/ha, sugere-se fazer uma única aplicação, seguida de incorporação com arado ou grade pesada. Com doses maiores, é conveniente aplicar metade antes da primeira aração e a outra metade após a aração e antes da gradagem.

**Tabela 4.** Saturação por bases recomendada para o plantio de gramíneas forrageiras na região do Cerrado.

Espécies	Saturação por bases
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Planáltina	30 % a 35 %
<i>Brachiaria decumbens</i> e <i>B. humidicola</i>	30 % a 35 %
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	30 % a 35 %
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	40 % a 45 %
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu, cv. Xaraés e Piatã	40 % a 45 %
<i>Panicum maximum</i>	
cv. Vencedor, cv. Centenário e cv. Massai	40 % a 45 %
cv. Tobiatã, cv. Tanzânia, cv. Mombaça, cv. Aruana	50 % a 60 %
<i>Pennisetum purpureum</i> (Elefante, Napier)	50 % a 60 %
<i>Cynodon</i> spp. (Coast-Cross, Tifton)	50 % a 60 %

**Tabela 5.** Saturação por bases recomendada para o plantio de leguminosas forrageiras na região do Cerrado.

Espécies	Saturação por bases
<i>Stylosanthes</i> spp. cvs. Mineirão e Campo Grande	30 % a 35 %
<i>Calopogonium mucunoides</i>	30 % a 35 %
<i>Pueraria phaseoloides</i>	30 % a 35 %
Amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> ) cv. Amarillo	50 % a 60 %
<i>Leucaena</i> ( <i>Leucaena leucocephala</i> )	50 % a 60 %
Soja perene ( <i>Neonotonia wightii</i> )	50 % a 60 %

Em pastagens, a reaplicação de calcário, em cobertura e sem incorporação ao solo, pode ser necessária para corrigir a acidez resultante dos processos naturais que ocorrem no ecossistema de pastagem (a mineralização da matéria orgânica do solo, por exemplo), da adição contínua de fertilizantes nitrogenados e também para devolver Ca e Mg ao solo. Recomenda-se que essa reaplicação de calcário seja feita quando a saturação por bases, em solos com CTC a pH 7 maior do que 4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, reduzir para 20 % a 25 % em áreas plantadas com espécies tolerantes à acidez, para 30 % a 35 % no caso de forrageiras medianamente tolerantes à acidez e para 35 % a 40 % para espécies forrageiras menos tolerantes à acidez do solo. Contudo, para solos com CTC a pH 7 inferior a 4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, a reaplicação de calcário deve ser feita quando o teor de Ca+Mg reduzir para valores inferiores a 1,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

Em plantio direto, a reaplicação de calcário em cobertura e sem incorporação é uma prática comum, e a sua eficiência tem sido comprovada pela pesquisa (PETRERE; ANGHINONI, 2001; CIOTTA et al., 2004; FIDALSKI; TORMENA, 2005; KAMINSKI et al., 2005). Alguns trabalhos comprovam que a aplicação de calcário superficial e sem incorporação em pastagens pode ser tão eficiente quanto a incorporação desse corretivo ao solo (Tabela 6). Entretanto, tal resposta positiva é observada em médio/longo prazos. Assim, a calagem em cobertura e sem incorporação ao solo, em curto prazo, é menos eficiente em corrigir a acidez do solo da camada arável (0 a 20 cm de profundidade) do que quando incorporada por meio da aração/gradagem. Portanto, uma prática recomendada de manejo da fertilidade do solo em pastagens é evitar o retardamento da reposição de calcário, a fim de minimizar perdas de produtividade, sobretudo, daquelas espécies forrageiras menos tolerantes à acidez do solo (Tabelas 4 e 5).

Como os solos da região do Cerrado apresentam, normalmente, teores baixos de magnésio, recomenda-se que pelo menos parte do calcário seja dolomítico ou magnesiano, de forma que o teor desse nutriente no solo tenha valor mínimo de 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Deve-se ainda levar em conta a qualidade do calcário, corrigindo-se a dose estimada para PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) = 100 %.

**Tabela 6.** Produção anual de capim-braquiária (*B. decumbens*) e acumulada em quatro anos em função do modo de aplicação de calcário em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com 30 % de argila. Depois de cada corte, eram aplicados 100 kg/ha de N, na forma de sulfato de amônio.

Calcário (4 t/ha)	1999-00	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	Total
	1 corte	4 cortes	5 cortes	5 cortes	4 cortes	19 cortes
Superficial	2.821 a	10.124 b	10.519 a	10.388 ab	9.238 a	43.089 ab
Incorporada	2.065 ab	13.506 a	9.220 ab	11.041 a	9.113 a	44.944 a

Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Fonte: Adaptado de Primavesi et al. (2005).

Ressalta-se que existem controvérsias em relação às recomendações de calagem para pastagem no Brasil Central. De acordo com Macedo (2004), a discrepância entre as principais recomendações (WERNER et al., 1996; CANTARUTTI et al., 1999; VILELA et al., 2002) refere-se aos níveis ou às faixas de saturação por bases que adotam limites diferentes para as espécies e cultivares. Isso resulta em quantidades diferentes de calcário para determinada variedade de capim cultivada no mesmo solo. Ademais, os métodos de determinação da acidez potencial ( $H^+ + Al^+$ ), direto (extração com acetato de cálcio a pH 7 e titulação com NaOH) e indireto (equação que correlaciona acidez potencial e pH SMP), podem influenciar a estimativa da saturação por bases. O método indireto já foi desenvolvido em vários estados brasileiros, e os valores de  $H^+ + Al^+$  obtidos por meio de equação que relaciona pH SMP e acidez potencial ajustada para um estado podem não ser os mesmos se for utilizada equação ajustada para outra região. Macedo (2004), utilizando o método direto e nove equações regionais (método indireto), em 526 amostras de solos sob pastagem de Mato Grosso do Sul, verificou variações nos valores médios de  $H^+ + Al^+$  de  $3,44 \pm 0,88 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$  (com a equação ajustada para os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul) a  $6,83 \pm 1,02 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$  (com a equação ajustada para o Estado de Amazonas). Portanto, essas equações refletem as peculiaridades regionais dos solos e, se utilizadas para regiões distintas daquela para qual foi

ajustada, podem resultar em recomendações de doses de calcário inadequadas em termos agronômicos e econômicos.

## Referências

- CANTARELLA, H.; CORRÊA, L. de A.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19., 2002, Piracicaba. **Inovações tecnológicas no manejo de pastagens: anais.** Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 99-131.
- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. de. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5<sup>a</sup> aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 332-341.
- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; CRUZ FILHO, A. B. Requerimento de fósforo para o estabelecimento de duas gramíneas tropicais em um solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 199-209, 1994.
- CEZAR, I. M. **Fundamentos de uma nova abordagem de pesquisa e extensão para facilitar o processo de tomadas de decisão do produtor rural.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 48 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 87).
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 317-326, 2004.
- COUTO, W.; LEITE, G. G.; KORNELIUS, E. The residual effect of P and lime on the performance of four tropical grasses in a high P-fixing oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 4, p. 539-542, 1985.
- FERREIRA, R. B. **Avaliação da produção do capim-massai sob diferentes níveis de calagem e gessagem em solo arenoso.** 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Produção Agroindustrial) - Universidade para o Desenvolvimento do Estado e do Pantanal, UNIDERP, Campo Grande, MS.
- FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. Dinâmica da calagem superficial em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 235-247, 2005.

GONÇALVES, C. A.; COSTA, N. de L.; RODRIGUES, A. N. A. Efeito da calagem sobre o rendimento de forragem e composição química de *Andropogon gayanus* cv. Planáltina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

KAMINSKI, J.; SANTOS, D. R. dos; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. da. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 573-580, 2005.

KAWATOKO, M.; ISEPON, O. J.; FERNANDES, F. M. Efeito da aplicação de calcário, nitrogênio e zinco sobre a produção e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* Stapf., em solo de Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000. 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 agronômicas e fisiológicas do capim-tobatá (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 964-970, 2000.

LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; VITTI, G. C.; LIMA, C. G. Tipos e doses de calcário nas características agronômicas de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tobatá em função dos métodos de aplicação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 155-159, 2002.

MACEDO, M. C. M. Adubação e calagem para pastagens cultivadas na região dos Cerrados. In: CURSO FORMAÇÃO DE PASTAGENS, 2002, Campo Grande. **Palestras apresentadas**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. Não paginado.

MACEDO, M. C. M. Análise comparativa de recomendação de adubação em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**: anais. Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 317-355.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 885-895, 2001.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORRÊA, L. A.; ARMELIN, M. J. A. Calagem em pastagem degradada de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) intensamente adubada com nitrogênio em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

SANZONOWICZ, C. Recomendação e prática de adubação na região Centro-Oeste do Brasil. In: MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 309-334.

SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. In: MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 77-91.

SOUZA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E.; CASTRO, L. H. R. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p.193-198, 1989.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 81-96.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado**. 2. ed. rev. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 15 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 367-382.

VILELA, L.; SPAIN, J. M.; SOARES, W. V.; GOMIDE, C. C. C. Adaptação de gramíneas e leguminosas forrageiras a níveis de acidez e fósforo em um solo de Cerrado. I. primeira coleção. In: RED INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE PASTOS TROPICALES, 1., 1992, Brasília. **Reunión sabanas**. Cali: CIAT, 1992a. p. 431-438. (Documento de Trabajo, 117).

VILELA, L.; SPAIN, J. M.; SOARES, W. V.; PEÑALOZA, A. P. S.; GOMIDE, C. C. C. Adaptação de gramíneas e leguminosas forrageiras a níveis de acidez e fósforo em um solo de Cerrado. II segunda coleção. In: RED INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE PASTOS TROPICALES, 1., 1992, Brasília. **Reunión sabanas**. Cali: CIAT, 1992b. p. 439-449. (Documento de Trabajo, 117).

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. de O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 261-273. (IAC. Boletim Técnico, 100).

# Adubação com enxofre e gessagem

CAPÍTULO

5

Lourival Vilela

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Geraldo Bueno Martha Júnior

## Introdução

A calagem é prática recomendada para corrigir a deficiência de cálcio e de magnésio no solo. Contudo, em curto prazo, não corrige a camada de solo abaixo daquela na qual o calcário foi incorporado (SOUSA et al., 2001). Assim, a gessagem passa a ser alternativa técnica e economicamente viável para corrigir a deficiência de cálcio na subsuperfície do solo. A aplicação do gesso supre o solo com cálcio até as camadas mais profundas ao se dissolver na água da chuva e infiltrar-se no solo. Ademais, o gesso reduz a saturação de alumínio nas camadas mais profundas do solo (SOUSA et al., 2001).

Dessa forma, o uso do gesso favorece o aprofundamento das raízes, permitindo que as plantas superem mais facilmente veranicos e apresentem crescimento por um maior período de tempo durante o ano (estação de pastejo pode ser prolongada em algumas semanas). Na solução do solo, os nutrientes também são absorvidos em maiores quantidades e com maior eficiência. Além de resolver o problema da deficiência de cálcio, o gesso reduz a saturação por alumínio e fornece enxofre ao solo, permitindo ganhos significativos na produtividade das pastagens.

A resposta das leguminosas leucena (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão) e de *Brachiaria* spp. foi avaliada por Sousa et al. (2001). O estudo com leucena foi realizado em Latossolo Vermelho argiloso. A leguminosa foi plantada,

depois de quatro anos de cultivos anuais, em um experimento que avaliava o efeito de gesso em culturas anuais. A resposta da leucena ao gesso foi significativa em todos os oito anos de avaliação. Considerando a massa seca da parte aérea acumulada nesse período, os incrementos na produtividade foram de 68 %.

Na Tabela 1, podem ser vistos os dados de produção de matéria seca e absorção de nutrientes da leucena no terceiro ano de avaliação. Com aplicação de gesso, o rendimento de forragem aumentou 55 % e o incremento na absorção de nutrientes foi de 41 % a 64 %. Essas respostas foram atribuídas à melhor distribuição das raízes da leucena no perfil do solo, propiciando às plantas o aproveitamento mais eficiente dos nutrientes e da água em maiores profundidades.

O estilosantes cv. Mineirão, apesar de tolerante à acidez e à baixa fertilidade do solo, também respondeu à aplicação de gesso. Na ausência dele, a massa seca acumulada foi de 13,4 t/ha e, com a aplicação de 3 t/ha de gesso, a produtividade elevou-se para 19,4 t/ha (SOUZA et al., 2001).

**Tabela 1.** Rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes pela leucena (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham), no terceiro ano de avaliação, em função da aplicação de gesso no solo.

Dose de gesso	Rendimento de matéria seca	Nutriente absorvido					
		N	P	K	Ca	Mg	S
t/ha	t/ha	..... kg/ha .....					
0	3,1	91	5	31	38	17	5
3,0	4,8	148	9	51	62	24	8

Fonte: Sousa et al. (2001).

Em relação à *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e à *B. brizantha* cv. Marandu, os resultados dos estudos de Sousa et al. (2001) permitem concluir que essas espécies responderam à aplicação de gesso apenas como fonte de enxofre (Tabelas 2 e 3). Contudo, é importante ressaltar a grande resposta da *B. decumbens* ao gesso. Com apenas 200 kg/ha

(30 kg/ha de S), a massa seca acumulada, em três anos, foi 43 % maior do que no tratamento sem gesso e sem enxofre (Tabela 2).

A resposta ao gesso também foi observada em trabalho de recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Latossolo Vermelho, originalmente sob vegetação de Cerrado, com 190 g/kg de argila solo. Em dois anos de avaliação, a adição de 200 kg/ha de gesso aumentou o rendimento de matéria seca em até 50 % (Tabela 3).

**Tabela 2.** Massa seca de *Brachiaria decumbens* acumulada em cinco cortes, durante três anos, para diferentes doses de gesso, aplicadas em Latossolo Vermelho de Cerrado, com 260 g/kg de argila.

Doses de gesso	Doses de enxofre	Rendimento de massa seca
kg/ha	kg/ha de S	t/ha
0	0	21,9
200	30	31,4
600	90	32,6
1.200	180	33,4
1.800	270	32,6

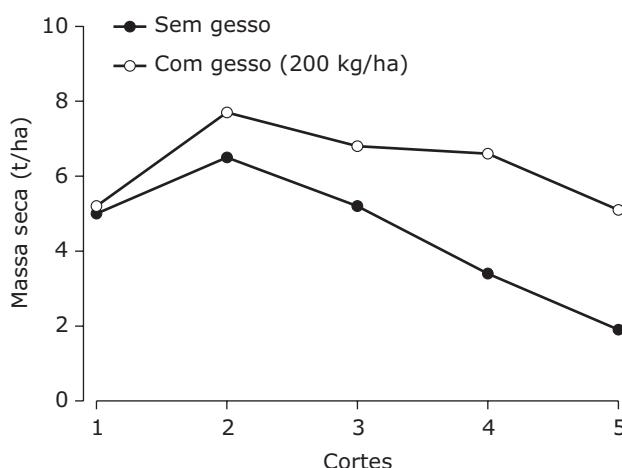
Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2001).

**Tabela 3.** Rendimento de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um período de dois anos para diferentes doses de gesso (15 % de S), aplicadas na recuperação da pastagem degradada.

Dose de gesso	Rendimento de massa seca/ano	
	1º ano	2º ano
kg/ha	..... t/ha .....	..... t/ha .....
0	3,4	5,8
200	4,2	8,7
1.500	4,3	9,7

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2001).

Outra informação importante observada nesse trabalho refere-se à perda de produtividade da pastagem na qual não se aplicou gesso, principalmente no terceiro ano depois da semeadura da pastagem. Tal fato evidencia a baixa capacidade desse solo em suprir as plantas com enxofre (Figura 1). A aplicação de 200 kg/ha de gesso, por ocasião da semeadura da braquiária, possibilitou aumento no rendimento de massa seca de até 174 %.



**Figura 1.** Efeito residual de gesso na produção de massa seca de *Brachiaria decumbens*, em Latossolo Vermelho de Cerrado, com 260 g/kg de argila.

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2001).

## Adubação com enxofre

O enxofre (S) é elemento essencial tanto para as plantas como para os animais. Quando a disponibilidade desse nutriente no solo é limitante às exigências da planta forrageira, a produtividade, o valor nutritivo e a digestibilidade da forragem, bem como o desempenho do animal em pastejo, diminuem.

Com relação ao papel do enxofre na nutrição animal, sabe-se que o elemento participa da síntese protéica e que sua deficiência reduz os teores de proteína verdadeira e aumenta os níveis de nitrogênio não protéico. Conseqüentemente, o uso de enxofre na pastagem possibilita ganhos potenciais em produtividade animal. A magnitude do aumento em produtividade, em resposta ao uso de enxofre, depende da adubação com outros nutrientes, marcadamente de nitrogênio. No trabalho apresentado na Tabela 4, a adubação com enxofre, na ausência de nitrogênio, teve eficiência baixa e da ordem de 8 kg/ha de peso vivo. Na presença de nitrogênio, essa eficiência elevou-se em 6,25 vezes para 50 kg/ha de peso vivo.

**Tabela 4.** Taxa de lotação e desempenho animal, média de dois anos, em pastagens de *Panicum maximum* cv. Colonião, adubadas com nitrogênio e enxofre.

Nitrogênio <sup>(1)</sup>	Enxofre	Taxa de lotação	Desempenho animal	
kg/ha/ano	kg/ha de S	novilhos/ha	kg/cabeça/dia	kg/ha
0	0	1,38	0,560	301
0	60	1,43	0,540	308
200	0	3,29	0,500	653
200	60	3,54	0,490	703

<sup>1</sup> A fonte de N usada foi o nitrato de amônio. Todos os tratamentos receberam uma aplicação de 200 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, exceto o tratamento sem N e sem S.

Fonte: Quinn et al., 1961.

A aplicação de fósforo, na forma de superfosfato simples, ou de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, normalmente contempla a necessidade de enxofre da forrageira. Caso contrário, o enxofre deve ser aplicado na forma de gesso agrícola (15 % de S) ou de enxofre elementar (flor-de-enxofre), de acordo com as interpretações e as recomendações apresentadas nas Tabelas 5 e 6, respectivamente. Ao encaminhar as amostras ao laboratório para análise química de enxofre, deve-se solicitar também a determinação do teor de argila.

**Tabela 5.** Interpretação da análise de enxofre no solo, considerando o teor médio na camada de 0 cm a 40 cm de profundidade.

Interpretação	S no solo (teor médio de 0 cm a 40 cm) <sup>(1)</sup>
Baixo	mg/dm <sup>3</sup> ≤ 4
Médio	5 a 9
Alto	≥ 10

<sup>1</sup> [(teor de S na camada de 0 cm a 20 cm + teor de S na camada de 20 cm a 40 cm)÷2]; S extraído com Ca ( $H_2PO_4$ )<sub>2</sub> 0,01mol/L em água (relação solo: solução extratora de 1:2,5).

Fonte: Rein e Sousa (2004).

**Tabela 6.** Recomendação de enxofre em função do teor de argila e da interpretação da análise de enxofre do solo.

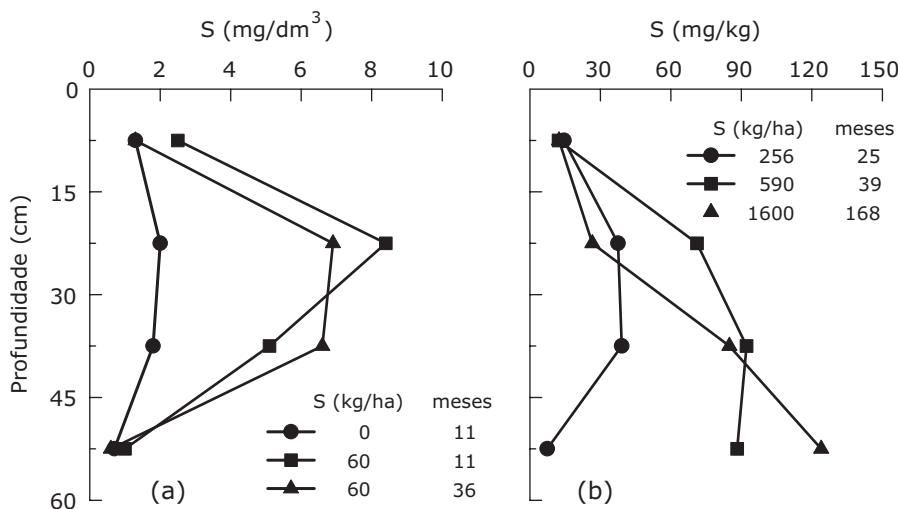
Interpretação da análise de enxofre no solo	Dose de enxofre <sup>(1)</sup>
Baixa	kg/ha 1,50 x teor de argila (%)
Média	0,75 x teor de argila (%)

<sup>1</sup> Se o solo apresentar um teor de argila menor que 20 %, aplicar 30 kg/ha de S, quando o teor de enxofre do solo for baixo, e 15 kg/ha de S, para o teor médio de enxofre no solo. Se os teores de argila forem expressos em g/kg, dividir o resultado por dez.

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2001).

A interpretação da análise de enxofre no solo deve se basear em amostras de solo coletadas nas camadas de 0 cm a 20 cm e de 20 cm a 40 cm de profundidade (Tabela 5). A coleta de amostras de terra da camada de 20 cm a 40 cm justifica-se pelo maior acúmulo de sulfato na subsuperfície dos solos (Figura 2). Os resultados da Figura 2a, para dose de 60 kg/ha de S, ilustram a lixiviação de sulfato da camada superficial, que, no entanto, ficou retido na camada de 15 cm a 45 cm de profundidade. O pH (calagem), teor de matéria orgânica e a presença de ânions ( $H_2PO_4^-$ ), normalmente mais altos na camada arável, exercem

grande influência na adsorção de sulfato. Portanto, a análise da camada de 20 cm a 40 cm é importante na avaliação da disponibilidade de S no solo (REIN; SOUSA, 2004).



**Figura 2.** Teores de enxofre em diferentes profundidades em Latossolos Vermelho muito argilosos (a) e argilosos (b), amostrados em diversos períodos de tempo, depois de aplicações de gesso ou superfosfato simples.

Fonte: Adaptado de Rein e Sousa (2004).

De posse do resultado da análise do solo, deve-se somar o teor de enxofre encontrado na camada de 0 cm a 20 cm com o teor de 20 cm a 40 cm e dividir por dois. Consultar a Tabela 5 para interpretar o resultado da análise do solo.

Se o teor médio de enxofre dessas camadas for interpretado como baixo ou médio, o cálculo da dose de gesso pode ser feito utilizando as fórmulas da Tabela 5, desde que o teor de argila do solo seja conhecido. Caso não se disponha do teor de argila do solo, pode-se aplicar 45 kg/ha de S ou 30 kg/ha de S para solos com teores baixo e médio de enxofre, respectivamente (Tabela 5).

Quando o teor médio das camadas de solo for interpretado como alto, não é necessário adubar com enxofre, salvo para o estabelecimento

ou recuperação de pastagens se, na camada de 0 cm a 20 cm, o teor estiver baixo ( $\leq 4 \text{ mg/dm}^3$ ), situação em que se recomenda a aplicação de 15 kg/ha de S para suprir a demanda inicial da pastagem. As doses de enxofre recomendadas por esse critério apresentam efeito residual de, no mínimo, dois anos (solos arenosos), podendo se estender até seis anos (solos argilosos). Não será necessário reaplicá-lo durante igual período.

O efeito residual do enxofre ocorre em virtude da retenção do sulfato nas camadas mais ácidas da subsuperfície do solo (Figura 2).

## Gessagem

O gesso para atuar como condicionador de solo, melhorando a sua subsuperfície, pode ser utilizado em pastagens estabelecidas com espécies susceptíveis à acidez do solo ou como fonte de enxofre (recomendado para todas as espécies), fornecendo ainda o cálcio.

Para estimar a necessidade de gesso como condicionador do solo, deve-se fazer uma amostragem de solo na camada de 40 cm a 60 cm de profundidade. Essa análise deve ser encaminhada ao laboratório para análise química de enxofre, solicitando-se, também, a determinação do teor de argila. De posse dos resultados, se a saturação por alumínio for maior que 20 %, ou, se o teor de cálcio for menor que  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , interpreta-se que há probabilidade de resposta ao gesso (SOUZA et al., 2001).

Para se definir a quantidade de gesso a ser aplicada, é necessário conhecer o teor de argila do solo. De posse desse valor, a dose de gesso (D.G.) pode ser calculada pela fórmula:

$$D.G.(\text{kg/ha}) = 50 \times \text{Argila} (\%) \text{ ou } D.G.(\text{kg/ha}) = 5 \times \text{Argila} (\text{g/kg})$$

A partir da classificação textural do solo, também é possível determinar a dose de gesso pela Tabela 7. As doses de gesso recomendadas por esse critério apresentam efeito residual de, no mínimo, cinco anos em solos arenosos, podendo se estender a até 15 anos, para os solos muito argilosos. Não será necessário reaplicá-lo durante igual

período. O suprimento adicional de gesso/enxofre, durante esse intervalo, normalmente não será necessário em sistemas com baixo uso de insumos. Com a intensificação no uso de fertilizantes em pastagens, recomenda-se acompanhar os teores de enxofre no solo, no intuito de avaliar a necessidade de uma eventual intervenção no sistema.

**Tabela 7.** Recomendação de gesso (15 % S) em função da classificação textural do solo.

Textura do solo	Dose de gesso kg/ha
Arenosa	700
Média	1.200
Argilosa	2.200
Muito argilosa	3.200

Fonte: Sousa et al. (2001).

## Referências

QUINN, L. R.; MOTT, G. O.; BISSCHOFF, W. V. A. **Fertilização de pastos de capim colonião e produção de carne com novilhos zebu**. New York: IBEC Research Institute, 1961. 37 p. (IBEC Research Institute. Boletim, 24).

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. de. Adubação com enxofre. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 227-244.

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 22 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12).



## Adubação nitrogenada

Geraldo Bueno Martha Júnior

Lourival Vilela

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

### Introdução

O aumento na disponibilidade de nitrogênio (N) no meio interfere positivamente sobre fatores morfofisiológicos da planta forrageira, estimulando seu crescimento e, conseqüentemente, concorrendo para o aumento da produtividade da pastagem. Dentre esses fatores, destaca-se o aumento: (1) na atividade fotossintética; (2) na mobilização de reservas (carbono e N) após a desfolha; (3) no ritmo de expansão da área foliar e (4) no peso e número de perfilhos. Tais efeitos estabelecem, ainda, a oportunidade para elevar o desempenho dos animais, via manejo do pastejo, em razão da possibilidade de aumentar o consumo de folhas e perfilhos de maior valor nutricional.

Desse modo, o uso de fertilizantes nitrogenados, em sistemas de produção animal em pastejo, tem os objetivos de aumentar a rentabilidade do negócio – via aumento na produtividade da planta e, conseqüentemente, do animal –, a longevidade da pastagem e a flexibilização do manejo da fazenda. Essa maior flexibilidade é obtida, por exemplo, como resultado da menor necessidade de arrendar outras áreas de pasto ou em virtude da liberação de áreas na fazenda para outros usos, como o cultivo com lavouras.

A importância relativa desses objetivos, no entanto, irá variar com o perfil de cada sistema de produção. Em sistemas com baixo nível de manejo/insumo, a reposição de N visa, prioritariamente, a garantir a

sustentabilidade da comunidade vegetal. Em sistemas de produção “verticalizados” e de melhor manejo, o N, além de atuar sobre a sustentabilidade da pastagem, torna-se o principal nutriente regulando a produtividade vegetal e animal.

Embora o uso de fertilizantes nitrogenados seja uma maneira efetiva de repor N no sistema e, potencialmente, garantir a sustentabilidade do sistema de produção, sua adoção pelos pecuaristas ainda é limitada. Dentre outras razões, atribui-se, esse fato, à cultura do pecuarista de não aplicar fertilizantes em pastagens e à expectativa de baixa lucratividade da adubação nitrogenada de pastagens, principalmente, nos sistemas extensivos de produção animal a pasto, ainda predominantes na região do Cerrado.

Neste capítulo, discutem-se quais as metas (coeficientes técnicos) a serem atingidas para aumentar a probabilidade de resultados econômicos positivos com a adubação nitrogenada de pastagens. Posteriormente, algumas considerações são feitas sobre a viabilidade econômico-financeira e o risco associado ao uso de N-fertilizante em pastagens.

## O nitrogênio no ecossistema de pastagens

O ciclo global do N inclui os subciclos atmosférico, hidrológico, terrestre e aquele presente na biosfera. A movimentação do N através desses vários reservatórios é definida como “o ciclo do N”. A fase (gasosa, líquida e sólida) e o estado de oxidação (carga elétrica das formas de nitrogênio, que varia de - 3 a + 5) do N mudam durante a “ciclagem” entre os diferentes estoques (pools), o que torna o ciclo particularmente complexo. Em escala global, o ciclo do nitrogênio é fechado.

O ciclo terrestre do N é composto pelo sistema solo-planta e, no caso de ecossistemas de pastagens, pelo sistema solo-planta-animal. Parte das exigências da planta por N pode ser suprida pela absorção direta de formas orgânicas desse nutriente, como aminoácidos e moléculas de uréia. Entretanto, a quase totalidade dessas exigências é atendida pela absorção de formas minerais de N-nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e N-amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (WHITEHEAD, 1995). Dessa maneira, as exigências em N da planta são

contempladas pelo somatório do N mineral proveniente da atmosfera, de fertilizantes e de resíduos orgânicos adicionados ao solo. O nitrogênio proveniente dos ciclos internos do solo (mineralização da matéria orgânica) também é importante no fornecimento de N para a planta (JARVIS et al., 1995). No caso de sistemas pastoris, o N da excreta do animal também contribui para a nutrição nitrogenada da planta, porém, de maneira localizada, na área de influência da excreta.

Em ecossistemas naturais, como pastagens nativas, assume-se que as perdas de N são baixas e contrabalançadas por pequenos acréscimos do elemento ao sistema, de modo que esses ecossistemas são, de certa forma, de natureza conservativa. A sustentabilidade desses ecossistemas ao longo dos séculos, sem a interferência do homem, dá suporte a essa idéia. Todavia, em ecossistemas modificados (agroecossistemas), o ciclo do N passa a ser aberto, de natureza não conservativa, e necessita de intervenção do homem para garantir sua sustentabilidade. Estima-se que o déficit anual de N, em pastagens tropicais, é da ordem de 60 a 100 kg/ha (MYERS; ROBBINS, 1991; CADISCH et al., 1993, 1994).

Em pastagens não adubadas ou com níveis insuficientes de fornecimento de nitrogênio, a deficiência do nutriente pode ser explicada pela maior imobilização durante a decomposição de resíduos orgânicos, pela redução nas taxas de mineralização da matéria orgânica, pela distribuição errática de fezes e de urina na pastagem e pelas elevadas perdas do N da excreta, em especial do N-urina (MYERS; ROBBINS, 1991; WEDIN, 1996; CORSI; MARTHA JÚNIOR, 1997). Nesses casos, o N é adicionado ao sistema pela atmosfera (deposição seca e úmida), pela reciclagem a partir de resíduos vegetais e de origem animal e pela mineralização da matéria orgânica do solo.

A contribuição de nitrogênio a partir da atmosfera é pequena e da ordem de 4 a 8 kg/ha/ano de N (SANCHEZ, 1976). Nas proximidades de áreas industrializadas e de confinamentos, a contribuição desse elemento via atmosfera é mais significativa, da ordem de 15 kg/ha/ano de N (SCHOLEFIELD et al., 1991; WHITEHEAD, 2000). As quantidades de N fixadas por via não simbiótica ainda são controversas e limitadas a estimativas provenientes de estudos em laboratório ou em pequenas

parcelas (BODDEY et al., 1997). Atualmente, estimam-se adições inferiores a 15 kg/ha/ano de N (WHITEHEAD, 1995, 2000).

Desse modo, em pastagens não adubadas com nitrogênio (ou não consorciadas com plantas leguminosas), a contribuição do N da fixação não simbiótica e da atmosfera assume caráter de certa relevância, porém, as adições médias anuais por essas vias possivelmente não ultrapassam 10 a 15 kg/ha de N. Pela magnitude dessas adições, percebe-se que as contribuições de N por meio da mineralização (i.e. a passagem do nutriente da forma orgânica para a forma mineral) da matéria orgânica (solo e resíduos) são quantitativamente mais importantes.

A quantidade de N disponibilizada no sistema, por meio da mineralização da matéria orgânica do solo, determina a produção de forragem na ausência de adubação nitrogenada e o potencial de produção de forragem quando o fertilizante nitrogenado é utilizado. Quanto maior a taxa de mineralização (aumento na quantidade de N-mineral no solo), menor a quantidade necessária de fertilizante nitrogenado para atingir um determinado nível de produção de forragem (MARTHA JÚNIOR et al., 2004a). Analogamente, na ausência de adubação, com queda nas taxas de mineralização da matéria orgânica, haverá queda na produção de forragem e, inevitavelmente, na taxa de lotação.

Exemplificando, considere um local cuja contribuição do N da atmosfera e fixação não simbiótica equivalem a 12 kg/ha/ano, e cujo solo tem 1,2 g/cm<sup>3</sup> de densidade, 3 % de matéria orgânica e essa tem 5 % de N. Para uma taxa inicial de mineralização da matéria orgânica do solo de 4 % ao ano, o aporte estimado de N ao sistema seria da ordem de 156 kg/ha, compatível com uma taxa de lotação de aproximadamente 1 UA/ha. Entretanto, em razão da ocorrência de resíduos paulatinamente de pior qualidade ciclando no sistema, tem-se a expectativa de redução gradual nas taxas de mineralização da matéria orgânica. Para taxas de mineralização de 3 %; 2 % e 1,5 %, estima-se que as taxas de lotação seriam reduzidas para 0,79; 0,58 e 0,49 UA/ha, respectivamente.

Portanto, em sistemas extensivos, sem correção e adubação do solo, é fundamental que a oferta de forragem praticada na propriedade seja elevada. Com desfolha leniente, a extração de nutrientes é baixa e,

desse modo, a demanda nutricional da planta forrageira pode ser equilibrada de maneira mais satisfatória pelas adições de N via atmosfera, fixação não simbiótica e mineralização da matéria orgânica. Contudo, é importante salientar que essa estratégia de manejo não garante a perenidade do pasto – apenas prolonga o período de tempo para que estádios mais severos de degradação do pasto sejam estabelecidos.

## Manejo do fertilizante nitrogenado em pastagens

Os esforços para compreender melhor a dinâmica do nitrogênio, em pastagens tropicais, passaram a ser mais evidentes a partir da década de 1950, quando a natureza altamente responsiva da gramínea tropical às adições de N ao sistema foi ratificada por diversos estudos (HENZELL, 1962; VICENTE-CHANDLER et al., 1974).

Os principais componentes do manejo do N-fertilizante em pastagens são a dose, a fonte e a forma de parcelamento do N aplicado. O sucesso com que essas medidas de manejo do N-fertilizante são implementadas na fazenda – visando a aumentar a recuperação do N aplicado no sistema solo-planta e a reduzir as perdas do N-fertilizante para o ambiente – em associação com a eficiência de pastejo são os principais determinantes da eficiência biológica e econômica da adubação nitrogenada de pastagens<sup>1</sup>.

## Dose do fertilizante nitrogenado e seu parcelamento

A resposta das pastagens de gramíneas tropicais ao N-fertilizante é expressiva até doses de 180 kg N/ha/ciclo de crescimento, refletindo as condições de crescimento da planta forrageira durante um dado período de rebrota. Na média, a expectativa é que a eficiência de conversão do N-fertilizante em massa seca de forragem (kg MS/kg N) diminua a partir de 120 kg/ha/ciclo de crescimento, sendo a redução mais acentuada

---

<sup>1</sup> Uma discussão detalhada sobre a eficiência de uso e sobre as perdas do N-fertilizante em pastagens foi apresentada por Martha Júnior et al. (2004a).

quando doses acima de 60 kg N/ha/ciclo de crescimento são utilizadas (MARTHA JÚNIOR et al., 2004a). Com adubações maiores, a partir de 50 a 60 kg N/ha/ciclo de crescimento, a eficiência de uso do N-fertilizante, em geral, decresce linearmente. Essa menor eficiência de uso do N com o aumento na dose, provavelmente, reflete as maiores perdas do nutriente.

A aplicação do fertilizante nitrogenado deve ser realizada durante as chuvas, pois, nesse período, ocorrem as melhores condições de crescimento para a planta forrageira (umidade no solo, temperatura, etc.). O parcelamento da adubação nitrogenada, durante o período das chuvas, é interessante, pois, assim, diminui-se o risco de respostas desfavoráveis na produção de forragem e na produção animal em virtude do uso de N-fertilizante.

O número de vezes em que se parcela a dose anual de fertilizante nitrogenado varia com a dose de N-fertilizante aplicada e com os objetivos idealizados para o sistema de produção (por exemplo, a expectativa de distribuição estacional da produção de forragem para equilibrar a demanda de forragem pelos animais). Por um lado, não é muito interessante operar com doses inferiores a 25 a 30 kg/ha de N por aplicação. Por outro, para efeito de planejamento, sugere-se que a dose de N-fertilizante por aplicação não ultrapasse cerca de 60 kg/ha de N.

Assim, quando pequenas quantidades de fertilizante nitrogenado são utilizadas (< 60 kg N/ha/ano), a aplicação pode ser feita de uma vez só<sup>2</sup>. Note que, em razão da pequena quantidade de nitrogênio utilizada por ciclo de pastejo, o risco de perda do N aplicado também é menor, minimizando o risco de produção associado à adubação nitrogenada.

Para doses entre 80 a 120 kg/ha/ano, o parcelamento mínimo seria de duas vezes, podendo atingir três vezes, de acordo com o planejamento da fazenda, ou até quatro, no caso de doses próximas a 120 kg/ha/ano.

---

<sup>2</sup> Em determinadas situações pode ser interessante parcelar essa pequena adubação em duas vezes (25 a 30 kg/ha de N por aplicação) para melhorar a distribuição de forragem ao longo do ano e para melhorar a estrutura da pastagem e, consequentemente, impactar de modo menos negativo o ganho de peso dos animais na transição águas/seca.

Com doses mais elevadas, na faixa de 120 a 180 kg/ha/ano, seria aconselhável dividir essa quantidade em pelo menos três ou quatro vezes. Nas situações em que as adubações ultrapassam 200 kg/ha/ano de N, o mais indicado seria parcelar a quantidade anual de fertilizante nitrogenado de acordo com os ciclos de pastejo durante a estação das chuvas. Por exemplo, normalmente, praticam-se cinco a oito ciclos de pastejo durante o verão. Desse modo, poder-se-ia aplicar cinco a oito parcelas de 40 a 60 kg/ha de N, depois da saída dos animais dos piquetes, totalizando doses anuais de 200 a 480 kg/ha de N, conforme o número de ciclos de pastejo e a dose de N-fertilizante por ciclo.

## Fonte do fertilizante nitrogenado e seu parcelamento

A fonte do fertilizante nitrogenado pode interferir no resultado bioeconômico da adubação nitrogenada de pastagens. Pelo lado biológico, o uso de diferentes fontes visa a aumentar a recuperação do N aplicado no sistema solo-planta, minimizar as perdas de N-fertilizante ou, ainda, fornecer outros nutrientes à planta forrageira em adição ao nitrogênio. Pelo lado econômico, o uso de diferentes fontes tem o objetivo de proporcionar retorno econômico favorável à adubação nitrogenada em sistemas pastoris.

As principais fontes de N utilizadas em pastagens são a uréia (44 % a 46 % N), o sulfato de amônio (20 % a 21 % N) e o nitrato de amônio (32 % a 33 % N), diretamente ou em misturas com outros nutrientes. As fontes de N têm, obviamente, vantagens e desvantagens.

No caso do nitrato e do sulfato de amônio, a principal vantagem estaria relacionada com as menores perdas do N-aplicado, geralmente, inferiores a 5 %, no caso do nitrato de amônio, e menores que 10 %, no caso do sulfato de amônio (PRIMAVESI et al., 2001; MARTHA JÚNIOR et al., 2004a,b). Outro benefício muito importante do sulfato de amônio seria o fornecimento de enxofre em adição ao N (24 % de enxofre no adubo).

O fornecimento de enxofre é imprescindível para as pastagens estabelecidas na região do Cerrado, cujos solos são normalmente deficientes nesse elemento (Capítulo 5). Ademais, o suprimento adequado

de enxofre no solo aumenta a resposta da planta forrageira ao N aplicado e pode melhorar a eficiência de uso do N-fertilizante. A dependência da eficiência de utilização do nitrogênio com a disponibilidade de enxofre no meio reflete a íntima ligação entre os metabolismos de nitrogênio e de enxofre na planta. Pelos dados apresentados por Werner et al. (1996), estima-se que a relação N:S em *Brachiaria* spp. varia de 10 a 15:1. Dessa maneira, pode-se inferir que, para cada quilograma de enxofre deficiente para as plantas, haveria um excedente de 10 a 15 kg de N no sistema que, potencialmente, poderiam se perder do sistema solo-planta. A maior recuperação do <sup>15</sup>N-sulfato de amônio em relação ao <sup>15</sup>N-uréia, na parte aérea de capim-elefante (24,3 % e 19,7 % do N aplicado, respectivamente), parece dar suporte a essa idéia (MARTHA JÚNIOR et al., 2004b).

A principal desvantagem do nitrato e do sulfato de amônio é o custo. Em algumas regiões do Cerrado, onde o preço do frete é mais elevado, o custo do N-sulfato de amônio geralmente supera o do N-uréia em cerca de 20 % a 50 %. Outra desvantagem do sulfato de amônio é a maior acidificação gerada no solo em comparação àquela resultante do uso de uréia e de nitrato de amônio. Para neutralizar a acidificação gerada no solo pela aplicação de 1 kg de N-sulfato de amônio, 1 kg de N-nitrato de amônio 1 kg de N-uréia, são necessários 5,4; 1,8 e 1,8 kg de carbonato de cálcio, respectivamente (TISDALE et al., 1993). Entretanto, a acidez provocada pela reação do sulfato de amônio no solo pode determinar benefícios indiretos, como o estabelecimento de nichos mais favoráveis à dissolução dos fosfatos reativos no solo.

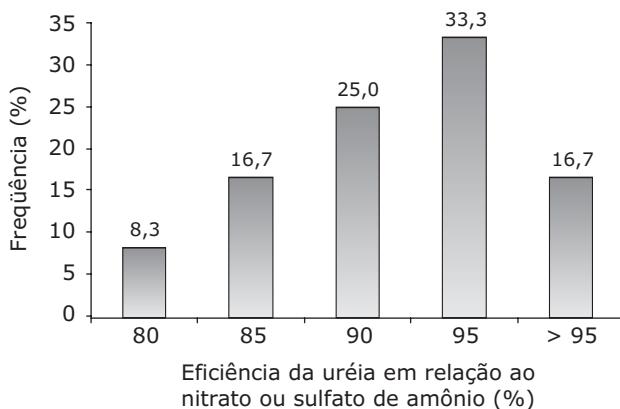
A grande justificativa para o uso de uréia é o menor custo do quilo do N aplicado. Contrapõe-se a essa vantagem a expectativa de elevada perda do N-uréia em pastagens, porém a magnitude da perda é afetada pela época do ano e pela dose do fertilizante utilizada.

Em períodos com alta temperatura e umidade do solo (época das chuvas), sem a ocorrência de chuvas logo depois da adubação<sup>3</sup>, o potencial de perda do nitrogênio aplicado, principalmente daquele proveniente da uréia, aumenta. Esse risco de perda do N-uréia aplicado é

<sup>3</sup> Quando ocorrem veranicos após a adubação ou, geralmente, no final do período das águas, época em que a distribuição de chuvas é errática.

maior quando, nessas condições, a dose de N-uréia utilizada é superior a 50 a 60 kg/ha/ciclo de crescimento (PRIMAVESI et al., 2001; MARTHA JÚNIOR et al., 2004a,b). No trabalho de Martha Júnior (2003), mesmo considerando condições de clima e de solo propícias à baixa recuperação do N aplicado no sistema solo-planta, o uso de doses inferiores a 50 kg/ha de N-uréia permitiu que pelo menos 60 % do nitrogênio aplicado fosse recuperado no sistema solo-planta (MARTHA JÚNIOR, 2003).

Apesar da expectativa de elevada perda do N-uréia, a produção de forragem não tem diferido, substancialmente, entre plantas adubadas com fontes nítricas, amoniacais ou amídicas (uréia), quando toda a estação de crescimento é considerada. Na média de 12 experimentos com gramíneas forrageiras tropicais, delineados para avaliar a eficiência de adubações com uréia na produção de forragem em relação a adubações com nitrito ou com sulfato de amônio, observou-se que o uso de uréia determinou produção de forragem equivalente a 88 % daquelas observadas com o uso de sulfato ou de nitrito de amônio. Em 58 % dos casos, a produção de forragem com o uso de uréia representou 85 % a 95 % da verificada com as fontes controle e, em apenas 8 % dos experimentos, as adubações com uréia proporcionaram produção de forragem inferior a 80 % da verificada com fontes nítricas ou amoniacais (Figura 1).



**Figura 1.** Eficiência de adubações com uréia (% em relação a adubações com nitrito ou com sulfato de amônio) na produção de massa seca de gramíneas forrageiras tropicais.

Fonte: Martha Júnior et al. (2004a).

Os resultados indicados na Figura 1 parecem ser consequência da capacidade do sistema tamponar o suprimento de N para a planta forrageira em curto prazo, conforme orienta o trabalho de Martha Júnior et al. (2004b). Entretanto, segundo esses autores, mais experimentação é necessário, em especial, para pastagens estabelecidas em solos de baixa fertilidade química, em uma amplitude de manejo da pastagem, a fim de quantificar a extensão desse “efeito tampão” e o período de tempo em que ele pode ser explorado, em diferentes sistemas de produção, sem que haja prejuízos à sustentabilidade da pastagem (MARTHA JÚNIOR et al., 2004a).

Alternativamente, tem sido proposto o uso de misturas de sais (geralmente sulfato ou cloreto) com uréia para reduzir as perdas de amônia por volatilização (em comparação ao uso exclusivo de uréia) e baratear o custo da adubação (em comparação ao uso exclusivo de fontes nítricas e amoniacais). Contudo, as evidências sobre a efetividade dessa prática no aumento da eficiência de uso do N aplicado e da produção de forragem são inconsistentes até o momento (RAPPAPORT; AXLEY, 1984; EICHHORN JÚNIOR; HUFFMAN, 1991; OLIVEIRA et al., 2003).

Obviamente, não apenas as doses, mas também as fontes de N, podem ser utilizadas estratégicamente durante a estação de pastejo. Adubações com N-uréia realizadas no final do período das chuvas (fevereiro e março) têm sido associadas com elevadas perdas de amônia por volatilização (PRIMAVESI et al., 2001; MARTHA JÚNIOR et al., 2004a,b). Consequentemente, a expectativa é que, nessa época do ano, a produção de forragem seja menor nas áreas adubadas com uréia em comparação com a produção de forragem obtida nas áreas adubadas com fontes nítricas e amoniacais, principalmente quando o período de acúmulo de forragem é maior (90 a 120 dias).

Nessas situações, em particular, cabe ao técnico ou produtor decidir se vale a pena pagar mais (uso de fontes nítricas e amoniacais) para minimizar o risco de respostas desfavoráveis associadas ao uso de N-uréia em pastagens (MARTHA JÚNIOR et al., 2004a). Considerando os preços usuais de sulfato de amônio (R\$ 530,00 a R\$ 600,00/t) e da uréia (R\$ 730,00 a R\$ 900,00/t), na região do Cerrado, o aumento no custo da adubação pela inclusão de sulfato de amônio, em relação ao uso exclusivo

de uréia, seria da ordem de 4 % a 10 % quando a adubação com sulfato de amônio representasse um sexto a um terço da dose total de N-fertilizante aplicado. Desse modo, pode ser interessante uma pequena elevação nos custos, frente à potencial redução no risco de produção do pasto e do animal, em virtude da menor probabilidade de perda do nitrogênio aplicado em épocas críticas do ano e do fornecimento de enxofre.

## Parcelamento do fertilizante nitrogenado e distribuição estacional de forragem

O parcelamento de N-fertilizante oferece oportunidade para alterar a magnitude e a distribuição do suprimento de forragem na fazenda. O parcelamento da dose anual desse fertilizante geralmente não altera a produção anual de forragem, mas pode afetar, de maneira marcante, a sua distribuição estacional. Contudo, conforme se depreende do trabalho de Vilela et al. (2004a), embora o padrão de distribuição de forragem possa ser substancialmente melhorado pela variação na dose de N-fertilizante aplicada durante a estação de crescimento, dificilmente o estoque de forragem será mantido constante ao longo do período.

Para efeito de planejamento forrageiro, deve-se observar que, quando as adubações nitrogenadas são utilizadas para potencializar a produção anual de forragem (N aplicado no início/meio da estação das águas), o déficit de produção de forragem, na época seca, é normalmente acentuado. Nesse sentido, torna-se necessário, por exemplo, vender animais no final da estação das águas, para diminuir a demanda de forragem, ou aumentar a quantidade de suplementação para o rebanho, na seca, para aumentar o suprimento de alimentos.

Em sistemas com uso baixo a moderado de insumos, o uso estratégico do N-fertilizante, no momento da vedação do pasto, pode aumentar a produção de forragem na época seca de maneira compatível com a disponibilidade de recursos financeiros e humanos da maioria das fazendas da região do Cerrado (MARTHA JÚNIOR et al., 2003). Esses autores apontaram que essa estratégia ainda permite reduzir, substancialmente, a área de pasto vedada na fazenda visando à manutenção de uma dada taxa de lotação, o que traz uma série de

benefícios: (1) flexibiliza o manejo da fazenda, em especial em propriedades de grande porte; (2) reduz o risco de superpastejo na área não diferida, minimizando eventuais prejuízos na capacidade de suporte e na produtividade futura dessas áreas de pasto e (3) possibilita a manutenção de maiores taxas de lotação na propriedade, sendo esse fato reflexo direto da menor necessidade de pasto a ser vedado em virtude da maior taxa de lotação nas áreas de pastagem não diferidas e vedadas.

Entretanto, a eficiência de uso do N-fertilizante na produção de forragem é um aspecto importante a ser considerado. No exemplo apresentado na Tabela 1, observam-se taxas de lotação de 1,9 e 2,6 UA/ha, no pasto diferido, nas situações em que a eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem é de 15 e 45 kg MS/kg N aplicado, respectivamente. Como resultado, a área a ser diferida é 54 % a 73 % maior na situação de baixa eficiência de uso do N-fertilizante, comparada com a situação de uso mais eficiente do adubo, conforme a variação na taxa de lotação na área não diferida.

**Tabela 1.** Efeito projetado do aumento nas taxas de lotação nas áreas de pastagem diferida e não diferida sobre a necessidade de área de pasto a ser vedada para garantir a manutenção de uma taxa de lotação na seca de 1 UA/ha<sup>(1)</sup>.

Taxa de lotação na área diferida (UA/ha)	Taxa de lotação na área não diferida (UA/ha)		
	0,50	0,65	0,80
..... % de área de pasto a ser diferida .....			
1,5 <sup>(2)</sup>	51	42	29
1,9 <sup>(3)</sup>	37	29	19
2,6 <sup>(4)</sup>	24	18	11

<sup>1</sup> Considerando 3 t/ha de matéria seca na pastagem vedada sem adubação, após 120 dias de crescimento, consumo de 1,7 % do peso do animal (manutenção), por 105 dias de utilização do pasto diferido e eficiência de pastejo de 40 %.

<sup>2</sup> Sem uso de fertilizante nitrogenado.

<sup>3</sup> Com uso de 50 kg/ha de N no momento da vedação, considerando eficiência de 15 kg MS/kg N aplicado.

<sup>4</sup> Com uso de 50 kg/ha de N no momento da vedação, considerando eficiência de 45 kg MS/kg N aplicado.

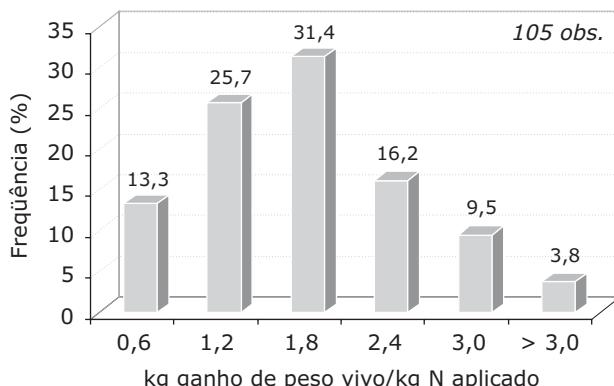
Fonte: Martha Júnior et al. (2003).

Deve-se ter em mente que o alcance de elevada taxa de lotação na área de pasto diferido, da ordem de 2,2 a 2,6 UA/ha, está associado com (MARTHA JÚNIOR et al., 2003): (1) condições fisiológicas da planta forrageira favoráveis ao acúmulo de forragem, como área foliar residual e níveis de reservas fisiológicas na planta adequados, durante o período de vedação do pasto; (2) solos de fertilidade química moderada a elevada; (3) condições climáticas favoráveis ao acúmulo de forragem durante o período de veda da pastagem; (4) uso de fertilizante nitrogenado no momento da vedação da pastagem, salvo nas situações de áreas subseqüentes a lavouras de grãos de alta produtividade; (5) elevada eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem e (6) perdas por acamamento reduzidas por ocasião do uso da forragem.

## Eficiência de uso do N-fertilizante na produção animal

A maximização da eficiência de conversão do N-fertilizante em massa seca de forragem é extremamente importante para o resultado bioeconômico final da adubação nitrogenada de pastagens. Entretanto, uma vez que a forragem “extra” produzida pela adubação precisa ser consumida pelo animal e, posteriormente, convertida em produto animal, o que interessa ao pecuarista não é, propriamente dito, a relação kg MS/kg N aplicado, mas sim a razão entre kg de ganho de peso vivo (GPV)/kg N aplicado (Capítulo 3). Tal fato justifica a proposta de se buscar o aumento da eficiência de todas as etapas envolvidas no processo de produção animal a pasto, pois, se isso não ocorrer, a resposta da planta forrageira ao N-fertilizante é diluída nas diferentes etapas de produção.

Como resultado da eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem, da eficiência de pastejo e da eficiência de conversão de massa seca em ganho de peso vivo, tem-se a eficiência de uso do N-fertilizante na produção animal. Na média, esse valor é de 1,45 kg de GPV/kg N aplicado, para um potencial estimado em 3,5 a 4 kg de GPV/kg de N. Para efeito de manejo, deve-se observar que 48 % dos resultados concentram-se na faixa de 1,2 a 2,4 kg GPV/kg N e que em apenas 30 % e 13 % dos casos a eficiência de uso do N-fertilizante pode ser considerada boa (> 1,8 kg GPV/kg N) e excelente (> 2,4 kg GPV/kg N), respectivamente (Figura 2).



**Figura 2.** Freqüência de distribuição (%) dos valores de eficiência de uso do N-fertilizante (kg GPV/kg N-fertilizante aplicado) em pastagens de gramíneas tropicais.

Fonte: Martha Júnior et al. (2004a).

Conforme argumentado no Capítulo 3, deve-se estabelecer metas de produtividade para garantir respostas econômicas favoráveis com a adubação da pastagem. As metas sugeridas para aumentar a probabilidade de resposta econômica favorável ao uso de fertilizante nitrogenado em pastagens são indicadas na Tabela 2. As amplitudes nos valores sugeridos nessa Tabela permitem concluir que existe potencial para aumentar a eficiência de uso do N-fertilizante em sistemas pastoris, independentemente da eficiência parcial considerada. Geralmente, o maior efeito sobre a eficiência de uso do nitrogênio na produção animal (kg GPV/kg N) é verificado pela eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem e pela eficiência de pastejo. Isso acontece porque a manipulação da razão kg MS/kg GPV está, na maioria das vezes, fora do alcance do produtor, principalmente, em virtude da necessidade de ele manter na fazenda animais de diferentes categorias e do controle limitado que exerce sobre a qualidade da forragem consumida pelo animal, o que determina variações no ganho de peso diário (Capítulo 3).

Ressalta-se que uma análise mais adequada da eficiência de uso do N-fertilizante na produção animal precisa considerar o histórico da área no tocante ao efeito residual da adubação praticada em lavouras de grãos anteriores à pastagem ou da própria adubação nitrogenada realizada no pasto.

**Tabela 2.** Intervalos de variação mais comuns das eficiências parciais dos componentes determinantes da produção animal em pastagens adubadas com nitrogênio e metas a serem buscadas no sistema de produção.

Componente	Intervalo mais comum de variação	Metas
kg MS/kg N aplicado	15 a 45	> 45
Eficiência de pastejo (%)	40 a 55	> 55
kg MS/kg de ganho de peso	14,5 a 18 <sup>(1)</sup>	12 a 16 <sup>(2)</sup>
kg GPV/kg N aplicado	0,5 a 1,7	> 2,0 a 2,2

<sup>1</sup> Considerando animais em recria, consumindo forragem com 55 % de digestibilidade e apresentando ganho de peso na faixa de 400 a 600 g/cabeça/dia.

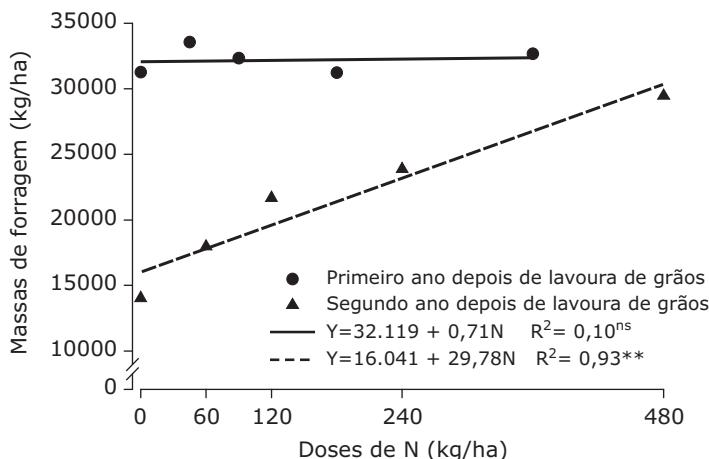
<sup>2</sup> Considerando animais em recria, consumindo forragem com 60 % a 65 % de digestibilidade e apresentando ganho de peso na faixa de 400 a 600 g/cabeça/dia.

Fonte: Martha Júnior et al. (2004a).

Sousa e Lobato (2002) apresentaram uma proposta para estimar a contribuição de nitrogênio a partir de resíduos vegetais de culturas anuais com base no histórico da área. A quantidade de N disponível para a cultura sendo estabelecida, a partir de resíduos vegetais de culturas anteriores, seria obtida pelo somatório dos produtos entre a produtividade (sacos de 60 kg) e o fator de disponibilidade de N dos últimos três anos: 0,10 para gramíneas, independentemente do tempo de cultivo, e 0,11; 0,22 e 0,45 para leguminosas cultivadas há, respectivamente, três, dois e um ano antes da nova cultura. A quantidade de N no solo disponível para absorção pela planta seria representada por esse valor acrescido da quantidade de N-mineral no solo e da quantidade de N mineralizado a partir da matéria orgânica nativa do solo.

Pela proposta apresentada por Sousa e Lobato (2002), fica claro que, quanto maior a produtividade das lavouras de grãos anteriores ao pasto, maior será a produção de forragem na fase de pastagem. De fato, isso acontece na prática. Ademais, é importante notar que, uma vez que o efeito residual do N no solo decresce rapidamente com o tempo, a produtividade de forragem diminui nos anos seguintes quando não há reposição de nutrientes, especialmente de nitrogênio. No exemplo

apresentado na Figura 3, a diferença na produção de forragem do primeiro para o segundo ano, depois do cultivo com grãos, na ausência de adubação nitrogenada na pastagem, foi de 16.078 kg/ha de MS. Considerando eficiência de conversão de N-fertilizante em forragem de 45 kg MS/kg N, seria necessária uma adubação, no segundo ano, com cerca de 360 kg/ha de N para atingir uma produção de forragem semelhante àquela observada no primeiro ano de pastagem depois do cultivo de grãos.



**Figura 3.** Produção de forragem acumulada, em seis cortes, sob irrigação, no primeiro e no segundo ano depois do estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em área previamente cultivada com lavouras de grãos em Latossolo Vermelho de textura argilosa.

Tendência semelhante à relatada para a integração lavoura-pecuária é observada quando áreas de pastagens adubadas com fertilizante nitrogenado por alguns anos deixam de receber esse insumo. No trabalho de Berg e Sims (2000), por exemplo, observou-se efeito residual no ganho de peso dos animais, em um período de três anos, de 0,63 kg por quilograma de N-fertilizante aplicado nos cinco anos anteriores (i.e. 0,63 kg GPV/kg N aplicado). O trabalho de Mott et al. (1970), com capim-colonião, também indicou que adubações prévias com nitrogênio promovem efeito residual sobre a produção de forragem nos anos subseqüentes. Os autores observaram, no entanto, redução acentuada nesse efeito residual da adubação nitrogenada sobre o desempenho

animal com o tempo. Depois de a pastagem receber adubação com 200 kg/ha/ano de N, por oito anos consecutivos, o efeito residual foi avaliado por mais quatro anos. No primeiro ano depois da interrupção da adubação nitrogenada, não houve redução na resposta percentual em relação ao tratamento controle, sem N-fertilizante (Tabela 3). Entretanto, no quarto ano, a resposta observada em relação à média dos oito anos em que se praticou a adubação com nitrogênio foi reduzida em cerca de cinco vezes.

**Tabela 3.** Efeito residual de adubações com nitrogênio em pastagem de capim-colonião em Araçatuba, SP<sup>(1)</sup>.

Período	Resposta em relação ao	
	Tratamento sem N (%)	Período com adubação com N (%)
Com adubação nitrogenada <sup>(2)</sup>	154	100
Sem adubação nitrogenada		
Ano 1	152	98,7
Ano 2	104	67,5
Ano 3	51	33,1
Ano 4	30	19,5

<sup>1</sup> Os valores absolutos foram apresentados pelos autores em termos de recuperação de nutrientes digestíveis totais pelos animais em pastejo.

<sup>2</sup> Resposta média de oito anos de adubação nitrogenada (200 kg/ha/ano) com calnitro.

Fonte: Adaptado de Mott et al. (1970).

## Resposta econômica do uso de N-fertilizante em pastagens

O custo do quilograma de N aplicado dos fertilizantes nitrogenados mais utilizados em pastagens (uréia e sulfato de amônio) situa-se, geralmente, na faixa de R\$ 1,60 a R\$ 3,10, conforme a região, época do ano e fatores de mercado (como o câmbio, por exemplo), o que implica

em pontos de nivelamento (razão entre o valor do ganho de peso vivo e do custo de N-fertilizante) entre 1 a 1,8 kg GPV/kg N aplicado para um valor da arroba do boi de R\$ 52,00. Entretanto, quando os outros custos variáveis associados ao uso de N-fertilizante em pastagens são considerados, o “custo corrigido” do quilograma de N-fertilizante aumenta em até R\$ 1,50 a R\$ 1,70 por kg de N aplicado.

Portanto, para efeito de planejamento, o ponto de nivelamento a ser considerado, em sistemas exclusivos de pastagens, deveria ser da ordem de 1,55 a 2,15 kg GPV/kg N-uréia (Tabela 4) e de 1,82 a 2,65 kg GPV/kg N-sulfato de amônio (Tabela 5), conforme o preço do fertilizante nitrogenado e para valores da arroba do boi gordo variando de R\$ 48,00/@ a R\$ 58,00/@. Com base no trabalho de Berg e Sims (2000), pode-se inferir que, em áreas adubadas anualmente com N, esses valores poderiam ser reduzidos em cerca de 10 % em razão do efeito residual do N-fertilizante no sistema.

**Tabela 4.** Ponto de nivelamento (kg GPV/kg de nitrogênio aplicado) para a adubação com uréia, em pastagens solteiras e em pastagens de primeiro ou segundo ano, após culturas de grãos de alta produtividade, na integração lavoura-pecuária.

R\$/@	Pasto exclusivo			Pasto integração lavoura-pecuária		
	750,00	850,00	950,00	750,00	850,00	950,00
..... kg GPV/kg N aplicado .....						
40,00	2,25	2,42	2,58	1,66	1,82	1,98
44,00	2,05	2,20	2,35	1,51	1,66	1,80
48,00	1,88	2,01	2,15	1,38	1,52	1,65
50,00	1,80	1,93	2,06	1,33	1,46	1,59
54,00	1,67	1,79	1,91	1,23	1,35	1,47
58,00	1,55	1,67	1,78	1,14	1,26	1,37
62,00	1,45	1,56	1,66	1,07	1,18	1,28
66,00	1,37	1,46	1,56	1,01	1,10	1,20

Fonte: Adaptado a partir de Martha Júnior et al. (2004a).

**Tabela 5.** Ponto de nivelamento (kg GPV/kg de nitrogênio aplicado) para a adubação com sulfato de amônio, em pastagens solteiras e em pastagens de primeiro ou segundo ano, após culturas de grãos de alta produtividade, na integração lavoura-pecuária.

R\$/@	Pasto exclusivo			Pasto integração lavoura-pecuária		
	R\$/t sulfato de amônio					
	450,00	525,00	600,00	450,00	525,00	600,00
	..... kg GPV/kg N aplicado .....					
40,00	2,64	2,91	3,17	2,04	2,31	2,58
44,00	2,40	2,64	2,89	1,86	2,10	2,34
48,00	2,20	2,42	2,65	1,70	1,93	2,15
50,00	2,11	2,33	2,54	1,63	1,85	2,06
54,00	1,95	2,15	2,35	1,51	1,71	1,91
58,00	1,82	2,00	2,19	1,41	1,59	1,78
62,00	1,70	1,88	2,05	1,32	1,49	1,66
66,00	1,60	1,76	1,92	1,24	1,40	1,56

Fonte: Adaptado a partir de Martha Júnior et al. (2004a).

A integração lavoura-pecuária é um caso à parte quando as pastagens são estabelecidas em áreas anteriormente ocupadas por lavouras de grãos de alta produtividade, em solos corrigidos quimicamente. Nessas condições – após um ou dois anos do estabelecimento do pasto pós-lavoura –, em que a deficiência de N é o principal fator nutricional limitando a produção de forragem, o ponto de nivelamento para o uso de fertilizante nitrogenado, na fase de pastagem, é cerca de 25 % a 30 % menor do que para pastagens exclusivas (Tabelas 4 e 5). Desse modo, a opção pela adubação nitrogenada de pastagens, na integração lavoura-pecuária, é mais robusta frente a preços (produto e insumos) desfavoráveis e a frustrações de produtividades e aumenta o retorno econômico quando as condições ambientais, agronômicas e econômicas são favoráveis em comparação à adubação nitrogenada em pastos exclusivos.

Essa vantagem econômica da integração lavoura-pecuária reflete a elevada fertilidade do solo em termos de fósforo e de bases trocáveis que

dispensa, em curto e médio prazo (um a três anos, conforme as metas do sistema de produção), a adubação com outros nutrientes que não o nitrogênio. Efeito semelhante seria esperado em sistemas exclusivos de pastagens em solos de elevada fertilidade química. Ressalta-se que, nesses casos, há maior risco na construção da fertilidade do solo, em razão dos termos de troca mais desfavoráveis na pecuária (MARTHA JÚNIOR et al., 2004a).

Obviamente, a fertilidade do solo deve ser monitorada e, quando necessário, as devidas intervenções no sistema – com outros nutrientes que não o N – devem ser praticadas. Essa reposição de nutrientes pode ser feita pela adubação direta das pastagens ou por meio de um novo ciclo de cultivo com grãos.

## **Tomada de decisão para o uso de N-fertilizante em pastagens**

O risco de produção, em pastagens adubadas com fertilizantes nitrogenados, resulta da variabilidade encontrada nas eficiências parciais relacionadas ao uso de N-fertilizante (kg MS/kg N, eficiência de pastejo e kg MS/kg GPV, resultando na razão kg GPV/kg N aplicado). Dentre os fatores de manejo do N-fertilizante atuando sobre o risco de produção, a escolha da dose a ser utilizada na fazenda é, provavelmente, a principal variável afetando: (1) o atendimento das metas delineadas para produção e a distribuição de forragem ao longo do ano e (2) o desempenho bioeconômico do sistema de produção.

Entretanto, o fato de a quantidade demandada de N no sistema ser pouco relacionada com os resultados da análise de solo ou de tecido vegetal dificulta a recomendação de adubação com N em pastagens. Essa dificuldade em definir critérios para a utilização de fertilizantes nitrogenados em pastagens, associada ao fato de que porção considerável do N aplicado pode ser perdida do sistema solo-planta, contribui, negativamente, para a eficiência bioeconômica do uso de N-fertilizante em pastagens, além de poder acarretar prejuízos ao ambiente e agregar maiores riscos ao negócio (MARTHA JÚNIOR et al., 2004a).

Em face a essas dificuldades, as recomendações da Embrapa Cerrados de adubação nitrogenada de pastagens consideraram critérios

baseados em metas mínimas de desempenho biológico (Tabela 2) delineadas para o sistema de produção. Com isso, buscou-se aumentar a probabilidade de resultados econômicos positivos com o uso de fertilizantes nitrogenados em pastagens. Todavia, dada a amplitude nos termos de troca na pecuária, nas diferentes regiões do Cerrado, recomenda-se que as metas técnicas sejam periodicamente revistas e ajustadas para representar, do modo mais adequado possível, a realidade da propriedade agrícola.

Na fase de estabelecimento, o uso de fertilizante nitrogenado visa a assegurar maior perfilhamento da planta forrageira, permitindo a redução no período de mato-competição e, portanto, o fechamento/estabelecimento mais rápido do pasto. Para a fase de estabelecimento – adubação no sulco de plantio ou em cobertura, após cinco a seis semanas da semeadura, antes do primeiro pastejo –, recomenda-se a adubação nitrogenada, em quantidades de 25 a 30 kg/ha de N, para pastagens estabelecidas em solos arenosos (< 15 % de argila) ou em solos de textura média (16 % a 35 % de argila) com menos de 1,6 % de matéria orgânica.

No caso do estabelecimento de pastos anuais (milheto e sorgo pastejo), consorciados ou não com gramíneas perenes, recomenda-se a adubação de 20 a 25 kg/ha de N no sulco de plantio. Para o consórcio de pastos anuais com pastos perenes, é importante a adubação com, pelo menos, 30 a 35 kg/ha de N imediatamente após o primeiro pastejo, para estimular o perfilhamento do pasto perene e, desse modo, minimizar falhas na formação da pastagem. Fica claro, desse modo, que o primeiro pastejo em pastos consorciados com forrageiras anuais e perenes, visando ao adequado estabelecimento do pasto perene, deve ocorrer em períodos com expectativa de chuvas, a fim de possibilitar a resposta fisiológica da planta ao N aplicado.

A decisão por intensificar o uso de fertilizantes em sistemas pastoris não depende apenas do nível de fertilizante por unidade de área, depende, também, da proporção de área de pastagem adubada e do período de tempo projetado para a intensificação do sistema (VILELA et al., 2004b)<sup>4</sup>. Essa assertiva é particularmente verdadeira quando se considera que, ao

---

<sup>4</sup> Confira também Cap. 3.

usar o fertilizante nitrogenado, o principal objetivo do pecuarista é elevar a taxa de lotação da fazenda, o que pode ser obtido por diferentes combinações entre nível e proporção de intensificação na adubação, para uma dada quantidade de N-fertilizante utilizada na fazenda (MARTHA JÚNIOR et al., 2004a).

Desse modo, para a fase de manutenção, Martha Júnior et al. (2004a) recomendaram que a quantidade de N-fertilizante seja calculada em função da expectativa do fertilizante nitrogenado para aumentar a taxa de lotação na propriedade. Não se indica, portanto, uma dose de N-fertilizante por unidade de área, deixa-se a critério do técnico ou do produtor a escolha com relação à intensidade no nível e na proporção de adubação. Essa proposta, difícil de ser concebida para lavouras de grãos, ganha respaldo em sistemas pastoris em que dificilmente a proporção de área adubada na fazenda é elevada (VILELA et al., 2004b).

Para a amplitude mais comum na eficiência de uso do N-fertilizante e na eficiência de pastejo, verifica-se que a quantidade de N-fertilizante necessária para elevar 1 UA na fazenda, no período das águas (220 dias), varia de 40 a 200 kg N/UA. Para efeito de manejo, os valores extremos devem ser desconsiderados e, em fazendas comerciais, a amplitude mais provável de ser encontrada seria, provavelmente, de 60 a 170 kg N/UA para condições de manejo excelente e muito ruim, respectivamente (Tabela 6).

Pautando pela eficiência econômica do sistema de produção, recomenda-se que o fertilizante nitrogenado seja utilizado quando a expectativa de desempenho do sistema possibilite trabalhar com, no máximo, 80 a 85 kg N/UA (Tabela 6). Nessas situações, considerando manejo adequado da pastagem e animais com potencial de resposta, a expectativa é que a razão kg GPV/kg N seja de pelo menos 1,8 a 2 kg de GPV/kg N. Importante frisar que as razões kg N/UA e kg GPV/kg N indicadas referem-se à meta adicional em relação ao cenário base. Obviamente, a resposta econômica dependerá, fortemente, dos termos de troca da região. Desse modo, conforme as condições econômicas nas quais a propriedade se encontra, essas metas podem variar para cima ou para baixo.

**Tabela 6.** Necessidade de N-fertilizante para elevar uma unidade animal no período das águas (kg N/UA, 220 dias), acima do “nível base”, considerando o manejo da fazenda em termos de eficiência de uso do nitrogênio na conversão de forragem e de eficiência de pastejo.

Manejo geral da fazenda	Manejo		Necessidade de N kg N/UA
	kg MS/kg N	Efic. de pastejo (%)	
Ruim	< 35	< 45	130
Razoável	35 – 45	45 – 50	85
Bom	45 – 50	50 – 60	70
Muito bom	> 50	> 60	60

Fonte: Martha Júnior et al. (2004a).

### Exemplo de dimensionamento da adubação nitrogenada – kg N/UA

Considere uma propriedade de 1.500 ha, com 1.500 UA, em que se deseja aumentar o rebanho em 400 UA. Para uma eficiência de 65 kg N/UA, a demanda por N na propriedade seria de 26.000 kg N (400 UA x 65 kg N/UA). Se a área adubada com nitrogênio for de 300 ha, a dose de N será de 87 kg/ha (26.000 kg N/300 ha). Assim, partindo de um cenário base de 1 UA/ha, a adubação com 87 kg/ha N – para uma eficiência de 65 kg N/UA – elevaria a taxa de lotação na fazenda para 1,27 UA/ha quando 20 % da área fosse adubada. A taxa de lotação na área adubada seria de 2,33 UA/ha (400 UA/300 ha + 1 UA/ha no cenário base).

### Exemplo de dimensionamento da adubação nitrogenada – kg GPV/kg N

Para o planejamento da adubação com base na razão kg GPV/kg N, considere uma situação inicial com produtividade de 140 kg GPV/ha. A adubação com 87 kg/ha de N, para equilibrar os custos variáveis corrigidos, deveria elevar essa produtividade em pelo menos 2,2 kg GPV/kg N<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Obviamente, se o ponto de nivelamento dar-se-ia com 2,2 kg GPV/ha, o lucro com a adubação só ocorreria quando a eficiência fosse superior a esse índice.

Desse modo, a meta mínima de produtividade nessa área de pasto seria de, aproximadamente, 11 @/ha [331 kg GPV/ha = (2,2 kg GPV x 87 kg/ha N) + 140 kg GPV/ha]. Para uma equivalência entre UA e cabeças de 0,8 (i.e. 1,25 cabeças/ha, 1 UA/ha ÷ 0,8 UA/cabeça), o ganho de peso vivo por animal, no cenário base, seria de 112 kg. Com adubação, esse desempenho deveria aumentar em 1 kg/cabeça, para 113 kg por animal (331 kg ÷ 2,91 cabeças/ha), para equilibrar o custo projetado para a adubação.

Conforme indicado por Poppi e McLennan (1995), maiores ganhos de peso em pastagens tropicais demandam o aumento da duração do período de tempo em que as forragens tropicais mantêm maior qualidade e/ou a melhora na qualidade da forragem. Esses dois fatores são influenciados positivamente pelo manejo da pastagem voltado ao controle de hastes (colmos) e pela intensa renovação de tecidos (folhas e perfilhos), o que invariavelmente demanda elevada fertilidade do solo, principalmente em termos de nitrogênio (MARTHA JÚNIOR et al., 2006).

Bovinos em pastagens tropicais, recebendo apenas sal mineral nas águas e sal proteinado na seca, sob condições de manejo do pastejo adequado, expressam ganhos de peso vivo de 5 a 6,5 @/cabeça/ano (MARTHA JÚNIOR et al., 2006). Isso significa que durante a estação das águas – período em que se pratica a adubação – seria possível trabalhar com desempenho de cerca de 5 a 5,5 @/cabeça, apenas com pasto + sal mineral, em função da genética do animal e do manejo global da fazenda (manejo sanitário, do pastejo, etc.).

Assim, na área adubada, para uma taxa de lotação de 2,91 cabeças/ha e para desempenhos individuais de 3, 4 e 5 @/cabeça, durante a estação das águas, em que cada arroba de peso vivo equivale a 30 kg, ter-se-iam produtividades de 262, 349 e 437 kg PV/ha, respectivamente.

A eficiência de conversão do N-fertilizante em ganho de peso vivo pode ser estimada pela equação 1:

$$EUN = \frac{(GPV_{adub} - GPV_{base})}{Dose\ N-fertilizante}$$

Equação 1

em que:

$EUN$ : eficiência de uso do N-fertilizante (kg GPV/kg N aplicado);

$GPV_{adub.}$ : ganho de peso vivo na área adubada (kg PV/ha);

$GPV_{base}$ : ganho de peso vivo no cenário base (kg PV/ha), que pode refletir uma área não adubada ou adubada com uma dose menor de fertilizante;

*Dose N-fertilizante*: quantidade aplicada de fertilizante nitrogenado (kg/ha de N).

Portanto, para uma produtividade no cenário base de 140 kg PV/ha, a eficiência de uso do N-fertilizante, aplicado na dose de 87 kg/ha de N, conforme a equação 1, seria de 1,40; 2,40 e 3,41 kg GPV/kg N quando os ganhos de peso fossem de 3, 4 e 5 @/cabeça, respectivamente.

## Considerações finais

O manejo da adubação nitrogenada em pastagens é assunto complexo e de caráter multidisciplinar, pois a resposta bioeconômica da utilização de fertilizantes nitrogenados em sistemas pastoris depende da eficiência de conversão do nitrogênio do fertilizante em massa seca de forragem, da eficiência de pastejo e da eficiência com que a forragem consumida é convertida em produto animal. A grande amplitude encontrada nessas eficiências parciais oferece oportunidade para manipulação, o que torna possível aumentar, de maneira sensível, o resultado biológico e econômico do empreendimento de pecuária a pasto.

Constata-se, porém, que a probabilidade de ineficiência no uso do fertilizante nitrogenado na produção animal, em pastagens tropicais, é elevada. Dessa maneira, a adubação nitrogenada em pastagens somente será viável quando forem obtidos ganhos na eficiência de todos os três componentes principais que influenciam a resposta animal ao N-fertilizante, em especial na eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem e na eficiência de pastejo. Somente quando o sistema, como um todo, operar com elevada eficiência, a adubação nitrogenada torna-se robusta frente aos riscos de variação nos preços do fertilizante e da arroba do boi. Contudo, na opção pela adubação nitrogenada, não basta o projeto ser viável em termos bioeconômicos, ele também deve apresentar viabilidade financeira.

Por fim, a intensificação no uso de fertilizantes em sistemas pastoris não depende apenas do nível de fertilizante adotado por unidade de área, depende, também, da proporção de área de pastagem adubada e do período de tempo projetado para a intensificação do sistema. Desse modo, parece mais sensato recomendar a quantidade necessária de N-fertilizante para aumentar a taxa de lotação na propriedade em vez de uma determinada dose de N-fertilizante por unidade de área, deixando a critério do técnico ou do produtor a escolha com relação à intensidade no nível e na proporção de adubação nitrogenada na fazenda.

## Referências

- BERG, W. A.; SIMS, P. L. Residual nitrogen effects on soil, forage and steer gain. *Journal of Range Management*, Denver, v. 53, p. 183-189, 2000.
- 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*, Oxford, v. 29, p. 787-799, 1997.
- CADISCH, G.; CARVALHO, E. F.; SUHET, A. R.; VILELA, L.; SOARES, W.; SPAIN, J. M.; URQUIAGA, S.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Importance of legume nitrogen fixation in sustainability of pastures in the Cerrados of Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. *Proceedings...* Palmerston North: New Zeland Grassland Association, 1993. p. 1915-1916.
- CADISCH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. *Tropical Grasslands*, v. 28, p. 43-52, 1994.
- CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., Piracicaba, 1997. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 161-192.
- EICHHORN JÚNIOR, M. M.; HUFFMAN, D. C. Fertilizer nitrogen requirements for maximum economic yield of Coastal bermudagrass hay. *Louisiana Agriculture*, v. 35, p. 19, 1991.
- HENZELL, E. F. The use of nitrogen fertilizers on pastures in the sub-tropics and tropics. In: COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. *A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures: a symposium*. Farnham Royal: CAB, 1962. p. 161-172. (Bulletin, 46).
- 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, 1995. p. 381-419.

MARTHA JÚNIOR, G. B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia.** 2003. 149 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O. **Uso de pastagem diferida no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 102).

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; ALVES, M. C. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, v. 59, p. 80-90, 2004a.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; VILELA, L.; PINTO, T. L. F.; TEIXEIRA, G. M.; MANZONI, C. S.; BARIONI, L. G. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-Tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, p. 2240-2247, 2004b.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. A planta forrageira e o agroecossistema. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23., 2006, Piracicaba. **As pastagens e o meio ambiente: anais.** Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 87-137.

MOTT, G. O.; QUINN, L. R.; BISSCHOFF, W. V. A. The retention of nitrogen in a soil-plant-animal system in Guinea grass (*Panicum maximum*) pastures in Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 11., 1970, Surface Paradise. **Proceedings...** St. Lucia: University of Queensland, 1970. p. 414-416.

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.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia ( $^{15}\text{N}$ ) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 613-620, 2003.

POPPY, D. P.; McLENNAN, S. R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal Animal Science**, v. 73, p. 278-290, 1995.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; PRIMAVESI, A. C.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M. J. A.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R. de. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado:** eficiência e perdas. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 30).

RAPPAPORT, B. D.; AXLEY, J. H. Potassium chloride for improved urea fertilizer efficiency. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 399-401, 1984.

SANCHEZ, P. A. **Management and properties of soils in the tropics.** New York: John Wiley, 1976. 618 p.

SCHOLEFIELD, D.; LOCKYER, D. R.; WHITEHEAD, D. C.; TYSON, K. C. A model to predict transformations and losses of nitrogen in UK pastures grazed by beef cattle. **Plant and Soil**, The Hague, v. 132, p. 165-177, 1991.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 129-145.

TISDALE, S. M.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 5. ed. New York: Macmillan, 1993. 634 p.

VICENTE-CHANDLER, J.; ABRUÑA, F.; CARO-COSTAS, R.; FIGARELLA, J.; SILVA, S.; PEARSON, J. W. **Intensive grassland management in the humid tropics of Puerto Rico**. Rio Piedras: University of Puerto Rico, 1974. 164 p. (University of Puerto Rico. Bulletin, 233).

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. de O. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004b. p. 425-472.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; GUERRA, A. F.; LEITE, G. G. Produtividade do capim Marandu (*Brachiaria brizantha*) sob irrigação e níveis de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004a. 1 CD-ROM.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 15 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

WEDIN, D. A. Nutrient cycling in grasslands: an ecologist's perspective. In: JOOST, R. E.; ROBERTS, C. A. (Ed.). **Nutrient cycling in forage systems**. Columbia: PPI: FAR, 1996. p. 29-44.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 263-274. (Boletim Técnico, 100).

WHITEHEAD, D. C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397 p.

WHITEHEAD, D. C. **Nutrient elements in grasslands**: soil-plant-animal relationships. Wallingford: CAB, 2000. 369 p.

## Adubação fosfatada

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Geraldo Bueno Martha Júnior

Lourival Vilela

### Introdução

O fósforo (P) é um dos nutrientes que limitam a produção agropecuária na região do Cerrado, pois a disponibilidade desse elemento, em condições naturais, é muito baixa. Para que qualquer sistema agrícola seja estabelecido nessa região, com vistas à sustentabilidade do empreendimento, a adubação fosfatada é prática imprescindível.

Os estados que possuem grande parte de sua área sob vegetação de Cerrado foram responsáveis pelo consumo de 52 % dos fertilizantes comercializados no Brasil em 2004 (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE FERTILIZANTES, 2004), o que certamente colabora para o destaque dessa região como produtora de grãos no Brasil.

Considerando somente o fertilizante fosfatado, na região do Cerrado, foram consumidos 57 % do  $P_2O_5$  total entregue para o consumidor no Brasil em 2004. Esse nutriente foi, predominantemente, utilizado nos cultivos de milho, soja, algodão, feijão, trigo e café. A correção da deficiência de fósforo nesses solos é um dos investimentos necessários à prática da agricultura comercial na região.

Entretanto, a aplicação de fertilizantes em pastagens é de apenas 1,6 % do total consumido no Brasil para a produção agrovegetal. Contudo, as pastagens ocupam 58 % da área cultivada no País. Isso significa que são utilizados em torno de 4 kg/ha de fertilizantes NPK nas pastagens. Em parte, os baixos índices zootécnicos da pecuária de corte no Cerrado e a

vasta área de pastos degradados ou em degradação podem ser atribuídos ao uso limitado de fertilizantes em pastagens.

Para que a região do Cerrado melhore seu desempenho na pecuária brasileira, é necessário que se utilizem recomendações adequadas de adubos fosfatados, as quais dependem de uma série de aspectos abordados neste capítulo.

## Fósforo no solo

Os solos da região do Cerrado caracterizam-se por baixa reserva de fósforo e muito baixa concentração desse elemento na solução do solo, constituindo-se em uma das principais limitações ao desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável sem a aplicação de adubos fosfatados.

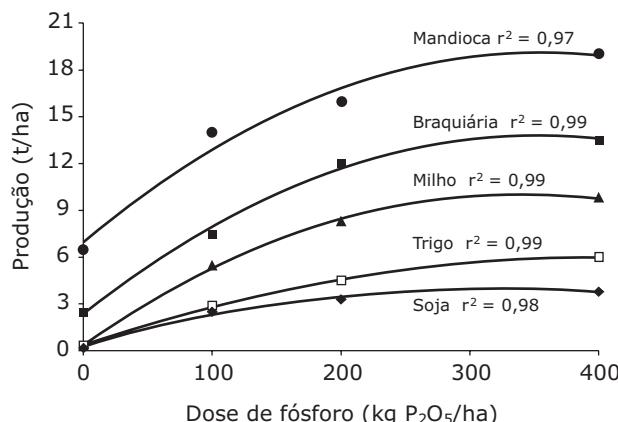
Quando adubos fosfatados são aplicados ao solo, depois de sua dissolução, praticamente todo o P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis. Todavia, grande parte do P retido é aproveitada pelas plantas. A magnitude dessa recuperação, que depende, principalmente, da espécie cultivada, é afetada pela textura, pelos tipos de minerais de argila e pela acidez do solo. Ademais, a dose, a fonte, a granulometria e a forma de aplicação do fertilizante fosfatado, a rotação de culturas e o sistema de preparo do solo também influenciam nesse processo.

## Resposta das pastagens à adubação com fósforo

A resposta da planta forrageira à adubação fosfatada depende, entre outros fatores, da disponibilidade de P e de outros nutrientes no solo, da espécie e/ou cultivar e das condições climáticas.

Na Figura 1, são apresentadas as curvas de resposta ao P para as culturas de soja, milho, braquiária e mandioca. Essas curvas foram obtidas em Latossolos argilosos e referem-se à resposta aos fosfatos solúveis em água (superfosfatos), aplicados a lanço e incorporados ao solo, em condições favoráveis de suprimento dos demais nutrientes. Quando não se adicionou P nesses solos, as produções foram muito pequenas ou nulas,

principalmente, para soja e milho. Os maiores incrementos, nesses sistemas de cultivo em sequeiro, foram observados com adubações entre 60 e 280 kg/ha de  $P_2O_5$ .



**Figura 1.** Resposta de algumas culturas à adubação fosfatada aplicada a lanço em solo argiloso de Cerrado.

Fonte: Sousa e Lobato (2004).

Espécies menos exigentes, como a braquiária e a mandioca, foram mais eficientes na absorção de fósforo na ausência de adubação fosfatada (Figura 1). Contudo, apesar dessa melhor eficiência em utilizar o fósforo nativo do solo, essas espécies também apresentaram elevado potencial de resposta à adubação com fósforo. Dessa maneira, em virtude da deficiência generalizada de P nos solos da região do Cerrado, a freqüência de resposta das plantas à adubação com esse nutriente é, via de regra, elevada.

A distribuição do fosfato a lanço, seguida de incorporação, em solos com baixa disponibilidade de P, cria condições para que a planta absorva fósforo, água e outros nutrientes, por causa da melhor distribuição de P em maior volume de solo.

Em pastagens estabelecidas, é possível obter produções de forragem elevadas com a aplicação de fertilizante fosfatado em cobertura, sem incorporação, desde que não haja outros fatores limitantes, como a deficiência de outros nutrientes e problemas com compactação do solo.

Doses de 30 kg/ha de  $P_2O_5$  aplicadas na superfície do solo, a cada dois anos, na forma de superfosfato triplo, aumentaram a produção de forragem entre 98 % e 110 % (Tabela 1). Quando a fonte usada foi o fosfato natural reativo de Gafsa farelado, o ganho foi entre 70 % e 93 %, porque a aplicação em superfície, sem incorporação, reduziu a eficiência dessa fonte de P em comparação com o superfosfato triplo.

**Tabela 1.** Produção acumulada de matéria seca de *Brachiaria decumbens*, em cinco anos, em Latossolo Vermelho-Escuro, textura média, que recebeu adubação de estabelecimento a lanço seguida de incorporação ao solo e adubação de manutenção aplicada bianualmente a lanço, na superfície, sem incorporação ao solo.

Fonte de P	Adubação		Produção de matéria seca
	Estabelecimento	Manutenção <sup>(1)</sup>	
	..... kg/ha de $P_2O_5$ .....		t/ha
-	0	0	20,2
SFT	0	30	42,5
SFT	50	0	25,3
SFT	50	30	50,1
Gafsa	0	30	39,0
Gafsa	50	0	26,1
Gafsa	50	30	44,5

<sup>1</sup> Dose aplicada no início de cada período chuvoso do primeiro, terceiro e quinto anos depois do estabelecimento.

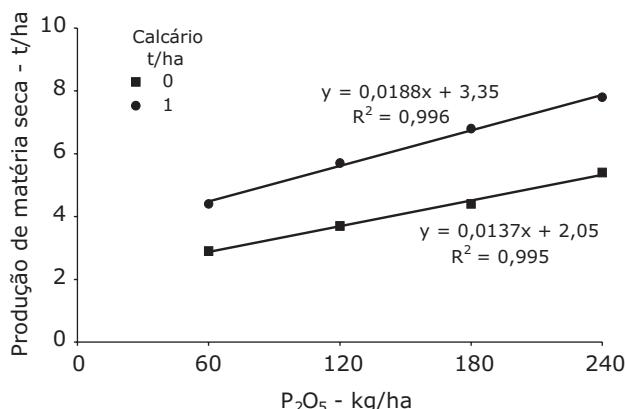
Fonte: Soares et al. (2001).

## Influência da acidez e de outros fatores na eficiência da adubação fosfatada

A correção da acidez do solo é uma prática que contribui para aumentar a disponibilidade do P do solo e a eficiência de uso do P dos fertilizantes fosfatados solúveis. Essa maior eficiência pode ser observada na Figura 2, em que, para a dose de 180 kg/ha de  $P_2O_5$ , na área sem calagem, a produção de forragem foi de 4,4 t/ha de matéria seca. Na área onde foi realizada a calagem, para se obter a mesma produção, foram

necessários apenas 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Assim, mesmo em sistemas que incluem espécies tolerantes à acidez do solo, deve-se levar em conta o benefício da correção dessa acidez na economia do fósforo e, consequentemente, na redução do custo da adubação.

Quando fosfatos naturais são utilizados, e esses se beneficiam da acidez do solo para sua solubilização, observa-se decréscimo na solubilidade do P com a aplicação de calcário. Isso ocorre, principalmente, quando as quantidades de calcário são superiores à dose recomendada para elevar a saturação por bases para 50 %, no período que compreende as reações mais intensas do calcário, que é durante o primeiro ano depois da sua aplicação ao solo.



**Figura 2.** Produção acumulada de matéria seca de forragem de *Andropogon gayanus*, em um período de dois anos, em resposta a doses de calcário e de fósforo, aplicadas a lanço, na forma de superfosfato triplo, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

Fonte: Adaptado de Couto et al. (1988).

Em geral, as respostas mais positivas ao fósforo estão condicionadas, além da correção da acidez do solo, à adição de doses adequadas de outros nutrientes, como nitrogênio, potássio, enxofre e micronutrientes. Na Tabela 2, observa-se que, nas áreas sem adubação e com adubação de 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no estabelecimento e com adubação de manutenção bianual de 30 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo), aplicada a lanço e em superfície (sem incorporação), no início do período chuvoso, a redução do nível das adubações de reposição de N e K para 30 %

resultou no decréscimo de 40 % da produção acumulada de forragem em cinco anos. É interessante notar que, na área onde não se aplicou o adubo fosfatado, o aumento na reposição de N e K de 30 % para 100 % não resultou em ganhos de produtividade, evidenciando a necessidade do uso equilibrado de adubação NPK para maximizar a produção de forragem.

Práticas adequadas de manejo do solo e de rotação de culturas podem influenciar, de forma positiva, a eficiência de uso do P adicionado ao solo por meio de fertilizantes. Algumas culturas têm a capacidade de multiplicar determinados microrganismos, como fungos micorrízicos, e de liberar exsudatos do sistema radicular, auxiliando a absorção do P do solo.

**Tabela 2.** Produção acumulada de matéria seca de *Brachiaria decumbens*, em cinco anos, em resposta a duas doses de adubação de manutenção com nitrogênio e potássio, em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

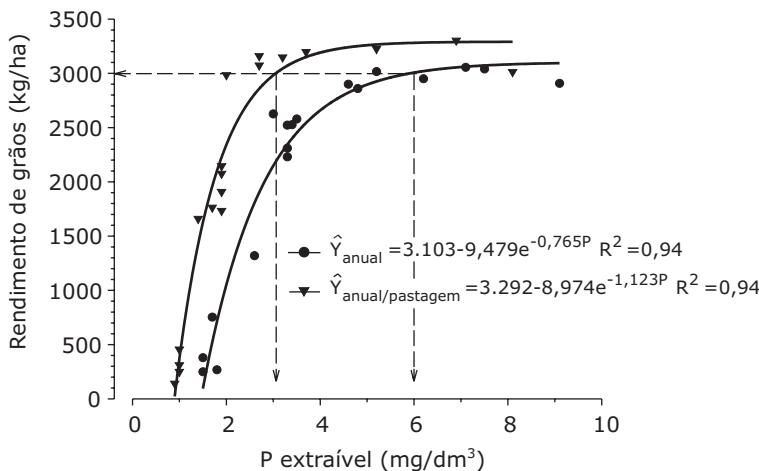
Adubação de manutenção com N e K <sup>(1)</sup>	Produção de matéria seca	
	Adubação fosfatada	
	Sem	Com
%	..... t/ha .....	
30	19,3	30,8
100	20,1	51,2

<sup>1</sup> Adubação com N e K efetuada depois de cada corte para repor a quantidade de N e K exportada na forragem (100 %) e apenas uma parte dessa exigência (30 %).

Fonte: Soares et al. (2001).

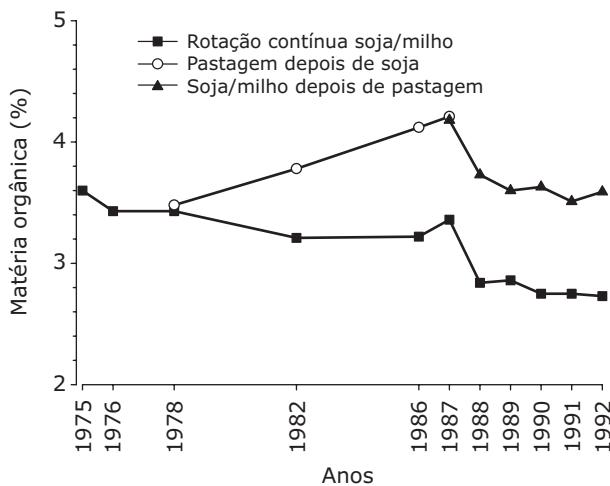
Outra opção para ampliar a reciclagem e a eficiência de uso do fósforo pelas plantas é com o aumento do teor de matéria orgânica no solo. Esse componente pode melhorar a eficiência de uso do P. Na Figura 3, observa-se que o rendimento de 3 t/ha de soja foi obtido no mesmo Latossolo muito argiloso com teores de P extraível (Mehlich 1) de 3 mg/dm<sup>3</sup> e 6 mg/dm<sup>3</sup> e teores de matéria orgânica de 37,3 g/kg e 28,4 g/kg, respectivamente. O maior teor de matéria orgânica no solo resultou do cultivo de pastagem, por nove anos (1978 a 1987), depois de uma seqüência de cultivos anuais (dois anos agrícolas, 1976 a 1978) e antes de voltar às culturas anuais em 1987 (Figura 4). O menor nível de

matéria orgânica no solo foi observado no sistema contínuo de cultivos anuais de grãos.



**Figura 3.** Efeito de dois sistemas de rotação de culturas na relação entre o P extraível (Mehlich 1), na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade, e o rendimento de grãos de soja cv. Cristalina no 13º cultivo (safra 1987/1988).

Fonte: Sousa et al. (1997).



**Figura 4.** Dinâmica da matéria orgânica do solo, na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade, em dois sistemas de rotação de culturas.

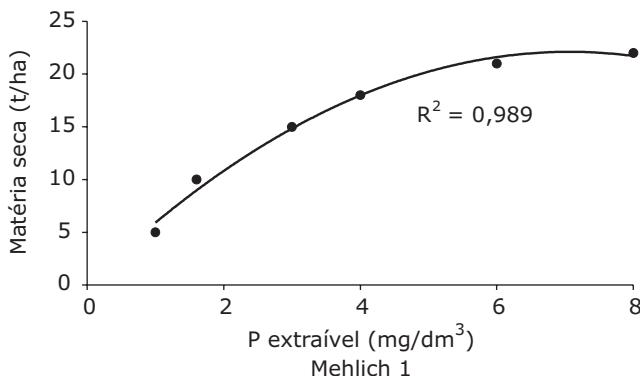
Fonte: Sousa et al. (1997).

## Interpretação da análise de solo e recomendação de adubação

Para se fazer uma recomendação criteriosa de adubação fosfatada para a correção do solo, deve-se ter um plano de uso da gleba com prazo de utilização e a expectativa de produção.

O histórico das áreas já incorporadas ao processo produtivo auxilia na recomendação. Informações sobre quantidades e tipos de insumos já aplicados, produtividades obtidas, preparo do solo, condições climáticas e tipo de solo, por exemplo, devem ser anotadas e arquivadas pelo produtor rural e consultadas quando houver necessidade de definir a recomendação de adubação para as culturas.

A análise de solo é um dos instrumentos mais utilizados para a recomendação de adubação, a qual baseia-se na relação existente entre os teores de nutrientes no solo e o rendimento das culturas (Figura 5), assim como na relação entre doses de P aplicadas e o rendimento das culturas em solos com diferentes teores de P.

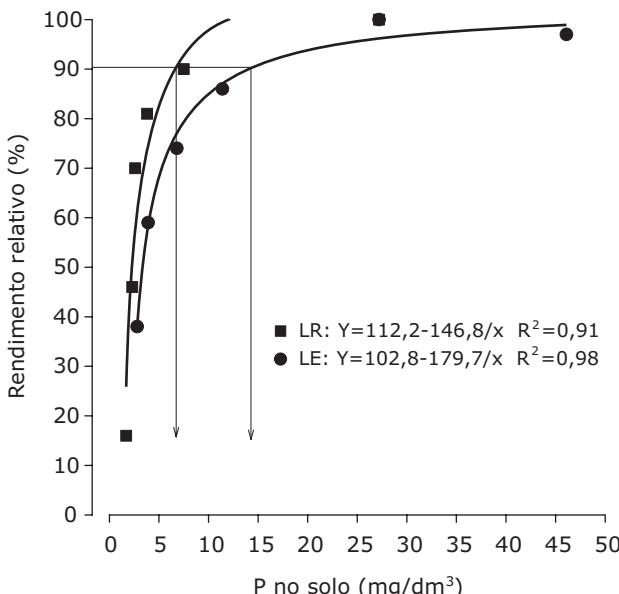


**Figura 5.** Relação entre o P extraível (Mehlich 1), na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade, e o rendimento de matéria seca de *Brachiaria humidicola* em um Latossolo Vermelho-Amarelo muito argiloso.

Fonte: Sousa e Lobato (1988).

Nas Figuras 5 e 6, são apresentados os resultados da relação entre fósforo extraível pelo método de Mehlich 1, em solos com diferentes teores

de argila, e o rendimento de matéria seca de braquiária. A exemplo do observado para culturas anuais, há influência do teor de argila do solo na capacidade de esse método extrair fósforo, ou seja, quanto maior o teor de argila, menor o teor de fósforo extraído do solo para se obter um dado nível de produção (Figura 6). Em virtude desse comportamento, quando se utiliza o método de Mehlich 1, é necessário conhecer o teor de argila para efeito da interpretação da análise do solo.



**Figura 6.** Relação entre rendimento relativo de matéria seca de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e fósforo no solo (Mehlich 1) em dois solos: Latossolo Vermelho-Escuro (LE), textura média, e Latossolo Roxo Álico (LR), textura argilosa. Campo Grande, MS.

Fonte: Soares et al. (1999).

Quando se utiliza o método da resina, não há necessidade de considerar o teor de argila na interpretação da análise de solo, pois, com esse método, a influência do teor de argila na extração do fósforo do solo é muito pequena (SOUZA; LOBATO, 2004).

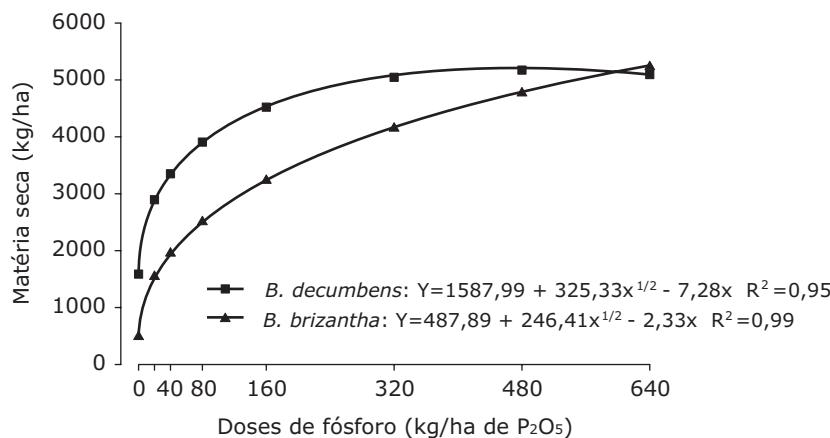
Outra informação importante obtida na região do Cerrado é que a quantidade de fertilizante fosfatado a ser adicionado ao solo, para atingir o

nível desejado de fósforo, é função da quantidade e da qualidade da argila e isso independente do método utilizado para a extração do fósforo do solo. Assim, para solos arenosos, é necessário adicionar menos fósforo do que em solos muito argilosos (SOUZA; LOBATO, 2004).

## Interpretação da análise de solo

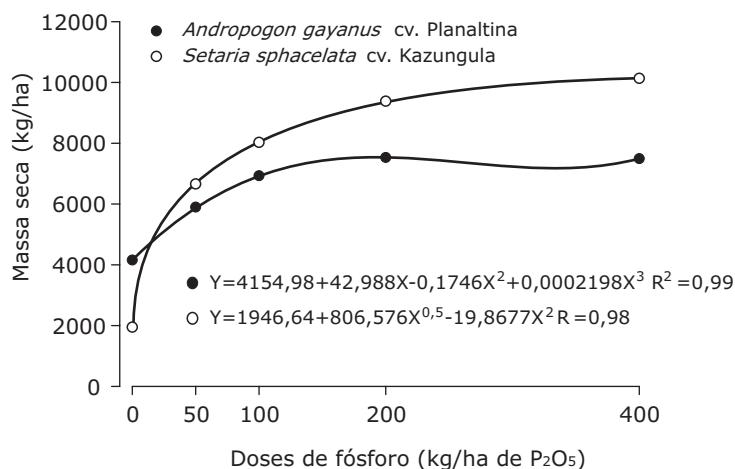
Entre as espécies de plantas e entre cultivares da mesma espécie existem graus diferenciados de adaptação às condições adversas do solo ou existem exigências diferentes quanto ao uso do fósforo do solo. Na Figura 7, apresenta-se a resposta de duas espécies de gramíneas forrageiras ao fósforo em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média. Para se obter o rendimento de 3.000 kg/ha de matéria seca de *B. decumbens*, foi necessário adicionar ao solo 25 kg/ha de  $P_2O_5$ ; já para *B. brizantha*, esse mesmo rendimento foi obtido com 130 kg/ha de  $P_2O_5$ . Outro exemplo é a resposta dos capins andropógon e setária a doses de fósforo (Figura 8). As doses de fósforo associadas com 90 % da produção máxima, obtida nos dois primeiros cortes depois do plantio, foram de 91 kg/ha de  $P_2O_5$  para o capim-andropógon e de 172 kg/ha de  $P_2O_5$  para o capim-setária. Os níveis críticos de fósforo no solo (Mehlich 1), associados com 90 % da produção máxima, foram, respectivamente, 5,4 mg/dm<sup>3</sup> e 9,4 mg/dm<sup>3</sup> para os capins andropógon e setária. Na ausência de adubação fosfatada, o capim-andropógon foi mais produtivo do que o capim-setária. Tais fatos evidenciam a necessidade de se separar as gramíneas forrageiras em grupos, segundo seu grau de exigência em fósforo.

Esse comportamento observado com o fósforo ocorre, também, com respeito a outros indicadores de fertilidade, como a acidez do solo. Para simplificar as recomendações, essas variáveis foram agrupadas em graus de exigência em fertilidade do solo. As espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras foram separadas em grupos segundo seu grau de exigência relativa à fertilidade de solo. Assim, nas Tabelas 3 e 4, observam-se graus diferenciados de adaptação das plantas forrageiras à fertilidade do solo, entre espécies e entre cultivares da mesma espécie.



**Figura 7.** Resposta de duas braquiárias (*Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) a doses de fósforo aplicadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo, álico, textura média (30,7 % de argila), da região de São Carlos, SP. O teor inicial de fósforo no solo era de 2,5 mg/dm<sup>3</sup> (P-resina).

Fonte: Adaptado de Corrêa e Haag (1993).



**Figura 8.** Resposta dos capins andropógon e setária a doses de fósforo aplicadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo, álico, de textura argilosa, da região de Juiz de Fora, MG. O teor inicial de fósforo no solo, na camada de 0 cm a 20 cm, era de 2,5 mg/dm<sup>3</sup> (P Mehlich 1).

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (1994).

**Tabela 3.** Adaptação de gramíneas forrageiras às condições de fertilidade de solo.

Espécies	Grau de exigência em fertilidade
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina	Pouco exigente
<i>Brachiaria decumbens</i>	Pouco exigente
<i>Brachiaria humidicola</i>	Pouco exigente
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Pouco exigente
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	Pouco exigente
<i>Brachiaria brizantha</i> cvs. Marandu e Xaraés	Exigente
<i>Setaria anceps</i>	Exigente
<i>Panicum maximum</i>	Exigente
cvs. Vencedor, Centenário e Massai	Muito exigente
cvs. Colonião, Tobiatã, Tanzânia e Mombaça	Muito exigente
<i>Pennisetum purpureum</i> (Elefante, Napier)	Muito exigente
<i>Cynodon</i> spp. (Coast-Cross, Tifton)	Muito exigente

Fonte: Adaptado de Vilela et al. (2000).

**Tabela 4.** Adaptação de leguminosas forrageiras às condições de fertilidade de solo.

Espécie	Grau de exigência em fertilidade
<i>Stylosanthes guianensis</i> cvs. Mineirão e Bandeirante	Pouco exigente
<i>Stylosanthes macrocephala</i> cv. Pioneiro	Pouco exigente
<i>S. capitata</i> + <i>S. macrocephala</i> cv. Campo Grande	Pouco exigente
<i>Calopogonium mucunoides</i>	Pouco exigente
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Pouco exigente
Amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> ) cv. Amarillo	Exigente
<i>Leucaena (Leucaena leucocephala)</i>	Muito exigente
Soja perene ( <i>Neonotonia wightii</i> )	Muito exigente

Fonte: Adaptado de Vilela et al. (2000).

Para a definição da adubação fosfatada de estabelecimento, é importante conhecer o resultado da análise de solo (química – teor de

fósforo extraído pelo método de Mehlich 1 ou resina – e física – teor de argila) para definir a disponibilidade de nutrientes no solo. Nas Tabelas 5 e 6, apresentam-se as interpretações de resultados de análise de fósforo no solo, extraído pelos métodos Mehlich 1 (necessita do teor de argila para interpretação) e resina, respectivamente. Os limites de classes estabelecidos para interpretação da análise do solo correspondem aos seguintes rendimentos potenciais: muito baixo, de 0 % a 26 %; baixo, de 27 % a 54 %; médio, de 55 % a 80 %; adequado, acima de 80 %.

**Tabela 5.** Interpretação de resultados da análise de fósforo no solo, na profundidade de 0 cm a 20 cm, extraído pelo método Mehlich 1, para três grupos de exigência das forrageiras, para a fase de estabelecimento.

Teor de argila		Interpretação da análise do solo		
	%	Muito Baixa	Baixa	Média
..... Teor de fósforo no solo - mg/dm <sup>3</sup> .....				
<b>Espécies pouco exigentes</b>				
≤ 15	0 a 3,0	3,1 a 6,0	6,1 a 9,0	> 9,0
16 a 35	0 a 2,5	2,6 a 5,0	5,1 a 7,0	> 7,0
36 a 60	0 a 1,0	1,1 a 2,5	2,6 a 4,0	> 4,0
> 60	0 a 0,5	0,6 a 1,5	1,6 a 2,0	> 2,0
<b>Espécies exigentes</b>				
≤ 15	0 a 4,0	4,1 a 7,0	7,1 a 11,0	> 11,0
16 a 35	0 a 3,0	3,1 a 6,0	6,1 a 9,0	> 9,0
36 a 60	0 a 1,5	1,6 a 3,5	3,6 a 5,0	> 5,0
> 60	0 a 1,0	1,1 a 2,0	2,1 a 2,5	> 2,5
<b>Espécies muito exigentes</b>				
≤ 15	0 a 5,0	5,1 a 10,0	10,1 a 14,0	> 14,0
16 a 35	0 a 4,0	4,1 a 8,0	8,1 a 12,0	> 12,0
36 a 60	0 a 2,0	2,1 a 4,0	4,1 a 6,0	> 6,0
> 60	0 a 1,0	1,1 a 2,0	2,1 a 3,0	> 3,0

Por exemplo, pelo método da resina (Tabela 6), o nível de fósforo considerado adequado deve ser superior a 7 mg/dm<sup>3</sup>, para espécies pouco exigentes, e 9 mg/dm<sup>3</sup>, para espécies exigentes e, nesse caso, não se recomenda adubação fosfatada.

**Tabela 6.** Interpretação de resultados da análise de fósforo no solo, na profundidade de 0 cm a 20 cm, extraído pelo método da resina (P-resina), para três grupos de exigência das forrageiras, para a fase de estabelecimento.

Espécies	Interpretação da análise do solo			
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Adequado
..... Teor de fósforo no solo - mg/dm <sup>3</sup> .....				
Pouco exigentes	0 - 2,5	2,5 - 5,0	5,1- 7,0	>7,0
Exigentes	0 - 3,0	3,1 - 6,0	6,1 - 9,0	>9,0
Muito exigentes	0 - 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	>12,0

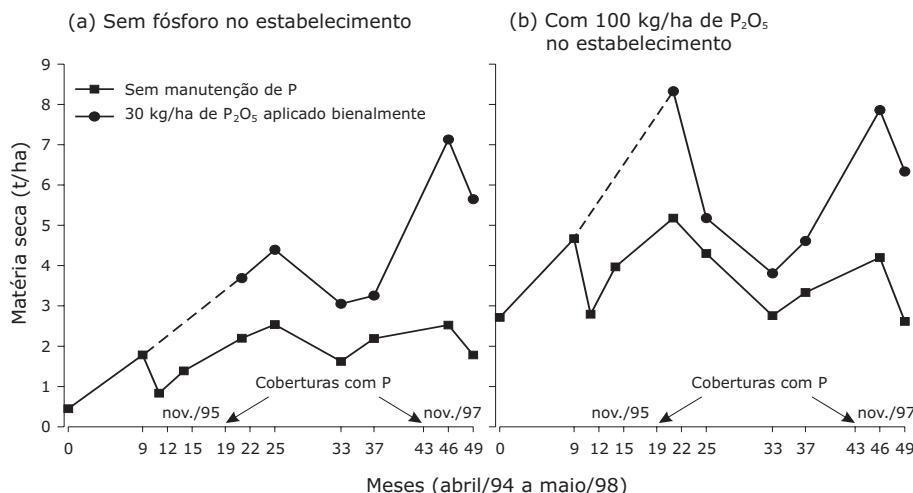
## Recomendação de adubação

Para o estabelecimento de pastagens, quando o teor de fósforo no solo estiver abaixo do adequado, deve-se proceder à adubação fosfatada corretiva. Nesse caso, duas são as opções: a correção de uma só vez ou a gradativa.

A adubação corretiva gradual pode ser utilizada quando não se tem o capital para fazer a correção do solo de uma só vez ou como estratégia para tornar os fluxos de caixa dos investimentos na formação do pasto mais positivos no início do projeto. A adubação corretiva gradual consiste em aplicar a quantidade de fósforo destinada à correção do solo de modo parcelado, de acordo com as metas delineadas para o sistema de produção e com a disponibilidade de recursos do pecuarista.

Para a fase de manutenção de uma pastagem, o solo corrigido para teores de P classificados como médio é satisfatório para bons níveis de produtividade (Tabelas 5 e 6). Para tais situações, recomenda-se apenas a adubação de manutenção.

Observando os resultados apresentados na Figura 9, verifica-se a eficiência de diferentes alternativas de adubação com fósforo na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, do Distrito Federal (SOARES et al., 2001). As alternativas testadas foram: (1) sem aplicação de fósforo no estabelecimento da pastagem e sem adubações de manutenção com esse nutriente; (2) sem aplicação de fósforo no estabelecimento da pastagem e manutenção bienal em cobertura com superfosfato triplo (ST); (3) 100 kg/ha de  $P_2O_5$  (222 kg/ha de ST) aplicados a lanço no estabelecimento; (4) 44 kg/ha de P na forma ST aplicados a lanço no estabelecimento mais manutenções bienais em cobertura com esse fertilizante. A dose de ST aplicada para manutenção em cobertura foi de 67 kg/ha (30 kg/ha de  $P_2O_5$ ). Todos os tratamentos receberam, anualmente, aplicações em cobertura com nitrogênio e potássio (NK) para repor o exportado em cada corte.



**Figura 9.** Efeito da adubação de manutenção bienal com fósforo (30 kg/ha de  $P_2O_5$ ) na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* em seis cortes realizados durante três anos (1995 a 1998). A reposição de 100 % do NK exportado na matéria seca era feita após cada corte. A pastagem foi plantada em dezembro de 1993.

Fonte: Adaptado de Lobato et al. (1999).

A maior produção de matéria seca de braquiária foi obtida com a alternativa 4 (i.e. 100 kg/ha de  $P_2O_5$  no estabelecimento e 30 kg/ha de

$P_2O_5$  a cada dois anos). O rendimento acumulado da matéria seca, em seis cortes, foi de 36 t/ha para um total de 356 kg/ha de superfosfato triplo. A produção de matéria seca, na ausência da adubação fosfatada de estabelecimento e de manutenção, foi de aproximadamente um terço (12,8 t/ha) da obtida na alternativa 4.

Ainda na Figura 9, observa-se que: (a) quando se realizou a adubação fosfatada no estabelecimento, sem adubação de manutenção bienal com P, houve diminuição no rendimento de forragem; (b) sem a adubação fosfatada no estabelecimento, mas com adubações de manutenção bienais com P, a produção de forragem aumentou; (c) entre as duas aplicações de fósforo em cobertura, na fase de manutenção, houve redução na produção de matéria seca. Para evitar essas reduções na produção de forragem, as adubações de manutenção com fósforo deveriam ser anuais. Contudo, em fazendas comerciais, principalmente naquelas de maior porte, a viabilidade operacional da adubação anual, em todas as áreas de pasto da propriedade, dificilmente é obtida em razão do subdimensionamento de máquinas e implementos. Ademais, adubações não respaldadas pelo adequado planejamento do sistema de produção podem comprometer a economia do empreendimento.

### *Adubação corretiva do solo para estabelecimento de forrageiras*

Conhecendo a capacidade tampão de fósforo (CT) do solo, é possível estimar a dose de P necessária para elevar o teor desse nutriente de um valor conhecido para outro desejado (SOUZA et al., 2006). Assim, para corrigir o teor de P no solo para os níveis adequados – níveis críticos – de cada grupo de espécie forrageira, conforme o grau de exigência (Tabelas 5 e 6), a dose pode ser estimada pela Equação 1. Essa equação também pode ser utilizada para estimar a dose necessária para elevar o teor de fósforo para níveis intermediários e inferiores ao nível crítico:

$$\text{Dose de fósforo (kg/ha de } P_2O_5) = \\ (\text{Teor desejado de P} - \text{Teor atual de P}) \times CT$$

Equação 1

em que o valor de **CT** é obtido na Tabela 7 para o P extraído por Mehlich 1 ou resina.

**Tabela 7.** Valores do fator **CT** (capacidade tampão de fósforo) para estimar a dose do adubo fosfatado para estabelecimento de forrageiras (Equação 1), em função do teor de argila no solo, para os métodos de Mehlich 1 e resina.

Teor de argila	Capacidade tampão de fósforo	
	Mehlich 1	Resina
%	..... (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)/(mg/dm <sup>3</sup> de P) .....	
≤ 15	5	6
16 a 35	9	9
36 a 60	30	14
>60	70	19

Como alternativa à Equação 1, a recomendação de adubação fosfatada de pastagens para a fase de estabelecimento pode ser feita utilizando as informações da Tabela 8.

**Tabela 8.** Recomendação de adubação fosfatada para o estabelecimento de pastagens em decorrência da análise do solo e da exigência das espécies forrageiras.

Teor de argila	Interpretação da análise do solo <sup>(1)</sup>			
	Muito baixa	Baixa	Média	Adequada
%	..... kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar .....			
<b>Espécies pouco exigentes</b>				
≤ 15	40	20	10	0
16 a 35	50	25	15	0
36 a 60	80	40	20	0
>60	100	50	25	0
<b>Espécies exigentes</b>				
≤ 15	50	25	15	0
16 a 35	70	35	20	0
36 a 60	100	50	25	0
>60	140	70	35	0

(Continua ...)

**Tabela 8.** Continuação.

Teor de argila	Interpretação da análise do solo <sup>(1)</sup>			
	Muito baixa	Baixa	Média	Adequada
%	..... kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a aplicar .....			
Espécies muito exigentes				
≤ 15	60	30	15	0
16 a 35	90	45	25	0
36 a 60	140	70	35	0
>60	200	100	50	0

<sup>1</sup> Confira Tabela 5 (P-Mehlich 1) ou Tabela 6 (P-resina).

### *Adubação corretiva gradual do solo para estabelecimento de forrageiras*

Em situações nas quais o teor de fósforo no solo é muito baixo (Tabelas 5 e 6), pode-se utilizar a alternativa da adubação corretiva gradual, uma vez que o investimento na correção do solo pode ser distribuído em um maior período de tempo, determinado pelo tomador de decisão em função das características do empreendimento. Assim, há possibilidade de reduzir o tempo para que o solo esteja corrigido, dependendo da disponibilidade de capital ou da melhora nos termos de troca insumo-produto.

As doses de fósforo para a adubação corretiva gradual (kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) são calculadas em função do teor de P a ser alcançado no solo de acordo com a exigência da espécie forrageira (Tabelas 5 e 6), do teor atual de P no solo, da CT e do tempo (Equação 2). O fator 0,2 é para a correção gradual em cinco anos (um quinto). Caso se queira corrigir em quatro anos, o fator seria de 0,25 (um quarto):

$$\text{Dose de fósforo (kg/ha de P}_2\text{O}_5\text{)} = \\ (\text{Teor desejado de P} - \text{Teor atual de P}) \times \text{CT} \times 0,2$$

Equação 2

em que o valor de CT é obtido na Tabela 7 para o P extraído por Mehlich 1 ou resina.

Entretanto, quando a dose de fósforo for inferior a 20 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, é possível realizar aplicações a cada dois ou mais anos. Nessas situações, considera-se a soma da dose de fósforo recomendada para o período. Com isso, reduz-se o custo da aplicação e facilita-se o aspecto operacional da adubação em fazendas comerciais de maior porte. **Durante o período em que se utiliza a adubação corretiva gradual, dimensionada para corrigir os teores de P no solo em até cinco anos, não é necessária nenhuma outra adubação com fósforo.**

Como alternativa à Equação 2, para a recomendação de adubação corretiva gradual de fósforo de pastagens, na fase de estabelecimento, quando o teor de P no solo for muito baixo, pode ser utilizada a quinta parte das quantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendadas na Tabela 8.

### *Adubação de manutenção*

A adubação de manutenção em pastagens é recomendada com a finalidade de evitar sua degradação e proporcionar níveis de produtividade que garantam a sustentabilidade do negócio. Em pastagens estabelecidas, o fósforo deve ser aplicado a lanço, na superfície do solo, preferencialmente no início da estação chuvosa. É importante ressaltar que resultados positivos com essa estratégia de adubação são observados quando há cobertura morta sobre a superfície do solo e quando a cobertura do solo pela área basal das plantas é adequada, respeitando-se as características de hábito de crescimento de cada espécie de planta forrageira. Nessas condições, a disponibilidade de água próxima à superfície do solo, região onde ocorre a maior concentração de nutrientes e de raízes, é favorecida. Conseqüentemente, a absorção do fósforo do fertilizante pelas plantas também é favorecida.

De modo geral, sugere-se que o teor crítico de fósforo no solo, para a fase de manutenção, seja equivalente a cerca de 80 % dos valores recomendados como adequados para a fase de estabelecimento. Portanto, em pastagens estabelecidas, deve-se proceder à adubação de manutenção considerando o intervalo de nível médio de P no solo indicado nas Tabelas 5 e 6.

Caso o teor de P no solo esteja abaixo do intervalo considerado médio em uma pastagem já estabelecida, pode-se corrigir esse solo, para

então passar a trabalhar com a adubação de manutenção. Por exemplo, considere uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (forrageira exigente), estabelecida em um solo com 32 % de argila e teor de P de 2,7 mg/dm<sup>3</sup> (resina) (CT = 9, Tabela 7). A adubação de correção poderia ser estimada pela Equação 1, considerando como nível de P a ser atingido o limite superior do nível médio de P no solo (i.e. 9 mg/dm<sup>3</sup>, Tabela 6). Nesse caso, a dose a ser aplicada seria 57 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> [(9 mg/dm<sup>3</sup> - 2,7 mg/dm<sup>3</sup>) \* 9,0]. Entende-se que, com essa adubação fosfatada, que dispensa fornecimento adicional de P no período em que é praticada, a produtividade do pasto não será limitada pelos teores de fósforo no solo.

Na Equação 3, apresenta-se uma maneira de estimar a adubação de manutenção com fósforo para a fase de recria-engorda, considerando a produtividade desejada, o potencial de desempenho por animal em condições de manejo adequado (120 a 180 kg PV/cabeça/ano) e o grau de exigência da espécie forrageira. A opção pela atividade de recria-engorda foi em virtude de essa atividade ser, normalmente, a que mais adota a adubação de pastagem:

$$\text{Dose de fósforo (kg/ha de P}_2\text{O}_5\text{)} = \text{Produtividade desejada (kg/ha de peso vivo)} \times 0,06 \times \text{fator } \alpha$$

Equação 3

em que o valor de  $\alpha$  é obtido na Tabela 9.

**Tabela 9.** Valores do fator  $\alpha$  da Equação 3 para determinar a dose do adubo fosfatado, para manutenção de pastagens, em função do potencial de desempenho por animal e da exigência das espécies forrageiras (Tabelas 3 e 4).

Desempenho animal kg PV/cabeça/ano	Espécies forrageiras		
	Pouco exigentes	Exigentes	Muito exigentes
120	1,0	1,2	1,4
150	0,9	1,0	1,2
180	0,8	0,9	1,1

A suposição básica da Equação 3 é que os demais nutrientes no solo, como nitrogênio, enxofre e potássio, estão em níveis adequados para atingir a produtividade animal desejada. Animais com maior mérito genético demandam mais fósforo para atender suas exigências. Contudo, para um dado nível de produtividade, a dose de fósforo diminui com o aumento do potencial de ganho de peso dos animais em pastejo, em decorrência da menor taxa de lotação para atingir a meta de produtividade (Tabela 9).

Exemplificando, considere uma situação em que os teores de P no solo já se encontram em níveis médios e a meta de produtividade, em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia (forrageira muito exigente), é de 650 kg de PV/ha. A adubação fosfatada estimada para atingir essa meta de produtividade, conforme Equação 3 e Tabela 9, seria de 55; 47 e 43 kg/ha de  $P_2O_5$ , respectivamente, para animais com potencial de ganho de peso de 120, 150 e 180 kg/cabeça/ano.

Como alternativa à Equação 3, a recomendação de adubação fosfatada de manutenção para pastagens pode ser feita utilizando as informações da Tabela 10. Deve-se observar que os valores apresentados na Tabela 10 referem-se a uma condição média para a fase de recria-engorda na região do Cerrado, citando-se: peso vivo dos animais oscilando de 200 a 450 kg; ganho de peso diário variando de 100 a 700 g/cabeça; digestibilidade da forragem de 55 % a 60 % e eficiência de pastejo de cerca de 50 %. Obviamente, variações nesses indicadores implicam alterações nas doses recomendadas de P, embora, para efeito de planejamento, as doses sugeridas na Tabela 10 sejam um bom indicativo. A inclusão da digestibilidade e da eficiência de pastejo, nesses cálculos, visa a proporcionar uma estimativa da quantidade de matéria seca necessária para a obtenção dos níveis de produtividade desejados.

Em pastagens destinadas à produção de feno ou silagem ou em áreas de capineiras, a reposição do P deve ser feita com base na estimativa da quantidade de matéria seca removida da área. Sugere-se estimar o teor de P no tecido vegetal de 0,15 %. Assim, em cada tonelada de matéria seca, estarão sendo exportados 1,5 kg de P ou 3,5 kg de  $P_2O_5$ .

**Tabela 10.** Estimativas de adubação anual de manutenção para diferentes espécies forrageiras, em solos com **níveis médios de fósforo**, para um desempenho animal de 120 kg PV/cabeça/ano, em função da produtividade na fase de recria-engorda<sup>(1)</sup>.

Espécies	Produtividade (kg/ha de peso vivo)				
	200	350	500	650	800
	..... kg/ha/ano de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....				
Pouco exigentes	12	20	30	40	50
Exigentes	14	25	35	47	58
Muito Exigentes	17	30	40	55	67

<sup>1</sup> Valores médios de peso vivo (200 a 450 kg) e de ganho de peso diário (100 a 700 g/animal) para a fase de recria-engorda de machos castrados. Valor de NDT na forragem de 55 % a 60 % e eficiência de pastejo de cerca de 50 %.

## Fontes de fósforo

Entre os macronutrientes primários (N, P e K), o fósforo é o que apresenta a maior variação quanto aos tipos de fertilizantes disponíveis no mercado. Esses produtos, conforme a legislação brasileira, podem ser classificados quanto à solubilidade em água, citrato neutro de amônio (CNA) e ácido cítrico (AC). Conhecendo os produtos e as suas solubilidades, pode-se, de maneira geral, prever sua eficiência agronômica (capacidade de fornecimento de P para as culturas) e a melhor forma de utilização.

Os superfosfatos simples e triplo (ambos fosfatos monocálcicos), fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP) e alguns fertilizantes complexos (N, P e K no mesmo grânulo) têm mais de 90 % do P total solúvel em CNA. Assim, dissolvem-se com muita rapidez no solo e são praticamente equivalentes quanto à capacidade de fornecimento de P às plantas. Esses fertilizantes são utilizados, sobretudo, na forma de grânulos, com a finalidade de diminuir o volume de solo com o qual reagem, reduzindo o processo de insolubilização, além de facilitar o manuseio e a aplicação. São produtos de reconhecida e elevada eficiência agronômica, para quaisquer condições de solo e de cultura no Cerrado, e correspondem a mais de 90 % do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizado na agricultura brasileira.

A granulação dos adubos fosfatados solúveis é também uma forma de localizá-lo, mesmo em aplicações feitas a lanço. Sousa e Volkweiss (1987) estimaram o volume de solo no qual o adubo fosfatado, com três tamanhos de grânulos de superfosfato triplo - 2, 4 e 6 mm de diâmetro -, reage. Os autores verificaram que, para a dose de 200 kg/ha de  $P_2O_5$ , aplicada a lanço, o volume de solo ocupado com P foi de 25 %, 15 % e 9,5 % para grânulos com diâmetro de 2, 4 e 6 mm, respectivamente. A maioria dos adubos fosfatados solúveis comercializados apresenta grânulos que variam de 0,84 mm a 3,4 mm de diâmetro. Considerando o diâmetro médio dos grânulos do adubo de 2 mm, em aplicações a lanço, com superfosfato triplo, na dose de 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , o volume de reação do P com o solo será de cerca de 12,5 %.

Os fosfatos naturais brasileiros (Araxá, Patos de Minas, Catalão e outros), cuja dissolução no solo é muito lenta, sobretudo em condições de acidez corrigida (pH em água igual ou superior a 6,0), têm eficiência agronômica muito baixa nos primeiros anos depois da aplicação em relação aos fosfatos solúveis em água. Em média, a eficiência no primeiro ano é em torno de 25 % para as culturas anuais e de cerca de 50 % para pastagens. Para espécies forrageiras tolerantes à acidez, em solos mais ácidos, a eficiência dos fosfatos naturais brasileiros também é muito baixa no primeiro ano, evoluindo, em geral, para 35 % a 85 % (em relação aos fosfatos solúveis) nos anos subseqüentes (Tabela 11).

**Tabela 11.** Índice de Eficiência Agronômica (IEA) de fontes de P avaliadas em um Latossolo argiloso com culturas anuais, por cinco anos seguidos, de capim-andropógon, por três anos na dose de 200 kg/ha de  $P_2O_5$ , tendo como referência o superfosfato triplo.

Fonte de P	IEA - %	
	Culturas anuais	Capim-andropógon
Patos (MG)	45	81
Araxá (MG)	27	69
Catalão (GO)	8	36
Abaeté (BA)	21	86

Fonte: Goedert e Lobato (1984).

Os fosfatos parcialmente solubilizados com ácido sulfúrico, produzidos de concentrados fosfáticos (rocha fosfática beneficiada) nacionais, têm, aproximadamente, 50 % do P total solúvel em CNA. Testes efetuados com esses produtos no Cerrado, por Goedert et al. (1986), e em outras regiões, mostraram que a eficiência agronômica em médio prazo (quatro anos) foi de aproximadamente 50 % em relação ao superfosfato, ou seja, apenas a fração solúvel em CNA foi aproveitada pelas culturas anuais. Para pastagens, pode-se esperar eficiência em torno de 75 %.

Os termofosfatos e os produtos à base de fosfato bicálcico têm mais de 90 % do P total solúvel em AC e em CNA e são insolúveis em água. O termofosfato magnesiano fundido, quando aplicado na forma finamente moída, dissolve-se rapidamente no solo e apresenta eficiência agronômica equivalente aos fosfatos solúveis em água. Mostra, ainda, efeito corretivo da acidez do solo quando utilizado em dose elevada ou continuamente. Esses fertilizantes ainda são fontes de magnésio e silício.

Comparado à forma finamente moída, a granulação de produtos de baixa solubilidade em água resulta na dissolução mais lenta no solo e na redução da eficiência agronômica no ano da aplicação. A aração e a gradagem homogeneízam, com o solo, a fração não dissolvida dos grânulos aplicados no cultivo anterior, aumentando o efeito residual no ano subsequente, em relação à ausência de preparo do solo. De maneira geral, para serem eficientemente utilizados na forma granulada, os fertilizantes solúveis em CNA ou AC devem apresentar solubilidade em água de no mínimo 60 %.

Os fosfatos naturais sedimentares de alta reatividade (FNR), como o da Carolina do Norte, o de Gafsa e outros, vêm sendo importados nos últimos anos (SOUZA et al., 1999). O fosfato de Gafsa já foi comercializado no Brasil, principalmente, na década de 1970, na forma finamente moída. Testes com algumas culturas anuais, em várias regiões, mostraram que sua eficiência, quando aplicado a lanço e incorporado em solos com pH em água inferior a 6, é similar à dos fosfatos solúveis em água, já no ano da aplicação. Atualmente, esses produtos são

comercializados na forma não moída, o que facilita a aplicação, mas resulta em menor eficiência agronômica para culturas anuais no primeiro ano.

As primeiras avaliações dos FNRs, na região do Cerrado, feitas com pastagens, foram publicadas por Yost et al. (1982), Goedert e Lobato (1984) e Sanzonowicz et al. (1987). Os FNRs avaliados - Gafsa e Carolina do Norte, ambos na forma moída, incorporados ao solo - apresentaram comportamento semelhante ao do superfosfato. Informações obtidas com FNRs fardados incorporados ao solo foram publicadas por Bono e Macedo (1998) e por Lobato et al. (1999). Considerando um período de avaliação de dois anos após aplicação do FNR, Bono e Macedo (1998) obtiveram IEA de 84 % e 99 % para os FNRs de Arad e da Carolina do Norte, respectivamente. Lobato et al. (1999) encontraram IEA de 101 % para o FNR de Gafsa para a média das doses utilizadas (Tabela 12).

**Tabela 12.** Índices de Eficiência Agronômica (IEA) para três FNRs obtidos com pastagens na região do Cerrado, em um período de três anos, independente da dose de fósforo aplicada.

Fosfato	IEA - %		
	Ano 1	Ano 2	Ano 3
Arad <sup>(1)</sup>	69	102	101
C. do Norte <sup>(1)</sup>	86	116	128
Gafsa <sup>(2)</sup>	103	100	88

Fonte: <sup>1</sup> Bono e Macedo (1998), <sup>2</sup> Lobato et al. (1999).

Ao se analisar os dados dos IEAs obtidos a cada ano (Tabela 12), Bono e Macedo (1998) observaram que, no primeiro ano de avaliação (fase de estabelecimento da pastagem), esse índice foi inferior ao dos anos seguintes. Esse comportamento é semelhante ao observado em culturas anuais. Entretanto, dados de Lobato et al. (1999), obtidos com o FNR de Gafsa para o primeiro ano de avaliação, indicam um IEA de 103 %,

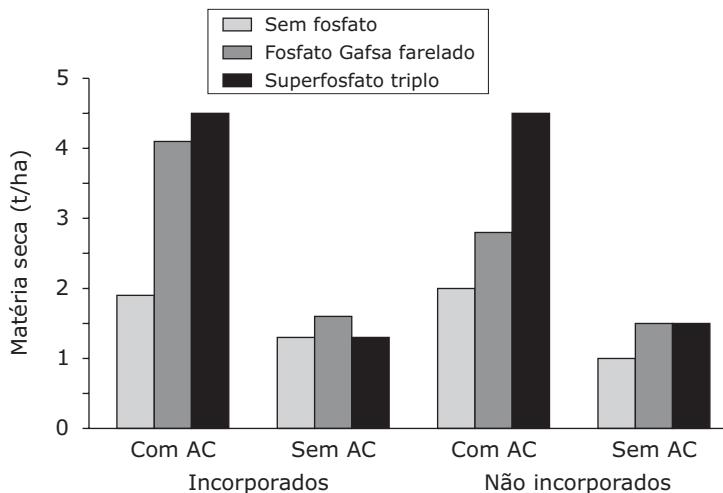
possivelmente, em decorrência da menor dose de calcário (0,97 t/ha a PRNT 100 %) e da menor saturação por bases (V % = 25 %), em relação à dose de calcário (2,55 t/ha a PRNT 100 %) e saturação por bases (V % = 45 %) no trabalho de Bono e Macedo (1998). Outra observação que pode ser feita com os dados obtidos com pastagens é que o efeito residual dos FNRs é igual ou superior ao do superfosfato triplo.

Embora ainda não se tenham resultados de pesquisa na região, a expectativa é de que a eficiência dos FNRs seja menor em solos que tenham recebido excesso de calcário, apresentando pH em água acima de 6, e em solos arenosos.

Em trabalho desenvolvido com o objetivo de recuperar pastagens degradadas, Soares et al. (2000) verificaram que, ao se aplicar o FNR de Gafsa e incorporá-lo ao solo com grade, a produção de matéria seca de braquiária, avaliada um ano após a sua aplicação, foi igual à do superfosfato triplo, embora o IEA do FNR de Gafsa tenha sido de 85 %. Contudo, na área sem incorporação do FNR ao solo, a produção de massa seca de forragem correspondeu a 58 % daquela obtida com o superfosfato triplo, resultando em IEA de 35 %. O superfosfato triplo comportou-se de forma semelhante, independente de incorporação ou não ao solo (Figura 10). Esses resultados evidenciam a importância da incorporação do FNR ao solo na recuperação de pastagens. A menor eficiência verificada na ausência de incorporação confirma trabalhos realizados na Nova Zelândia, onde os fosfatos reativos são amplamente utilizados na adubação superficial de manutenção de pastagens, sendo necessários vários anos para completar a dissolução, mesmo sob condições favoráveis de solo e com fosfatos de alta solubilidade (RAJAN et al., 1996).

Um aspecto que deve ser considerado na utilização dos fosfatos reativos é a análise de P no solo. No primeiro ano depois da aplicação desses produtos, o extrator Mehlich 1, utilizado na maioria dos laboratórios da região do Cerrado, superestima a disponibilidade de P, pois solubiliza parte do fósforo do fosfato ainda não dissolvida no solo, resultando em teores mais altos de P na análise do solo. Esse problema desaparece quando se completa a dissolução do fosfato no solo, a partir do

segundo ano ou, no máximo, no terceiro ano após a aplicação desses produtos a lanço com incorporação. Com os fosfatos naturais brasileiros, de baixa reatividade, e com fosfatos parcialmente solubilizados, produzidos de concentrados fosfáticos nacionais, esse problema persiste por muitos anos, principalmente, quando foram aplicadas doses de P elevadas.



**Figura 10.** Produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* em função de duas fontes de fósforo, na dose de 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com adubação e sem adubação complementar (AC=calcário+N+K+S+Zn+B+Mo), incorporadas com grade e sem incorporação.

Fonte: Soares et al. (2000).

Cabe comentar, ainda, que em sistemas de produção animal em pastejo, buscando elevada produtividade de forragem, é preciso assegurar pronta disponibilidade de fósforo para a planta. Assim, para sistemas intensivos, recomenda-se a utilização de fosfatos solúveis em água ou de termofosfatos finamente moídos. Quando o sistema admite respostas subótimas ao fertilizante fosfatado no primeiro ano depois da sua aplicação (cerca de 80 % a 85 % do potencial observado com fertilizantes solúveis em água), o uso de FNR passa a ser interessante.

## Efeito residual

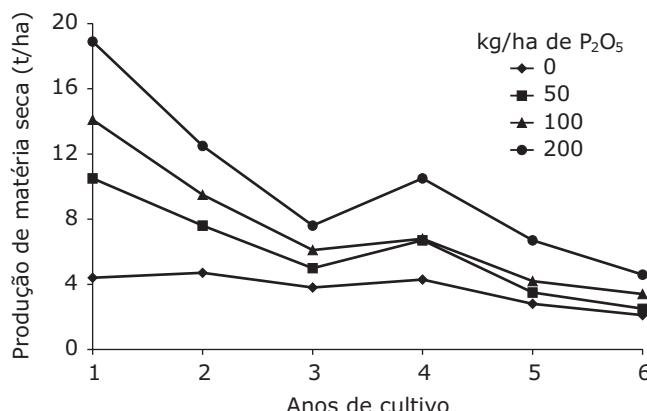
Os adubos fosfatados adicionados ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue à adubação, têm um efeito residual nas culturas subseqüentes. No caso de pastagens, o fertilizante fosfatado, além de atuar sobre a produção de forragem no ciclo de pastejo subseqüente à adubação, apresenta efeito residual em ciclos de pastejo subseqüentes. Os decréscimos no efeito da adubação fosfatada, com o tempo, resultam da interação de vários fatores, tais como: tipo de solo, fonte, dose e método de aplicação do fertilizante fosfatado, sistema de preparo do solo e seqüência de cultivos.

A avaliação do efeito residual de P, feita com a obtenção de uma curva de resposta a esse nutriente, a cada ano, é muito dispendiosa e o mais comum é o cultivo por anos sucessivos da área para avaliar o efeito de doses, do modo de aplicação, dos sistemas de cultivo e das fontes de P, dentre outros.

Na Figura 11 são apresentadas as respostas da *Brachiaria decumbens* à dose de fósforo aplicada a lanço e incorporada, por um período de seis anos, tendo como fonte de fósforo o superfosfato triplo. O efeito residual do fósforo foi mais significativo para as maiores doses aplicadas ao solo, sendo quase nulo no sexto ano de avaliação para a dose de 50 kg/ha de  $P_2O_5$ .

O efeito residual de fontes de fósforo que apresentam solubilidade muito baixa, como a dos fosfatos naturais brasileiros, melhora até o terceiro ano depois de sua aplicação no solo, estabilizando ou decrescendo a partir desse período.

Se a fonte de fósforo for um fosfato natural reativo, então o efeito residual é semelhante ao do superfosfato triplo, como se observa nos dados da Tabela 11. Os fosfatos naturais reativos farelados apresentam eficiência entre de 85 % e 100 % por ocasião do primeiro ano de avaliação, mas são equivalentes às fontes solúveis, como o superfosfato triplo, a partir do segundo ano.



**Figura 11.** Matéria seca de *Brachiaria decumbens* avaliada por um período de seis anos, depois da aplicação a lanço de diferentes doses de fósforo incorporadas ao solo, tendo como fonte o superfosfato triplo, em um LE textura média.

Fonte: Soares et al. (2001).

Outra prática que resulta em aumento na recuperação do P adicionado ao solo é a rotação de culturas incluindo espécies com alta eficiência em extrair P. Um exemplo é a composição de sistemas de cultivos anuais com pastagens. Na Tabela 13, apresenta-se o índice de recuperação do fósforo aplicado (quantidade total de P absorvida e exportada em relação à aplicada ao solo, descontando-se o P absorvido do solo sem adubação fosfatada). Sousa et al. (1997) observaram que, em uma área cultivada exclusivamente com culturas anuais, por 17 anos, obteve-se, em média, 36 % de recuperação do P aplicado. Na área onde se introduziu a pastagem em rotação com as culturas anuais, a recuperação média do P aplicado foi de 61 %, ou seja, 69 % a mais do que no sistema composto só de culturas anuais. Esse ensaio foi conduzido por mais cinco anos, totalizando 22 anos (Tabela 13), atingindo a recuperação de P de até 85 % para a dose de 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , aplicada por ocasião do primeiro cultivo, no sistema de cultivos anuais e capim, comparada à recuperação de 44 % no sistema só de culturas anuais, usando essa mesma dose.

**Tabela 13.** Fósforo recuperado em quatro doses aplicadas a lanço como superfosfato simples, por ocasião do primeiro cultivo da área em sistema de cultivos anuais e anuais integrado com *Brachiaria humidicola*, depois de um período de 22 anos, em um Latossolo muito argiloso.

Fósforo aplicado	Fósforo recuperado	
	Anuais <sup>(1)</sup>	Anuais e capim <sup>(2)</sup>
kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	..... % .....	
100	44	85
200	40	82
400	35	76
800	40	62

<sup>1</sup> A área foi cultivada por dez anos com soja, seguida de um plantio com milho e quatro ciclos da seqüência milho-soja, dois cultivos de milho e um de soja.

<sup>2</sup> A área foi cultivada por dois anos com soja, seguida de nove anos com *Brachiaria humidicola*, mais dois anos com soja e dois ciclos da seqüência milho-soja, e mais cinco anos com *Brachiaria humidicola*.

Fonte: Sousa et al. (1997).

## Considerações finais

O processo de recuperação ou de estabelecimento de uma pastagem, do ponto de vista da fertilidade do solo, é mais complexo quando comparado a culturas anuais, pois não basta apenas produzir forragem, é necessário transformá-la em produto animal. Nesse caso, salienta-se o número limitado de informações de estudos de pastejo envolvendo a adubação fosfatada em pastagens, o que compromete, sobremaneira, as recomendações, principalmente do ponto de vista econômico. Assim, não há dúvida de que a obtenção de sistemas sustentáveis necessita de adequação do solo para uma condição compatível de fertilidade que possibilite retorno econômico favorável ao produtor com o menor impacto possível ao ambiente. Contudo, torna-se necessário conduzir experimentos de pastejo de médio a longo prazo para possibilitar a definição, com maior precisão, de recomendações para utilização de corretivos e de fertilizantes para sistemas de produção animal em pastejo.

Em decorrência do maior investimento para se ter uma propriedade com seus solos corrigidos com fósforo (adubação corretiva), por ocasião do estabelecimento de uma pastagem, pode-se optar pela alternativa de aplicar menores quantidades de fósforo no estabelecimento da pastagem, por meio de uma adubação corretiva gradual, mais acessível ao pecuarista. Essa estratégia possibilita obter produções de forragem satisfatórias e recuperar o solo em períodos mais longos, com desembolso de recursos gradativos. Conseqüentemente, cria-se a oportunidade para melhorar o fluxo de caixa dos investimentos em adubação fosfatada em pastagem.

Outra possibilidade para redução do custo com a adubação fosfatada de pastagens seria a integração lavoura/pecuária, aliada à prática do plantio direto. Com isso, é possível aumentar simultaneamente e de forma expressiva a produção de grãos e de carne em uma mesma área, reduzindo a pressão por abertura de novas áreas na região do Cerrado.

## Referências

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE FERTILIZANTES. São Paulo: ANDA, 2004. 165 p.
- BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C. M. Índice de eficiência agronômica de três fontes de fósforo no estabelecimento e manutenção de pastagem de *B. brizantha* cv. Marandu. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu, MG. *FertBio 98*: resumos. Caxambu: UFLA, 1998. p. 555.
- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; CRUZ FILHO, A. B. Requerimento de fósforo para o estabelecimento de duas gramíneas tropicais em um solo ácido. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 2, p. 199-209, 1994.
- CORRÉA, L. de A.; HAAG, H. P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho -Amarelo, álico: II. experimento de campo. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 50, n.1, p. 109-116, 1993.
- COUTO, W.; SANZONOWICZ, C.; LEITE, G. G. Adubação para o estabelecimento de pastagens consorciadas nos solos de Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília, DF. *Savanas: alimento e energia*. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. 61-78.

GOEDERT, W. J.; LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 97-102, 1984.

GOEDERT, W. J.; REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. de. Eficiência agronômica de fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos em solo de Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17., 1986, Londrina, PR. **Resumos**. Londrina: SBCS: Embrapa-CNPSO: IAPAR, 1986. p. 31.

LOBATO, E.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; REIN, T. A. Avaliação do fosfato natural de Gafsa para estabelecimento de *Brachiaria decumbens* num Latossolo Vermelho Escuro do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 1 CD-ROM.

RAJAN, S. S. S.; WATKINSON, J. H.; SINCLAIR, A. G. Phosphate rocks for direct application to soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 57, p. 77-159, 1996.

SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E.; GOEDERT, W. J. Efeito residual da calagem e de fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 233-243, 1987.

SOARES, W. S.; LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. de; REIN, T. A. Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 819-825, 2000.

SOARES, W. V.; LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L. **Adubação fosfatada para manutenção de pastagem de *Brachiaria decumbens* no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 5 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 53).

SOARES, W. V.; MACEDO, M. C. M.; VILELA, L.; SOUZA, O. C. **Resposta da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk ao fósforo e níveis críticos de P num Latossolo Roxo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 25 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 4).

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília. **Savanas**: alimento e energia. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. p. 33-60.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, São Pedro, SP. **Anais...** Piracicaba: POTAPOS, 2004. p. 157-200.

SOUZA, D. M. G. de; VOLKWEISS, S. J. Reação do superfosfato triplo em grânulos com solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 133-140, 1987.

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo: anais**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 57-60.

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 22 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12).

SOUSA, D. M. G. de; REIN, T. A.; LOBATO, E.; SOARES, W. Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na região do Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 1 CD-ROM.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Recomendação de adubação fosfatada com base na capacidade tampão de fósforo para a região do Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. **Fertbio 2006: a busca das raízes: anais**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 15 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 257-282.

YOST, R. S.; NADERMAN, G. C.; KAMPRATH, E. J.; LOBATO, E. Availability of rock phosphate as measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 462-468, 1982.



Lourival Vilela  
Geraldo Bueno Martha Júnior  
Djalma Martinhão Gomes de Sousa

## Introdução

O potássio (K) é o segundo elemento mais absorvido pelas plantas, e as quantidades mobilizadas são em função da produção. A reserva desse nutriente nos solos de Cerrado é muito pequena e, de modo geral, insuficiente para suprir as quantidades extraídas pelas culturas. Portanto, a reposição de potássio, visando à produtividade econômica das culturas, deve ser feita pela adubação. O nutriente apresenta-se na forma catiônica ( $K^+$ ) e forma sais de alta solubilidade, o que, associado à baixa capacidade de troca catiônica (CTC) desses solos, pode favorecer a ocorrência de perdas por lixiviação.

A contribuição de todos esses fatores faz com que o manejo da adubação potássica (fontes, doses, métodos e época de aplicação) seja de grande importância para a manutenção e melhoria das produtividades das pastagens nos solos intemperizados de Cerrado.

Nesse bioma, a aplicação de micronutrientes é indispensável para obter rendimentos economicamente viáveis em diversas culturas (GALRÃO, 2004). No entanto, em pastagens de gramíneas tropicais, a resposta à aplicação de micronutrientes, de modo geral, não tem sido expressiva como aquela observada em culturas de grãos, como o arroz e o milho. Todavia, a importância da reposição com micronutrientes aumenta em sistemas com maior produtividade de forragem ou consorciados com leguminosas forrageiras, tendo em vista que o fornecimento desses

nutrientes pela matéria orgânica do solo pode ser insuficiente para sustentar os patamares almejados de produção. Em solos arenosos, cuidado especial deve ser dado à reposição com micronutrientes, tendo em vista o menor teor de matéria orgânica desses solos.

## Potássio no solo e sua disponibilidade para as plantas

O suprimento de potássio às plantas, na forma iônica,  $K^+$ , varia em função da forma em que o potássio se encontra no solo, da sua quantidade e do seu grau de disponibilidade nessas diferentes formas, bem como das características físicas que afetam a condução do potássio através da solução do solo até a superfície da raiz (MIELNICZUK, 1978).

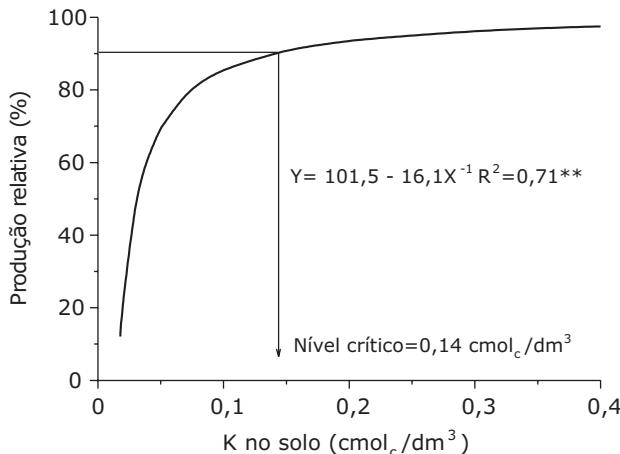
Em condições de pastejo, a exportação de potássio do sistema, na forma de produto animal, é pequena (0,75 kg de K/100 kg de peso vivo). Ademais, a maior parte do potássio mobilizada na parte aérea das plantas forrageiras retorna ao solo por meio da reciclagem de resíduos vegetais (perda de forragem) – lavagem pelas chuvas do potássio em folhas senescentes – e da excreta animal (fezes e urina).

Nos solos do Cerrado, o potássio trocável é a fonte mais importante para as plantas. Segundo Raij (1991), na maioria dos países, o índice mais usado para avaliar a disponibilidade de potássio é a sua forma trocável. Normalmente, para a recomendação de adubação potássica, determina-se o potássio extraído pelo método Mehlich 1 (K-extráivel) ou com acetato de amônio (K-trocável). Em solos de Cerrado, esses dois índices fornecem resultados semelhantes (SOUZA et al., 1979).

## Nível crítico de potássio no solo

A produção de forragem (massa seca) normalmente está associada aos teores de potássio trocável no solo (Figura 1). Assim, com freqüência, as recomendações de adubação potássica para pastagens baseiam-se no nível crítico (ou de suficiência) de potássio no solo, que indica o teor do nutriente a partir do qual a probabilidade de resposta bioeconômica à adubação potássica é muito baixa (Figura 1). O nível crítico de potássio no

solo, para orientar o estabelecimento de pastagens em solos da região do Cerrado, tem sido estimado entre 50 mg/dm<sup>3</sup> (0,13 cmol<sub>c</sub>/dm) a 60 mg/dm<sup>3</sup> (0,15 cmol<sub>c</sub>/dm).



**Figura 1.** Relação entre teores de potássio trocável no solo e produção relativa de três gramíneas forrageiras do gênero *Cynodon*.

Fonte: Adaptado de Coutinho et al. (2004).

Outro índice de disponibilidade de potássio que tem sido preconizado é a porcentagem de saturação desse nutriente na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. Contudo, sem aprofundar no tema, as considerações feitas por Raij (1991) demonstraram que o potássio trocável é o melhor índice de disponibilidade para as plantas. Tal posição foi reforçada por Coutinho et al. (2004), que argumentaram que, para a interpretação da análise química de solo, é mais racional adotar o conceito de nível de suficiência de K.

Desse modo, a proporcionalidade do potássio na CTC pode ser utilizada como critério auxiliar, mas não em substituição ao critério de nível crítico no solo. Para solos de Cerrado, recomenda-se não ultrapassar os limites de 2 % a 4 % de K na CTC determinada a pH 7. Saturações de potássio na CTC, acima desses limites, aumentam o potencial de perdas do nutriente por lixiviação e pouco contribui para o incremento da produção de forragem de forma econômica.

O risco de lixiviação de potássio é particularmente importante em solos arenosos de baixa CTC, com níveis de Ca e Mg relativamente elevados no solo em relação ao de potássio. A afinidade do K com o complexo de troca do solo é menor do que a observada para o Ca e o Mg, como indica a série liotrópica. Conseqüentemente, há acúmulo excessivo de K em solução (fator intensidade), podendo haver perdas por lixiviação ou por absorção de luxo desse nutriente pela planta forrageira. O problema da baixa capacidade de adsorção do potássio ao colóide, em solos de baixa CTC, é potencializado quando elevadas quantidades do elemento são fornecidas de maneira concentrada (i.e. no sulco de semeadura), o que contribui para a elevação do K em solução em níveis superiores às exigências imediatas das plantas.

## Recomendação de adubação potássica

A recomendação de doses para o estabelecimento de pastagens consorciadas (capim e leguminosa) e solteiras (apenas capim), com base na análise de solo, está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação potássica para o plantio de pastagens consorciada e solteira em decorrência da análise de solo.

Teor de K no solo <sup>(1)</sup>		Doses de potássio	
CTC – cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		Pastagem	Pastagem
< 4	> 4	consorciada	solteira
..... mg/dm <sup>3</sup> .....		..... kg de K <sub>2</sub> O/ha .....	
< 15	< 25	60	50
15 a 40	25 a 50	40	30
> 40	> 50	30	0

<sup>1</sup> 1 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de K é igual 391 mg/dm<sup>3</sup> de K ou 391 mg/kg.

As leguminosas forrageiras, normalmente, são menos eficientes em utilizar o potássio do solo do que as gramíneas forrageiras. Essa diferença tem conseqüências marcantes na composição botânica do pasto (WERNER, 1986). Em razão disso, as doses de potássio para o

estabelecimento de pastagens consorciadas devem ser maiores do que as praticadas na implantação de pastagens solteiras. Se o teor de potássio no solo for igual ou superior a 40 mg/dm<sup>3</sup> (0,13 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e a 50 mg/dm<sup>3</sup> (0,15 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>), em solos com CTC a pH 7 menor ou igual a 4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e maior do que 4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectivamente, a adubação potássica de estabelecimento pode ser dispensada. Certamente, o monitoramento do comportamento dos teores de K no solo, ao longo do tempo, por meio de análise do solo, deve ser feito.

As doses de potássio a serem aplicadas no solo para o estabelecimento de pastagens também podem ser estimadas por meio de fórmula. Para estimar a dose de potássio (DK), em kg/ha de K<sub>2</sub>O, tem-se:

$$DK \text{ (kg / ha)} = (Knc - Ks) \times 2,4 \quad (1)$$

em que:

*Knc* é o nível crítico de potássio no solo, em mg/dm<sup>3</sup>;

*Ks* é o teor de potássio indicado na análise de solo, em mg/dm<sup>3</sup>.

A utilização dessa fórmula é restrita a solos que não fixam potássio, fenômeno esse que normalmente não ocorre em solos de Cerrado. Se o teor de K indicado na análise de solo estiver expresso em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, sua transformação para mg/dm<sup>3</sup> é simples: 1 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> é igual a 391 mg/dm<sup>3</sup>.

A fórmula (1) é uma boa alternativa para estimar as doses de potássio a serem aplicadas na fase de manutenção da pastagem. Nessa etapa, uma vez corrigido o teor de K trocável no solo, o objetivo da adubação de manutenção é manter a concentração do nutriente no solo em torno do nível crítico. O teor crítico de potássio no solo, para pastagens adubadas com doses maiores de fertilizantes, não deve alterar muito. No entanto, a freqüência da necessidade de reposição de potássio tende a aumentar.

A fonte de potássio que predomina no mercado é o cloreto de potássio (KCl), além dos fertilizantes formulados (NPK). A aplicação do cloreto de potássio pode ser feita no sulco de plantio ou a lanço, em mistura com o fertilizante fosfatado. Outra opção para o estabelecimento

da forrageira é aplicar todo o potássio em cobertura, 30 a 40 dias após a semeadura. Essa alternativa contempla o maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas e, em solos arenosos, diminui o potencial de perdas de potássio por lixiviação.

Na fase de manutenção, a adubação potássica deve ser feita a lanço, sem incorporação ao solo. Ressalta-se que a cobertura adequada do solo, condizente com o hábito de crescimento de cada espécie forrageira, é fundamental para a elevada eficiência de absorção do potássio do fertilizante pela planta.

## Recomendação de adubação com micronutrientes

Os micronutrientes são essenciais para o desenvolvimento das plantas. Entretanto, em comparação com os macronutrientes, são requeridos em quantidades muito menores, além de apresentarem concentrações bem inferiores (mg/kg x g/kg) às dos macronutrientes nas plantas (Tabela 2).

Os micronutrientes são: boro (B); cobre (Cu); ferro (Fe); manganês (Mn); zinco (Zn); molibdênio (Mo); níquel (Ni) e cloro (Cl). Embora o cloro seja essencial para as plantas, sua deficiência raramente ocorre. O níquel, metal componente da urease, foi o último (em 1987) nutriente a ser comprovado como essencial às plantas (HAVLIN et al., 2005).

**Tabela 2.** Faixa de suficiência de micronutrientes na parte aérea de algumas forrageiras.

Espécies	B	Cu	Fe	Mn	Zn
..... mg/kg .....					
<i>Andropogon gayanus</i>	10-20	4-12	50-250	40-250	20-50
<i>B. brizantha</i>	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
<i>B. decumbens</i>	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
<i>P. maximum</i>	10-30	4-14	50-200	40-200	20-50
<i>Stylosanthes</i>	25-50	6-12	40-250	40-200	20-50
Leucena	25-50	5-12	40-250	40-150	20-50

Fonte: Adaptado de Werner et al. (1996).

Os micronutrientes, em geral, não têm sido determinantes para o estabelecimento de pastagens exclusivas de gramíneas na região do Cerrado. Possivelmente, exceção seja feita ao estabelecimento de pastagens em areias quartzosas, cujos baixos teores de matéria orgânica do solo (< 10 g/kg) e, conseqüentemente, do fornecimento de micronutrientes são insatisfatórios para elevadas produtividades de forragem. Contudo, os resultados obtidos com a aplicação de micronutrientes em leguminosas forrageiras permitem concluir que o fornecimento deles é indispensável para a estabilidade de pastagens consorciadas (Tabelas 3 e 4). O molibdênio (Mo) faz parte da estrutura da enzima nitrogenase, a qual é essencial para o processo de fixação simbiótica de N<sub>2</sub> pelo rizóbio. Em razão disso, normalmente, as leguminosas são mais exigentes em Mo em comparação às gramíneas.

A recomendação de micronutrientes, para o estabelecimento de pastagens, com base na análise química, é ainda bastante limitada (GALRÃO, 2004; MONTEIRO et al., 2004). Segundo Galrão (2004), estudos de calibração de métodos de análise de solo para os micronutrientes são, praticamente, inexistentes. No entanto, esse autor sugeriu uma interpretação de resultados de análise de solo (Tabela 5), que pode ser considerada como um referencial para tomada de decisão sobre a necessidade de adubação com micronutrientes.

**Tabela 3.** Rendimento de matéria seca de pastagem consorciada (*Andropogon/Stylosanthes capitata*) em um Latossolo Vermelho-Amarelo, argiloso, fase Cerrado.

Molibdênio	Massa seca <sup>(1)</sup>
kg/ha	t/ha
0	0,97
0,2	1,46
DMS (5 %)	0,24

<sup>1</sup> Média de três cortes.

Fonte: Adaptado de Couto et al. (1988).

**Tabela 4.** Rendimento de matéria seca de *S. guianensis* cv. Bandeirantes em função da aplicação de cobre em um Latossolo Vermelho-Amarelo, originalmente, sob Cerrado. O Teor inicial de Cu no solo era menor que 0,1 ppm.

Cobre (kg/ha)	Cortes			
	1º	2º	3º	4º
	..... t/ha .....			
0	2,52	2,87	1,53	2,74
2	3,40	3,24	2,58	3,50
DMS (5 %)	0,74	0,35	0,21	0,27

Fonte: Galrão et al. (1992).

**Tabela 5.** Interpretação de resultados de análise de micronutrientes em solos de Cerrado.

Teor	B	Cu	Mn	Zn
	(água quente)	..... Mehlich 1 .....		
	..... mg/dm <sup>3</sup> .....			
Baixo	0 a 0,2	0 a 0,4	0 a 1,9	0 a 1,0
Médio	0,3 a 0,5	0,5 a 0,8	2,0 a 5,0	1,1 a 1,6
Alto	>0,5	>0,8	>5,0	>1,6

Fonte: Galrão (2004).

Uma vez identificada a necessidade de micronutrientes para o estabelecimento de pastagens, a aplicação de doses equivalentes a 0,2 kg/ha; 2 kg/ha; 2 kg/ha e 1 kg/ha, respectivamente, de Mo, Zn, Cu e B, em geral, satisfaz a exigência da maioria das plantas forrageiras. Outras deficiências poderão surgir em virtude de desequilíbrios causados, por exemplo, pela elevação do pH do solo acima de 6,3, como é o caso da indisponibilidade de manganês (Mn), nessas condições, para leguminosas.

## Referências

- COUTINHO, E. L. M.; SILVA, A. R.; MONTEIRO, F. A.; RODRIGUES, L. R. A. Adubação potássica em forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**: anais... Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 219-277.
- COUTO, W.; SANZONOWICZ, C.; LEITE, G. G. Adubação para o estabelecimento de pastagens consorciadas em solos de Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília. **Savanas**: alimento e energia. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. p. 61-78.
- GALRÃO, E. Z.; ANDRADE, R. P.; VILELA, L. Efeito de micronutrientes, cobalto e enxofre no rendimento de matéria seca do estilosantes em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p. 75-78, 1992.
- GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 185-226.
- HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizer**: an introduction to nutrient management. New Jersey: Pearson: Prentice Hall, 2005. 515 p.
- MIELNICZUK, J. **O potássio no solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa-Fosfato, 1978. 80 p. (Instituto da Potassa-Fosfato. Boletim, 2).
- MONTEIRO, F. A.; COLOZZA, M. T.; WERNER, J. C. Enxofre e micronutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**: anais... Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 279-301.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres: Potafos, 1991. 343 p.
- SOUSA, D. M. G. de; RITCHIEY, K. D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W. J. Potássio em solo de Cerrado. II. Balanço do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 33-36, 1979.
- WERNER, J. C. Adubação potássica. In: MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 175-190.
- WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. de O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 261-273. (IAC. Boletim Técnico, 100).



# Correção e adubação do solo para culturas anuais na integração lavoura-pecuária

CAPÍTULO

9

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Lourival Vilela

Geraldo Bueno Martha Júnior

## Introdução

Em menos de três décadas, o Cerrado brasileiro transformou-se na principal região produtora de grãos e de carne bovina no País. Entretanto, a evolução desses sistemas de produção teve enfoque diferente. Ao longo das últimas décadas, o uso intenso do fator capital, nas lavouras de grãos do Cerrado, tem sido traduzido pela utilização crescente de insumos no sistema de produção, como o uso de sementes melhoradas, de corretivos e fertilizantes, de agroquímicos e de máquinas e implementos. Concomitantemente à intensificação no uso do fator capital nas lavouras de grãos, observou-se crescente incorporação, ao processo produtivo, de técnicas modernas de gerenciamento e, consequentemente, maior capacitação das pessoas envolvidas na atividade lavoura. Como resultado de tal estratégia, a agricultura de grãos desenvolveu-se rapidamente na região, tornando-se uma das mais produtivas e competitivas do mundo.

No caso da pecuária, observa-se que a estratégia de ocupação do Cerrado foi bem diferente daquela encontrada na agricultura de grãos. A evolução da pecuária centrou-se, quase que exclusivamente, na utilização intensa do fator terra em detrimento da intensificação no uso de capital (exploração de extensas áreas de terra, com baixa produtividade animal). Desse modo, a pecuária no Cerrado tem sido tradicionalmente caracterizada pela exploração dos recursos naturais (extrativismo). Nesses sistemas de produção, raramente utilizam-se corretivos e fertilizantes, e o problema da sustentabilidade da produção pecuária

obviamente agrava-se. Esse modelo extrativista de utilização de pastagens justifica, pelo menos em parte, os baixos índices zootécnicos e as baixas produtividades e rentabilidades observadas na atividade de pecuária.

Tais problemas, em grande parte, têm sido revertidos pela adoção da integração lavoura-pecuária, e tal reversão pode ainda ser intensificada pela implementação do sistema de plantio direto. Neste capítulo serão apresentadas algumas particularidades relativas ao manejo da fertilidade do solo visando às culturas anuais da integração lavoura-pecuária.

## Acidez do solo

O crescimento de raízes das plantas é reduzido na presença de excesso de alumínio (Al), sendo igualmente afetado pela deficiência de cálcio (Ca). Um sistema radicular pouco desenvolvido limita a absorção de água, de nutrientes e, consequentemente, a produtividade das culturas.

Na região do Cerrado, o problema da acidez (excesso de alumínio, baixos teores de cálcio e de magnésio) não é só superficial, podendo ocorrer também na subsuperfície. Cochrane e Azevedo (1988), analisando solos da região nas profundidades de 0 cm a 20 cm e de 21 cm a 50 cm, verificaram que, respectivamente, 79 % e 70 % das amostras apresentavam saturação de alumínio maior que 10 %. Quanto ao teor de cálcio, observaram que era menor que 0,4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> em 86,3 % das amostras na camada de 21 cm a 50 cm. Portanto, é de se esperar que, nessa região, ocorram restrições químicas ao desenvolvimento das raízes de culturas, para fins comerciais, que venham a ser implantadas.

A correção da acidez superficial e subsuperficial faz-se necessária para obter melhor produtividade das culturas e maior eficiência no uso da água e dos nutrientes. Para essa correção, o insumo mais utilizado para a camada superficial do solo é o calcário e, para a subsuperficial, o gesso. A acidez superficial não é problema quando a saturação por bases (V) do solo estiver em torno de 50 % e o pH em água próximo a 6. Quando a análise do solo apresentar valores menores, deve-se corrigir a acidez com adição de calcário.

Uma calagem bem feita irá neutralizar o alumínio do solo e fornecer cálcio e magnésio como nutrientes. Ademais, promove o aumento da

disponibilidade de fósforo e de outros nutrientes no solo, assim como da capacidade de troca de cátions efetiva e da atividade microbiana, entre outros benefícios.

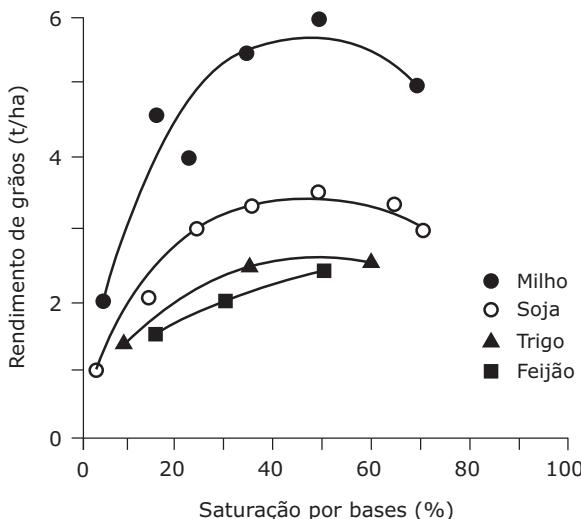
A calagem possibilita, então, maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, facilitando ainda mais a absorção e utilização dos nutrientes e da água pelas culturas.

Deve-se salientar que, com o aumento do pH, pode ocorrer redução na disponibilidade de micronutrientes, como zinco, manganês, cobre e ferro. Entretanto, com a adição das doses de micronutrientes recomendadas pela pesquisa, não tem havido problemas de disponibilidade na faixa de pH entre 5,7 e 6,3 ou de saturação por bases entre 40 % e 60 %.

A quantidade de calcário a ser utilizada em certa área depende do tipo de solo e do sistema de produção a ser desenvolvido. Na região do Cerrado, o método que foi mais utilizado para determinar a necessidade de calcário (N.C.) é o que se baseia nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis, e o cálculo da N.C. varia em função do teor de argila dos solos. Hoje, outro método de recomendar calcário, que vem sendo muito empregado na região, é o que utiliza a saturação por bases do solo.

Dados obtidos experimentalmente indicam que a produção de grãos das culturas de sequeiro (soja, milho, trigo e feijão) aumenta com a saturação por bases até 40 %, estabiliza entre os valores de 40 % e 60 % e diminui quando a saturação por bases é maior que 60 % (Figura 1). Para valores de saturação por bases maiores que 60 %, o pH em água do solo será maior que 6,3 e, nessa situação, poderá ser induzida a deficiência de zinco, cobre, ferro e manganês, essa última muito freqüente na região do Cerrado.

Em sistemas de sequeiro, deve-se aplicar calcário para saturação por bases de 50 %. Por causa da deficiência de magnésio nos solos do Cerrado, sugere-se o uso de calcário dolomítico ou magnesiano, ou seja, aqueles que apresentem teor mínimo de 5,1 % de MgO. Mas, na ausência desses, pode-se utilizar calcário calcítico, desde que se adicione magnésio ao solo. O próprio calcário dolomítico, na dose de 300 a 500 kg/ha, aplicado no sulco de semeadura ou a lanço, pode ser usado para suprir a necessidade de magnésio da cultura.



**Figura 1.** Relação entre produtividade de grãos de algumas culturas anuais e saturação por bases na camada arável de solos de Cerrado.

Fonte: Sousa e Lobato, 2004a.

De modo geral, a relação entre os teores de Ca e Mg no solo, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , deve situar-se no intervalo de 1:1 até o máximo de 10:1, observado o teor mínimo de 0,5  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  de Mg.

É importante lembrar que, na escolha do calcário a ser utilizado, deve-se considerar o seu preço corrigido para 100 % de PRNT, posto na propriedade, ou seja, incluindo o custo do transporte.

Do ponto de vista econômico, a calagem deve ser considerada como investimento. No cálculo de sua economicidade, devem ser considerados períodos de amortização ao redor de cinco a seis anos (SOUZA; SCOLARI, 1986). Por sua importância agronômica, além de sua participação percentual no custo de “construção” do solo (transformação de solos de baixa fertilidade em solos produtivos), entre 5 % e 8 % no caso de culturas de sequeiro, essa operação deve ser efetuada seguindo todas as recomendações. O uso de doses abaixo ou acima das indicadas tem um efeito direto na queda da produtividade, podendo causar prejuízos consideráveis.

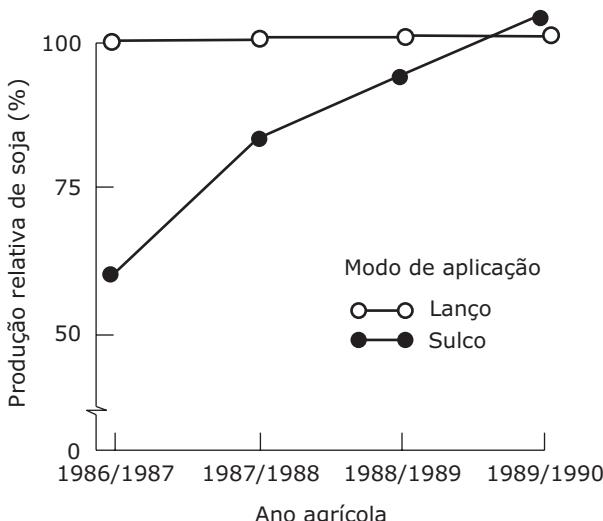
Para que o calcário produza os efeitos desejáveis, é necessário haver umidade suficiente no solo para sua reação. Contudo, na região do Cerrado, existe uma estação seca, que se prolonga de maio a setembro, quando o solo, de modo geral, contém pouca umidade. Assim, a época mais adequada para a calagem é o final do período chuvoso anterior à semeadura ou, caso isso não seja possível, o início da estação chuvosa, pouco antes da semeadura.

O método mais comum de aplicação é aquele em que se distribui o produto uniformemente na superfície do solo, seguido ou não de incorporação. Quando há necessidade de utilizar doses elevadas (maiores que 5 t/ha), existem vantagens no parcelamento.

O calcário pode ser aplicado também de forma parcelada, em sulcos, junto à semeadura, utilizando semeadeiras com uma terceira caixa. Entretanto, essa operação somente é válida quando se tratar de suprir cálcio e magnésio como nutrientes para as plantas. Nesse caso, doses de até 0,5 t/ha solucionariam o problema. Contudo, quando o solo apresentar acidez elevada, os acréscimos em produtividade podem ser bastante limitados, utilizando-se dessa técnica de calagem em sulcos.

Na Figura 2, são apresentadas as produções de soja com o parcelamento da dose de 4 t/ha de calcário, em oito aplicações, num período de quatro anos, na seqüência soja-trigo. A produtividade máxima da soja só foi obtida no quarto ano de cultivo (oitavo cultivo da área), quando a soma das aplicações parceladas atingiu 4 t/ha, que foi a dose recomendada para esse solo. Num sistema de sequeiro, com apenas um cultivo por ano, essa dose seria aplicada em oito anos.

O calcário apresenta efeito residual que persiste por vários anos. Em oito áreas experimentais, foi avaliada, durante três anos, a reatividade dos corretivos aplicados. O PRNT dos corretivos variou entre 50 % e 70 %, e as áreas foram cultivadas em sistema convencional. Em média, 50 % do calcário aplicado reagiu no primeiro ano, mais 30 % no segundo ano e o restante no terceiro ano após a aplicação. Em geral, a velocidade de reação do calcário é tanto mais rápida quanto maior for o PRNT do corretivo. Após essa reação, inicia-se o processo de acidificação do solo, que terá intensidade diferenciada dependendo do sistema de preparo, das fontes de adubos nitrogenados, da rotação de culturas, etc.

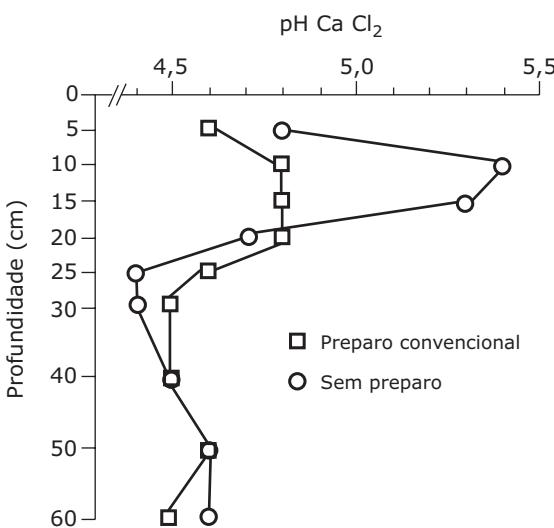


**Figura 2.** Produtividade relativa de quatro cultivos de soja em rotação com trigo (irrigado), com aplicação de 4 t/ha de calcário a lanço, no primeiro ano, e parcelada em oito aplicações de 0,5 t/ha no sulco, a cada plantio, em solo Gley Pouco Húmico.

Fonte: Miranda (1993).

Em um experimento conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, com dois sistemas de preparo (convencional e sem preparo), após seis anos da aplicação do corretivo (a lanço e incorporado com grade aradora e arado de discos), a área que continuou sendo preparada anualmente com arado de discos e grade niveladora apresentou processo de acidificação mais intenso até 20 cm de profundidade. Essa área necessitou de 35 % mais calcário que a área sem preparo para elevar a saturação por bases até 50 %. Outra observação importante é que, na área sem preparo, o processo de acidificação foi bastante intenso nos cinco centímetros superficiais do solo (Figura 3).

Assim, depois da primeira calagem, recomenda-se nova análise de solo depois de três anos de cultivo e, se a saturação por bases for menor que 35 % no sistema de sequeiro e menor que 40 % nos sistemas de plantio direto, sugere-se aplicar mais calcário. No sistema de plantio direto, a reaplicação do calcário deve ser feita a lanço na superfície do solo, sem incorporação e, no convencional, deve ser incorporado com arado de discos.



**Figura 3.** O pH de um Latossolo muito argiloso, em diferentes profundidades, após seis anos de aplicação do calcário, em dois sistemas de preparo do solo.

Fonte: Sousa e Lobato (2004a).

Em experimento conduzido em Planaltina, DF, Sousa e Lobato (2002) avaliaram a resposta do milho à reaplicação do calcário em SPD em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, tendo como planta de cobertura o estilosantes. O solo na camada de 0 cm a 20 cm apresentava saturação por bases de 19 % e, para atingir 50 %, foram aplicadas 2,8 t/ha de calcário em outubro de 1994. O tratamento sem reaplicação de calcário produziu em média 6,1 t/ha de grãos de milho por três safras seguidas, enquanto, na área em que se reaplicou o calcário, a produtividade foi de 6,2 t/ha; 6,4 t/ha e 7 t/ha para os anos agrícolas 1994/1995, 1995/1996 e 1996/1997, respectivamente. Nesse experimento, foram estudadas a mobilidade e a reatividade do calcário quando aplicado a lanço na superfície do solo no SPD. A movimentação do calcário no solo, avaliada pelo pH em  $\text{CaCl}_2$  e pelo teor de  $\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ , após três anos de aplicado, foi de 10 cm da superfície do solo. Já a reatividade, avaliada pelo teor de  $\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ , foi de 65 % do total aplicado, depois de três anos de reação no solo.

Em virtude da reação mais lenta do calcário não incorporado ao solo, recomenda-se, quando o sistema de cultivo a ser utilizado na integração lavoura-pecuária for o plantio direto, determinar a necessidade de calcário com, no mínimo, um ano de antecedência e distribuí-lo a lanço na pastagem. Com isso, quando a cultura anual for estabelecida, parte do calcário já terá reagido no solo.

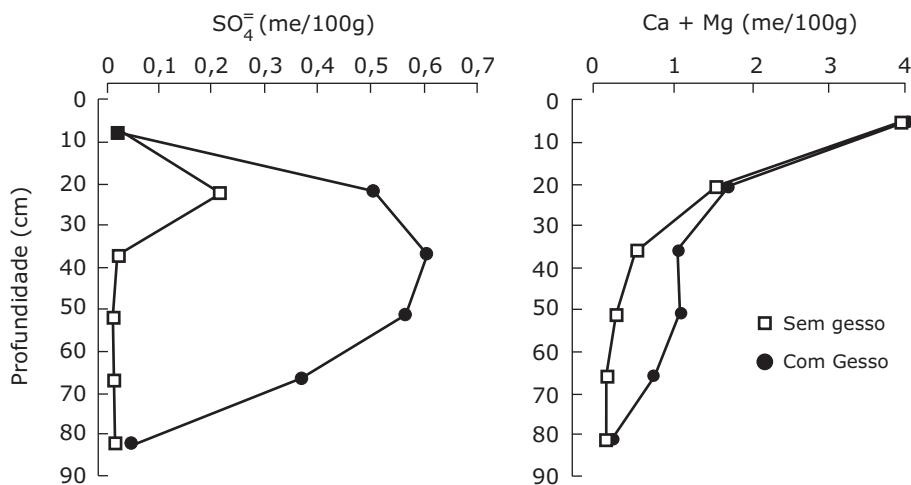
Os solos do Cerrado podem apresentar problemas de acidez subsuperficial, e a incorporação profunda de calcário para controlar essas condições nem sempre é viável na lavoura. Assim, camadas mais profundas do solo, abaixo de 35 cm a 40 cm, podem continuar com excesso de alumínio tóxico associado ou não à deficiência de cálcio, mesmo quando se tenha efetuado uma calagem considerada adequada. Conseqüentemente, as raízes da maioria das espécies cultivadas iriam se desenvolver apenas na camada superficial. Esse problema, aliado à baixa capacidade de retenção de água desses solos, pode causar diminuição na produção das plantas, principalmente, nas regiões onde é mais freqüente a ocorrência de veranicos.

Ao se aplicar gesso no solo em que a acidez da camada arável foi corrigida com calcário, o sulfato, após sua dissolução, movimenta-se para camadas inferiores, acompanhado por cátions, especialmente, o cálcio (Figura 4).

Com a movimentação de cátions para a subsuperfície, os teores de cálcio e de magnésio aumentam (Figura 4), acarretando redução no teor de alumínio tóxico e melhorando o ambiente do solo para as raízes se desenvolverem. Esses efeitos já podem ser observados no ano agrícola de aplicação do gesso.

Quando o gesso é aplicado com critério, nas doses recomendadas para cada solo, não se tem observado movimentação de potássio e de magnésio no perfil do solo em níveis que possam trazer problemas de perdas desses nutrientes.

A resposta ao gesso, como melhorador do ambiente radicular em profundidade, tem sido observada para a maioria das culturas anuais. Destacam-se as respostas das culturas de milho, trigo e soja (Tabela 1).



**Figura 4.** Distribuição do sulfato ( $\text{SO}_4^=$ ) e do cálcio mais magnésio ( $\text{Ca} + \text{Mg}$ ) trocáveis em diferentes profundidades de um Latossolo argiloso, sem aplicação e com aplicação de gesso, após um período de 39 meses.

Fonte: Sousa et al. (1995).

**Tabela 1.** Efeito da aplicação de gesso ao solo, na produtividade de culturas anuais, submetidas a veranicos na época da floração.

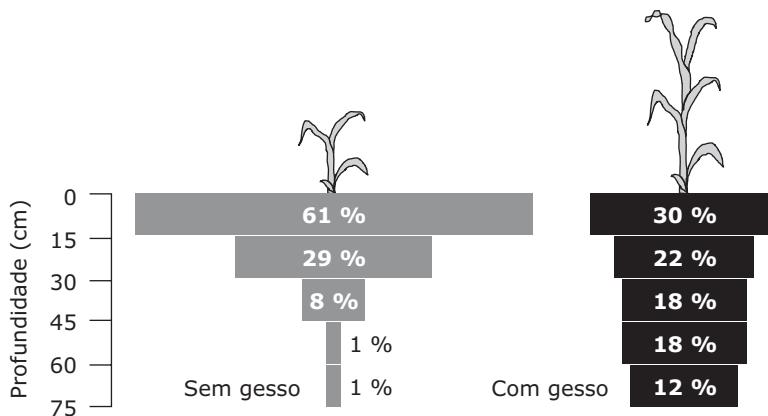
Gesso	Milho	Trigo	Soja
	..... t/ha .....		
Sem	3,2	2,2	2,1
Com	5,5	3,5	2,4

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1992).

Essas respostas são atribuídas à melhor distribuição das raízes das culturas em profundidade no solo (Figura 5), o que propicia às plantas o aproveitamento de maior volume de água quando ocorre veranico, como observado na cultura do milho (Figura 6).

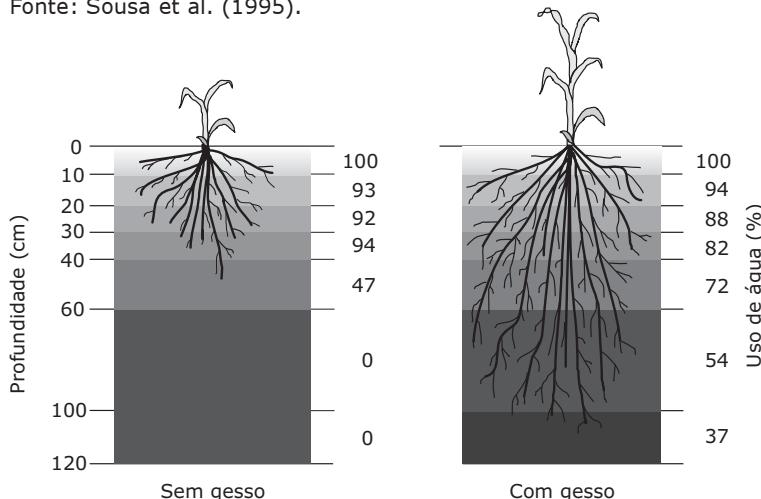
Além da água, os nutrientes também são absorvidos com maior eficiência, desde o de maior mobilidade (nitrogênio, que é facilmente

levado para o subsolo e pouco aproveitado pelas plantas se as raízes forem superficiais), até o de menor mobilidade (fósforo). Na Tabela 2, observa-se que, em média, houve aumento de 50 % na absorção dos nutrientes em razão do uso do gesso na cultura do trigo.



**Figura 5.** Distribuição relativa de raízes de milho no perfil de um Latossolo argiloso, sem aplicação de gesso e com aplicação de gesso.

Fonte: Sousa et al. (1995).



**Figura 6.** Utilização relativa da lâmina de água disponível no perfil de um Latossolo argiloso, pela cultura do milho, após um veranico de 25 dias, por ocasião do lançamento de espigas, em parcelas, sem aplicação de gesso e com aplicação de gesso.

Fonte: Sousa et al. (1995).

**Tabela 2.** Nutrientes absorvidos (contidos na palha e nos grãos) pela cultura do trigo, submetida a veranico na época da floração, em função da aplicação de gesso no solo.

Gesso	N	P	K	Ca	Mg	S
..... t/ha .....						
Sem	80	15	53	12	11	7
Com	120	22	80	16	16	12

Fonte: Sousa et al. (1992).

A utilização do gesso nos sistemas de agricultura irrigada e de plantio direto tem apresentado resultados de magnitude semelhantes aos obtidos com as culturas anuais apresentadas na Tabela 1.

Esses ganhos de produção nas culturas perenes têm sido atribuídos também ao uso mais eficiente dos nutrientes e da água no perfil do solo.

Para se decidir sobre a necessidade de aplicação de gesso, deve-se fazer uma amostragem do solo nas profundidades de 20 cm a 40 cm e de 40 cm a 60 cm para culturas anuais. Para culturas perenes, deve-se amostrar também a camada de 60 cm a 80 cm. Caso haja dificuldade, na amostragem indicada, pode-se amostrar apenas a camada de 30 cm a 50 cm. Ao encaminhar para análise, é necessário solicitar também a determinação do teor de argila.

De posse dos resultados, se a saturação por alumínio for maior que 20 % ou o teor de cálcio for menor que  $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , há grande probabilidade de resposta ao gesso, o qual deve ser aplicado ao solo.

Se for recomendada a aplicação do gesso, para se definir a quantidade a usar, é necessário conhecer o teor de argila do solo. De posse desse valor, o cálculo pode ser feito utilizando a fórmula abaixo:

- Culturas anuais:

$$\text{DG (kg/ha)} = 50 \times \text{argila (\%)}$$

em que DG é a dose de gesso com 15 % de enxofre.

O gesso deve ser aplicado a lanço, após a calagem, ou, imediatamente antes, se essa for necessária. Caso haja dificuldade em incorporar o gesso ao solo, pode-se deixá-lo na superfície. Como a camada arável do solo recebeu calcário e fosfato, o gesso, ao se dissolver na água, infiltrará no solo, passando por essa camada e ficando retido nas camadas subsuperficiais a até 60 cm ou 80 cm, no caso de culturas anuais e perenes, respectivamente.

As doses de gesso recomendadas por esses critérios apresentam efeito residual de, no mínimo, cinco anos, podendo se estender por 15 anos, dependendo do solo. Não é necessário reaplicá-lo durante igual período.

Do ponto de vista econômico, a aplicação de gesso é, em geral, mais onerada pelos custos do transporte do material. Caso haja dúvida sobre as vantagens do uso do gesso, é conveniente que o produtor faça um teste prévio em sua propriedade, o que poderá auxiliá-lo na tomada da decisão.

Outro aspecto a ser considerado é que, com o uso do gesso como melhorador de subsuperfície, resolve-se também o problema do enxofre como nutriente, possibilitando a utilização de fórmulas concentradas na adubação de semeadura. Com a economia propiciada pelo transporte de menores quantidades da fórmula concentrada, parte ou todo o custo do gesso pode ser amortizado.

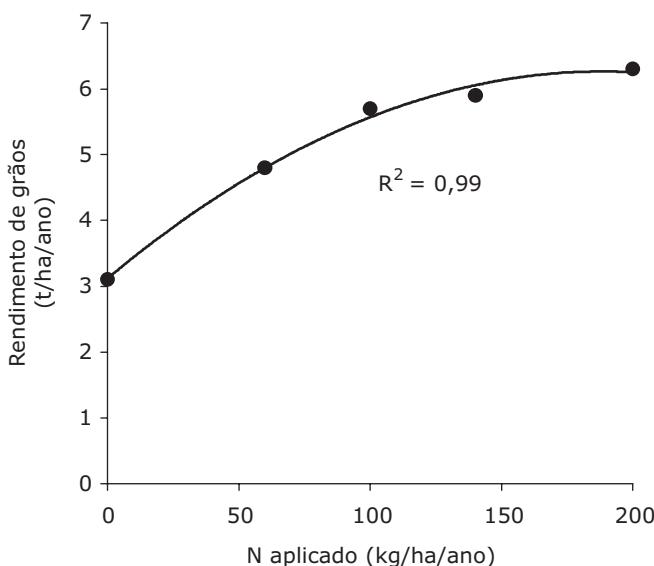
## Adubação

Entre as principais limitações para a utilização agrícola da região do Cerrado, ressalta-se a acentuada deficiência de fósforo, de potássio, de enxofre e de micronutrientes, necessitando-se, então, da prática da adubação para obter e manter produções satisfatórias das culturas. Outro nutriente importante é o nitrogênio, responsável pelo aumento da produção de alimentos e de forragem, seja pela adição como fertilizante ou fixação biológica, seja como adubação verde.

## Nitrogênio

As respostas à adubação nitrogenada variam conforme as culturas, sendo de maior magnitude nas gramíneas, em especial, no milho. Vários fatores podem influenciar o potencial de resposta de uma cultura ao nitrogênio (N), dentre eles, destacam-se: suprimento de outros nutrientes, profundidade do perfil do solo com presença efetiva de raízes, tempo de cultivo, sistema de preparo do solo, rotação de culturas, intensidade de chuvas, nível de radiação solar e teor de matéria orgânica do solo. Em decorrência de tantos fatores que interferem na resposta a esse nutriente, não é tarefa simples definir doses adequadas de adubos nitrogenados para diferentes culturas.

O milho é uma das gramíneas mais cultivadas na região do Cerrado, e suas respostas a N chegam a doses de até 200 kg/ha ou mais (Figura 7). Com doses em torno de 100 kg/ha de N, é possível produzir cerca de 8 t/ha de grãos de milho em um solo com 3 % a 4 % de matéria orgânica.



**Figura 7.** Rendimento anual médio de milho com aplicação anual de doses de nitrogênio em um solo de Cerrado no período de 1972 a 1980.

Fonte: Suhet et al. (1986).

Com o arroz, têm-se observado respostas à aplicação de até 80 kg/ha de N.

Na cultura do algodão herbáceo, que tem expandido muito na região do Cerrado desde 1996, observa-se resposta à aplicação de até 120 kg/ha de N.

Dentre as culturas irrigadas, destacam-se: o feijão, o trigo e, potencialmente, a cevada e o algodão. Para essas culturas, tem-se obtido respostas à aplicação de até 120 kg/ha de N (Tabela 3).

As leguminosas, com exceção do feijão, não necessitam de adubação nitrogenada. A soja, leguminosa mais cultivada no Cerrado, responde a aplicações de nitrogênio, mas em quantidades muito elevadas e inviáveis economicamente. Produtividades acima de 4 t/ha de grãos de soja podem ser obtidas sem aplicação de qualquer adubação nitrogenada, sendo o nitrogênio fornecido às plantas graças à fixação biológica do N atmosférico.

**Tabela 3.** Resposta de algumas culturas irrigadas ao nitrogênio em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

Dose de nitrogênio	Cultura				
	Cevada <sup>(1)</sup>	Algodão <sup>(2)</sup>	Feijão <sup>(3)</sup>	Trigo <sup>(4)</sup>	Milho
kg/ha	..... t/ha .....				
0	3,2	3,6	3,5	5,0	8,3
40	4,6	4,4	4,5	5,5	9,1
80	6,2	4,9	4,8	5,3	10,0
120	6,6	5,2	5,0	5,0	11,0

Fonte: <sup>1</sup> Guerra e Silva (1998); <sup>2</sup> Guerra e Iora (1999); <sup>3</sup> Guerra et al. (2000);

<sup>4</sup> adaptado de Silva, (1991).

Para produtividades em torno de 8 t/ha de grãos de milho, recomendam-se 30 kg/ha de N na semeadura e 70 kg/ha de N em cobertura. Já para o feijão, para se produzirem 3 t/ha de grãos, deve-se utilizar 20 kg/ha de N na semeadura e 40 kg/ha de N em cobertura.

Depois de aplicado ao solo, o N, se utilizado na forma amoniacal, é convertido na forma nítrica em um período de tempo curto (em torno de três semanas). Dependendo das características do solo e do clima, podem ocorrer perdas pelo processo de lixiviação. Uma prática bastante utilizada para minimizar esse problema é parcelar a adubação nitrogenada, sendo parte colocada no plantio (um quinto a um terço da dose total de N a aplicar) e o restante em cobertura. Tanto a época da cobertura quanto a possibilidade de parcelar são consideradas em função do tipo de solo, da dose de N, do sistema de irrigação e se esse sistema permite aplicar o N via água de irrigação. Ensaio conduzido por Suhet et al. (1986), com a cultura do milho, em solo argiloso, indicou que, para doses de até 120 kg/ha de N, pode ser feita a cobertura em uma única época. Nesse mesmo ensaio, houve ano em que o parcelamento da cobertura em duas doses de 100 kg/ha de N produziu 10 % mais grãos de milho que a cobertura feita em uma só vez.

Um exemplo de parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura para a cultura do milho é apresentado na Tabela 4. Dependendo da dose e do tipo de solo onde se aplica o N, sugere-se parcelamento em até três vezes no caso de solo arenoso e dose superior a 100 kg/ha. É possível parcelar em mais vezes, sem agregar custo adicional ao produtor, em sistemas irrigados, em que o N pode ser adicionado à água de irrigação. Nesse caso, não se deve aplicá-lo à cultura do milho após o período em que a planta apresenta 16 folhas desenvolvidas. De maneira geral, o N, em cobertura, deve ser aplicado antes do período de florescimento da cultura, pois mais de 50 % da quantidade total de N requerido pelas plantas é absorvida nesse período.

Quando a fonte de nitrogênio for a uréia, é importante que ela seja incorporada, pois, se for aplicada na superfície do solo ou de restos culturais, poderá ocorrer perda por volatilização. Tal perda poderá até não acontecer caso, logo após a aplicação, a água da chuva ou da irrigação conduzi-la para dentro do solo.

Um dos fatores mais importantes para a redução da quantidade de N aplicada ao solo é poder contar com o suprimento natural de N dele. A permanência desse suprimento será obtida com a manutenção do teor de

matéria orgânica do solo. Sistemas que possibilitem manter ou até aumentar o teor de matéria orgânica, como rotação de culturas, alternância de agricultura com pastagem, sistema de preparo mínimo do solo (principalmente nos solos arenosos), alta produtividade das culturas, retornando para o solo grandes quantidades de restos culturais e adubação verde, devem ser intensificados.

**Tabela 4.** Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho em função da textura do solo e da dose recomendada.

Textura	Dose de N	Folhas			
		4 a 6	7 a 8	8 a 10	10 a 12
		kg/ha ..... % .....			
Argilosa e média	60 a 100	0	100	0	0
	> 100	50	0	50	0
Arenosa	60 a 100	50	0	50	0
	> 100	40	0	40	20

Fonte: Adaptado de Rizzardi (1995).

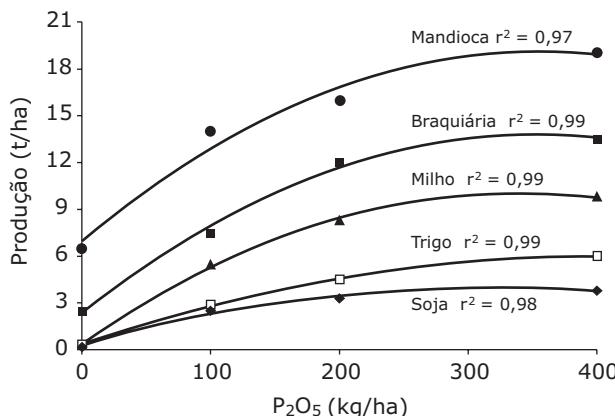
## Fósforo

A resposta à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de P no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da espécie e variedade vegetal cultivadas e das condições climáticas.

Na Figura 8, são apresentadas curvas de resposta a P para as culturas de milho, trigo e soja. Essas curvas foram obtidas em Latossolos argilosos e referem-se à resposta a fosfatos solúveis em água (superfosfatos), aplicados a lanço e incorporados no solo, em condições favoráveis de suprimento dos demais nutrientes. Quando não se adiciona P nesses solos, as produções são muito pequenas. Os maiores incrementos são observados com adubações de até 300 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Para espécies menos exigentes, como algumas forrageiras (*Brachiaria decumbens*, *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes guianensis*)

e mandioca, alguma produção é observada quando não se aplica fósforo, o que evidencia o comportamento diferente entre as espécies.



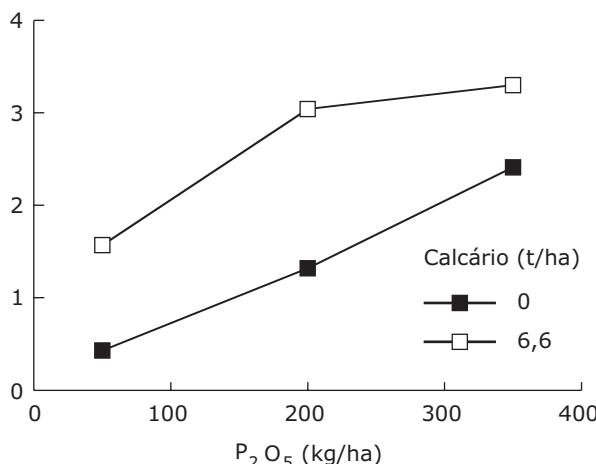
**Figura 8.** Respostas de algumas culturas à adubação fosfatada aplicada a lanço em um solo argiloso de Cerrado.

Fonte: Sousa e Lobato (2004b).

A correção da acidez é uma prática que contribui para aumentar a disponibilidade do P do solo e a eficiência dos fertilizantes fosfatados. Essa maior eficiência pode ser observada na Figura 9, em que, para a dose de 200 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na área sem calagem, a produtividade foi de 1,32 t/ha de grãos de soja, enquanto, com essa mesma dose, na área onde foi realizada a calagem, a produtividade da soja foi de 3,04 t/ha. Ademais, com a calagem, a produtividade obtida com a dose intermediária de P foi próxima daquela com a dose máxima, o que não ocorre na ausência de calagem.

Mesmo em sistemas que incluem espécies tolerantes à acidez, deve-se considerar o benefício, na economia do fósforo, da correção dessa acidez.

Quando se utilizam fosfatos naturais, os quais se beneficiam da acidez do solo para sua solubilização, observa-se decréscimo nessa solubilidade com a aplicação de calcário, principalmente, em quantidades acima da dose recomendada para se elevar a saturação por bases para 50 %.



**Figura 9.** Produtividade média de grãos de cinco variedades de soja em área com duas doses de calcário e com três doses de fósforo aplicadas a lanço, na forma de superfosfato simples, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

Fonte: Adaptado de Embrapa (1976).

Uma das alternativas para aumentar a eficiência de fertilizantes fosfatados é aplicá-los de modo adequado no solo. A escolha dessa prática dependerá do solo, da fonte de fósforo, da espécie a ser cultivada, do sistema de preparo e do clima. As formas mais utilizadas para adicionar o P ao solo são: a lanço, na superfície, com incorporação ou sem incorporação, no sulco de plantio, em cova e em faixas.

A distribuição a lanço e a incorporação proporcionam maior volume do solo com boas condições para a planta absorver fósforo, água e outros nutrientes. Para as culturas anuais, a aplicação de fertilizantes fosfatados a lanço e incorporado promove um sistema radicular mais volumoso. Essa forma de aplicação deve ser utilizada para doses de P superiores a 100 kg/ha de  $P_2O_5$  em solos com baixa disponibilidade de P.

Para doses inferiores a 100 kg/ha de  $P_2O_5$  a serem aplicadas para culturas anuais, recomenda-se a localização em sulcos, o que possibilitará melhor uso do P do fertilizante solúvel em água pelas plantas, além da praticidade da operação conjunta com a semeadura.

Há vantagens em combinar aplicação inicial a lanço com incorporação e adições anuais no sulco de plantio, obtendo-se bons rendimentos desde o primeiro cultivo. Em longo prazo, considerando o efeito residual acumulado de vários cultivos, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado parece não afetar o rendimento de culturas anuais.

Em pastagens perenes, a aplicação de fertilizantes para o estabelecimento é feita a lanço, seguida de incorporação. Entretanto, para doses pequenas, menores que 30 kg/ha de  $P_2O_5$  na forma de fertilizante solúvel em água, recomenda-se a aplicação em linha. Em pastagens já estabelecidas, é possível adicionar o fertilizante fosfatado em cobertura, sem incorporação. Os dados da Tabela 5 mostram a excelente resposta da *Brachiaria decumbens* à adubação anual, durante três anos, com 85 kg/ha de  $P_2O_5$  em cobertura, na forma de superfosfato simples.

**Tabela 5.** Produção acumulada de matéria seca de *Brachiaria decumbens*, em três anos, com a aplicação de superfosfato simples a lanço e incorporado ao solo e em cobertura.

Fósforo aplicado ( $P_2O_5$ )			Produção
A lanço no início	Em cobertura/ano	Total	acumulada
..... kg/ha .....			t/ha
0	0	0	5,2
85	0	85	12,8
335	0	335	34,1
1.338	0	1.338	40,8
0	85	255	29,3

Fonte: Adaptado de Yost et al. (1982).

### *Interpretação da análise de solo*

Para fazer uma recomendação criteriosa de adubação fosfatada que estabeleça alternativas econômicas de correção do solo, deve-se conhecer o plano de utilização da propriedade, incluindo a seqüência de culturas, o prazo de utilização das áreas e a expectativa de produção.

O histórico das áreas já incorporadas ao processo produtivo auxilia na recomendação. Informações sobre quantidades e tipos de insumos já aplicados, produtividades obtidas, preparo do solo, condições climáticas e tipo de solo, por exemplo, devem ser anotadas e arquivadas pelo produtor rural e consultadas quando houver necessidade de definir a adubação recomendada para as culturas.

A análise de solo é um dos instrumentos mais utilizados para a recomendação de adubação. Essa indicação baseia-se na relação existente entre os teores de nutrientes no solo e o rendimento das culturas, assim como na relação entre doses de P aplicadas e o rendimento em solos com diferentes teores de P. Tomando-se por base dados de experimentos de campo com diversas culturas, são estabelecidas as respectivas doses de maior retorno econômico.

*Com base no teor de argila e de P extraído  
pelo método Mehlich 1*

Na Tabela 6, apresenta-se a interpretação da análise química do solo amostrado na camada de 0 cm a 20 cm, para culturas anuais em sistema de sequeiro, quanto aos teores de P extraível pelo método Mehlich-1 (também denominado ácido duplo ou Carolina do Norte) e ao teor de argila. Os limites de classe estabelecidos para interpretação da análise de solo correspondem aos seguintes rendimentos potenciais: 0 % a 40 %; 41 % a 60 %; 61 % a 80 %; 81 % a 90 % e >90 % para o sistema de sequeiro, enquanto, para o irrigado, esses valores são 0 % a 60 %; 61 % a 80 %; 81 % a 90 %; 91 % a 100 % e >100 % (teor de P no solo acima do necessário para obtenção da máxima produtividade), interpretados como muito baixo, baixo, médio, adequado e alto, respectivamente. Observa-se, na Tabela 6, que a interpretação varia com os teores de argila, sendo os níveis críticos de P (níveis mínimos adequados), no sistema de sequeiro, iguais a 4; 8; 15 e 18 mg/dm<sup>3</sup> para os solos de textura muito argilosa, argilosa, média e arenosa, respectivamente. Ademais, tais níveis mostraram-se suficientes para a obtenção de 80 % do rendimento potencial na ausência de aplicação de P naquele ano agrícola.

**Tabela 6.** Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método Mehlich 1, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada em sistemas de sequeiro com culturas anuais.

Teor de argila	Teor de P no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
%	..... mg/dm <sup>3</sup> .....				
≤ 15	0 a 6,0	6,1 a 12,0	12,1 a 18,0	18,1 a 25,0	> 25,0
16 a 35	0 a 5,0	5,1 a 10,0	10,1 a 15,0	15,1 a 20,0	> 20,0
36 a 60	0 a 3,0	3,1 a 5,0	5,1 a 8,0	8,1 a 12,0	> 12,0
> 60	0 a 2,0	2,1 a 3,0	3,1 a 4,0	4,1 a 6,0	> 6,0

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987a).

Em sistemas irrigados, com culturas anuais, os níveis críticos de P são obtidos quando os teores desse elemento forem iguais a 6; 12; 20 e 25 mg/dm<sup>3</sup> para os solos de textura muito argilosa, argilosa, média e arenosa, respectivamente (Tabela 7), suficientes para obtenção de 90 % do rendimento potencial.

**Tabela 7.** Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método Mehlich 1, de acordo com o teor de argila para recomendação de adubação fosfatada, em sistemas irrigados com culturas anuais.

Teor de argila	Teor de P no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
%	..... mg/dm <sup>3</sup> .....				
≤ 15	0 a 12,0	12,1 a 18,0	18,1 a 25,0	25,1 a 40,0	> 40,0
16 a 35	0 a 10,0	10,1 a 15,0	15,1 a 20,0	20,1 a 35,0	> 35,0
36 a 60	0 a 5,0	5,1 a 8,0	8,1 a 12,0	12,1 a 18,0	> 18,0
> 60	0 a 3,0	3,1 a 4,0	4,1 a 6,0	6,1 a 9,0	> 9,0

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987a).

*Com base no P extraído por resina trocadora de íons*

A resina trocadora de íons é outro extrator para fósforo utilizado por alguns laboratórios da região do Cerrado. Nesse caso, a interpretação dos teores de P no solo é pouco influenciada pelo teor de argila, não havendo necessidade, portanto, de criar classes em razão dessa variável. A interpretação dessa análise, para sistema de sequeiro e para sistema irrigado, está apresentada na Tabela 8.

Independente do procedimento utilizado para interpretar o resultado da análise de P no solo, quando o teor de P estiver na faixa adequada, as expectativas de produção no sistema de sequeiro para as culturas de soja, feijão e milho são de no mínimo 3; 2,5 e 7 t/ha, respectivamente. Em sistemas irrigados, essas expectativas são de 4 t/ha para soja ou feijão, 5 t/ha para o trigo e 10 t/ha para a cultura do milho. Essas produções, nos dois sistemas, estão condicionadas à aplicação de calcário, à adubação de manutenção adequada com P e outros nutrientes e à ausência de outros fatores limitantes (climáticos, fitossanitários e invasores).

**Tabela 8.** Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método da resina trocadora de íons para recomendação de adubação fosfatada, em sistemas agrícolas de sequeiro e irrigado, com culturas anuais.

Sistema agrícola		Teor de P no solo				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
		..... mg/dm <sup>3</sup> .....				
Sequeiro	0 a 5	6 a 8	9 a 14	15 a 20	> 20	
Irrigado	0 a 8	9 a 14	15 a 20	21 a 35	> 35	

Fonte: Adaptado de Lins (1987); Sousa et al. (2004).

O método de amostragem de solo pode ser apontado como fator limitante na obtenção de amostra representativa de uma gleba e,

conseqüentemente, de dados de análise de solo confiáveis. Essa limitação pode ser acentuada em áreas que receberam adubos fosfatados em sulco, principalmente, durante os três primeiros cultivos, pois ainda ocorrem zonas com alta concentração de P e zonas só com o P nativo. Limitação semelhante observa-se no sistema de plantio direto, em que o P, aplicado na linha, não é redistribuído pelo preparo do solo. Nessas situações, o histórico da gleba poderá ter um valor muito grande para se interpretar corretamente o resultado da análise.

## *Recomendação de adubação*

### *Adubação corretiva para culturas anuais*

A adubação corretiva tem por objetivo transformar o solo de baixa fertilidade em solo fértil. Leva-se em conta, para definir o nível de fertilidade a ser alcançado, o grau de exigência em fósforo das culturas que se pretende cultivar na gleba a ser adubada. Assim, por exemplo, uma rotação de culturas que inclua soja, milho, feijão, trigo, algodão e outras exige nível de disponibilidade de fósforo mais elevado que um sistema em que se pretende implantar pastagem de *Brachiaria decumbens*, semeada com arroz de sequeiro; de tal forma que o investimento em fertilizante fosfatado para o primeiro sistema será maior do que para o segundo.

Duas opções são apresentadas para a adubação fosfatada corretiva: a correção do solo de uma só vez ou a correção gradativa. Estando o solo corrigido, com teor de P classificado como adequado, recomenda-se apenas a adubação de manutenção.

No caso da adubação corretiva de uma só vez, sugere-se aplicar a quantidade de fósforo necessária (Tabela 9) a lanço, incorporando-o à camada arável para proporcionar maior volume de solo corrigido, a fim de que mais raízes tenham condições de absorver o fósforo. Doses inferiores a 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , no entanto, devem ser aplicadas no sulco de semeadura, à semelhança da adubação corretiva gradual, descrita a seguir.

**Tabela 9.** Recomendação de adubação fosfatada corretiva de acordo com a disponibilidade de fósforo e com o teor de argila do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro e em sistemas irrigados.

Argila	Sistemas de sequeiro			Sistemas irrigados		
	Fósforo no solo <sup>(1)</sup>			Fósforo no solo <sup>(1)</sup>		
	Muito baixa	Baixa	Média	Muito baixa	Baixa	Média
%	..... kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....					
≤ 15	60	30	15	90	45	20
16 a 35	100	50	25	150	75	40
36 a 60	200	100	50	300	150	75
> 60	280	140	70	420	210	105

<sup>1</sup> Classe de disponibilidade de P no solo. Confira Tabelas 6, 7 e 8.

Fonte: Sousa et al. (2004).

Antes da implementação de sistemas irrigados, é imprescindível que seja feita a adubação fosfatada corretiva, pois, em decorrência dos elevados investimentos feitos no equipamento de irrigação, a fertilidade do solo não deve ser fator de restrição da produtividade.

Para se definir, com maior precisão, as quantidades de P como adubação corretiva, pode-se usar as fórmulas propostas na Tabela 10. Em termos médios, as recomendações de adubação fosfatada corretiva feitas utilizando-se das Tabelas 9 e 10 são semelhantes. Cálculos feitos para um grupo de 33 amostras de solo, utilizando-se da Tabela 9, e a fórmula proposta para o teor de argila da Tabela 10 para o sistema de sequeiro indicaram recomendações de P variando em ±50 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Essa situação pode ser explicada pela menor precisão das recomendações da Tabela 9, que utiliza valores médios da classe de teor de argila para o cálculo da quantidade de P a ser aplicada no solo.

Foi desenvolvida uma nova forma para cálculo da quantidade de fertilizante fosfatado a ser aplicado no solo, para adubação corretiva, com base na capacidade tampão de fósforo (SOUZA et al., 2006). Assim, para determinar a quantidade de fósforo para se atingir o nível adequado desse nutriente, utiliza-se a equação 1:

$$\text{Dose de fósforo (kg/ha de P}_2\text{O}_5\text{)} = \\ (\text{Teor desejado de P} - \text{Teor atual de P}) \times \text{CT}$$

Equação 1

em que o valor de CT é obtido na Tabela 11 para o P extraído por Mehlich 1 ou resina.

**Tabela 10.** Recomendação de adubação fosfatada corretiva de acordo com a disponibilidade de fósforo, calculada com o teor de argila ou o de P remanescente do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro e em sistemas irrigados.

Sistema agrícola	Variável	Disponibilidade de P no solo <sup>(1)</sup>		
		Muito baixa	Baixa	Média
		..... kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....		
Sequeiro	Teor de argila <sup>(2)</sup>	4 x argila	2 x argila	1 x argila
Irrigado	Teor de argila	6 x argila	3 x argila	1,5 x argila

<sup>1</sup> Classe de disponibilidade de P no solo. Confira Tabelas 6, 7 e 8.

<sup>2</sup> Teor de argila expresso em porcentagem.

Fonte: Sousa et al. (2004).

**Tabela 11.** Valores do fator CT (capacidade tampão de fósforo) a fim de estimar a dose do adubo fosfatado para correção do solo (equação 1), em função do teor de argila no solo, para os métodos de Mehlich 1 e resina.

Teor de argila	Capacidade tampão de fósforo	
	Mehlich 1	Resina
%	..... (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)/(mg/dm <sup>3</sup> de P) .....	
≤ 15	5	6
16 a 35	9	9
36 a 60	30	14
> 60	70	19

Fonte: Sousa et al. (2006).

À dose de P aplicada como adubação corretiva, quando a disponibilidade de P é adequada, segue-se a adubação de manutenção nas doses indicadas no item a seguir.

Conforme explicado no Capítulo 7, a adubação corretiva gradual (Tabela 12) pode ser utilizada quando não se tem o capital para fazer a correção do solo de uma só vez, situação freqüente para os solos argilosos e muito argilosos, que requerem doses muito elevadas de fósforo. Essa prática consiste em aplicar, no sulco de semeadura, uma quantidade de P superior à indicada para a adubação de manutenção, até atingir, após alguns anos, a disponibilidade de P desejada. Ao se aplicar as quantidades de adubos fosfatados sugeridas na Tabela 12, espera-se que, em um período máximo de cinco cultivos sucessivos, o solo apresente os teores de P no nível adequado para o sistema de sequeiro.

**Tabela 12.** Recomendação de adubação fosfatada corretiva gradual, em cinco anos, de acordo com a disponibilidade de fósforo e com o teor de argila do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro.

Argila	Disponibilidade de P no solo <sup>(1)</sup>		
	Muito baixa	Baixa	Média
%	..... kg/ha/ano ( $P_2O_5$ ) .....		
≤ 15 <sup>(2)</sup>	70	65	63
16 a 35	80	70	65
36 a 60	100	80	70
> 60	120	90	75

<sup>1</sup> Classe de disponibilidade de P no solo. Confira Tabelas 6, 7 e 8.

<sup>2</sup> Para essa classe textural, teor de (argila+silte) ≤ 15 %.

Fonte: Sousa et al. (2004).

Em outras palavras, a adubação corretiva gradual consiste em aplicar a quantidade de fósforo definida pelas Tabelas 9 ou 10 e pela equação 1, mas de modo parcelado, acrescentando, à adubação anual de manutenção, uma parcela da adubação corretiva total. Como exemplo, define-se como necessária a aplicação de 200 kg/ha de  $P_2O_5$  como

adubação corretiva. Essa quantidade poderá ser aplicada em cinco anos, acrescentando à adubação de manutenção (60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) os 40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> correspondentes a um quinto dos 200 kg. Portanto, adubando no sulco com 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> durante cinco anos, estaria sendo feita a adubação corretiva de 200 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de forma gradual. O agricultor pode definir, de acordo com sua disponibilidade de recursos, em quantos anos vai fazer esse investimento (adubação corretiva). Quanto mais rápido isso for feito, maior será o retorno econômico.

### *Adubação de manutenção*

A adubação de manutenção é indicada quando o nível de fósforo do solo for classificado como adequado ou alto (Tabelas 6, 7 e 8). As doses de P recomendadas para essas situações são apresentadas na Tabela 13.

A dose de manutenção no nível adequado de P é apresentada em um intervalo para atender a distintos potenciais produtivos das culturas nos diferentes sistemas. Assim, para a cultura da soja, no sistema de sequeiro, com nível de P adequado, 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> é suficiente para se produzir 3 t/ha de grãos. Já para a cultura do milho, a manutenção de 90 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> atende à expectativa de produtividade de 9 t/ha. Para produtividades maiores, a manutenção deve ser proporcionalmente aumentada.

**Tabela 13.** Recomendação de adubação de manutenção, de acordo com a classe de disponibilidade de fósforo no solo, para sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro e para sistemas irrigados.

Disponibilidade de fósforo no solo <sup>(1)</sup>	Sistema	
	Sequeiro	Irrigado
..... kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....		
Adequada	60 a 100	80 a 120
Alta	30 a 50	40 a 60

<sup>1</sup> Classe de disponibilidade de P. Confira Tabelas 6, 7 e 8.

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987a).

## *Efeito residual*

Os adubos fosfatados que são adicionados ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue à adubação, têm efeito residual nas culturas subseqüentes. Os decréscimos no efeito da adubação fosfatada, com o tempo, resultam da interação de vários fatores, tais como: tipo de solo, fonte, dose e método de aplicação do fertilizante fosfatado, sistema de preparo do solo e seqüência de cultivos.

De maneira geral, o valor residual de fertilizantes fosfatados solúveis em água (em relação ao efeito imediato no ano da aplicação) é de 60 %, 45 %, 35 %, 15 % e 5 %, respectivamente, após um, dois, três, quatro e cinco anos da aplicação do fertilizante ao solo (SOUZA et al., 1987b). Isso indica que, caso utilize a adubação corretiva de P, essa deve ser considerada como investimento e amortizada no período de cinco anos, nas proporções de 40 %, 25 %, 20 %, 10 % e 5 % após um, dois, três, quatro e cinco anos de aplicação do fertilizante fosfatado, respectivamente.

Quando a fonte de fósforo apresenta solubilidade muito baixa, como a dos fosfatos naturais brasileiros, seu desempenho melhora até o terceiro ano após sua aplicação no solo, decrescendo a partir desse período, isso se a área estiver sendo cultivada com preparo convencional (aração e gradagem). Em áreas sem preparo, a dissolução dessas fontes de fósforo para cultivos anuais é inferior, produzindo 50 % menos grãos que no preparo convencional.

Outra prática que resulta em aumento na recuperação do fósforo adicionado ao solo é uma rotação de culturas que conte em espécies de alta eficiência em extrair P. Um exemplo é a composição de sistemas de cultivos anuais com pastagens. Na Tabela 14, é apresentado o índice de recuperação do fósforo aplicado (quantidade total de P absorvida e exportada em relação à aplicada ao solo, descontando-se o P absorvido do solo sem adubação fosfatada), em uma área exclusivamente com culturas anuais por 17 anos. Nessas condições, obteve-se, em média, recuperação de 35 %, ao passo que, naquela em que se introduziu a pastagem, a média foi de 56 %, ou seja, 62 % a mais que no sistema composto só de culturas anuais.

**Tabela 14.** Fósforo recuperado em três opções de adubação fosfatada com superfosfato simples, em sistema de cultivos anuais e anuais integrado com *Brachiaria humidicola*, após um período de 17 anos.

A lanço	Fósforo aplicado ( $P_2O_5$ )			Fósforo	
	No sulco ou em cobertura	Total		Recuperado	
		Anuais	Anuais e capim	Anuais	Anuais e capim
..... kg/ha .....					..... % .....
200	0	200	200	37	67
200	50	1.050	750	39	57
200	100	1.900	1.300	28	43

<sup>1</sup>A área foi cultivada por dez anos com soja em seguida de um plantio com milho e de três ciclos da seqüência milho-soja.

<sup>2</sup>A área foi cultivada por dois anos com soja em seguida de nove anos com *Brachiaria humidicola*, de mais dois anos com soja e de dois ciclos da seqüência milho-soja. No período em que a área esteve com braquiária, foram feitas apenas três adubações em cobertura nos três primeiros anos.

Fonte: Adaptado de Sousa et al., 1997.

## Potássio

Os solos de Cerrado, geralmente, são muito pobres em potássio e seu suprimento às plantas deve ser feito por meio da adubação potássica.

O uso da adubação corretiva de potássio é indicado quando o teor desse elemento no solo (camada de 0 cm a 20 cm), extraído pelo método de Mehlich 1, for inferior a 50 e 30 mg/dm<sup>3</sup>, para solos com CTC maior que 4 cmol./dm<sup>3</sup> e menor 4 cmol./dm<sup>3</sup>, respectivamente (Tabela 15). A quantidade de potássio a ser aplicada no solo pode ser determinada com a fórmula:

$$\text{Dose de K (kg/ha de K}_2\text{O)} = \\ (\text{teor de K desejado} - \text{teor de K atual}) \times 2,4$$

em que o teor de K desejado e o atual são expressos em mg/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 15.** Interpretação da análise de solo do Cerrado, da camada de 0 cm a 20 cm, para K extraído pelo extrator de Mehlich 1.

Interpretação	Teor de K no solo (mg/dm <sup>3</sup> )
Solos com CTC a pH 7 menor que 4 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	
Baixo	< 15
Médio	16 a 30
Adequado	31 a 40
Alto	> 40
Solos com CTC a pH 7 igual ou maior que 4 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	
Baixo	< 25
Médio	26 a 50
Adequado	51 a 80
Alto	> 80

Para expressar o teor de potássio em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, basta multiplicar o valor em mg/dm<sup>3</sup> por 0,00256.

Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato, 1996.

A adubação de manutenção deve ser feita com base na expectativa de produção. Assim, para se produzirem 50 sacas de soja por hectare ou 100 sacas de milho por hectare, devem ser adicionados 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O.

A aplicação de adubos potássicos (cloreto de potássio) em quantidades superiores a 60 kg K<sub>2</sub>O/ha nos solos de Cerrado deve ser feita preferencialmente a lanço, pois esses solos apresentam baixa capacidade de retenção de potássio. A alta concentração do adubo, provocada por quantidades maiores (acima de 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O), distribuídas em pequenos volumes de solo, no sulco de semeadura, favorece a perda por lixiviação, além do risco de salinidade.

Para solos com capacidade de troca de cátions (CTC) menor que 4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, o modo de aplicação da adubação potássica mais recomendado é o parcelamento, colocando-se 50 % da dose no plantio e os outros 50 % em cobertura que, no caso do milho, pode ser junto com o primeiro parcelamento de nitrogênio, e, para a soja, mais ou menos 30 dias após a emergência. Como alternativa ao parcelamento da

adubação potássica, tem-se a aplicação a lanço antes da semeadura da cultura.

Em decorrência do aumento da matéria orgânica do solo com o plantio direto, a capacidade de troca de cátions (CTC) também aumenta e, com isso, reduz-se a chance de perdas por lixiviação do potássio, o qual tenderá a acumular-se mais na superfície do solo.

## Enxofre

O enxofre, embora usado pelas plantas em quantidades inferiores às dos macronutrientes (N, P e K), é essencial para obtenção de boas produtividades. Quando o teor desse elemento no solo (teor médio das camadas de 0 cm a 20 cm e de 20 cm a 40 cm) for menor que 5 mg/dm<sup>3</sup>, deve-se aplicar de 20 a 30 kg/ha de S. Já quando esse teor for igual ou maior que 10 mg/dm<sup>3</sup> (Tabela 16), o uso de S pode ser dispensado.

**Tabela 16.** Interpretação da análise de enxofre em solos do Cerrado, considerando-se a média aritmética dos teores nas profundidades de 0 cm a 20 cm e de 20 cm a 40 cm.

Interpretação	S <sup>(1)</sup>
	mg/dm <sup>3</sup>
Baixo	≤ 4
Médio	5 a 9
Alto	≥ 10

<sup>1</sup> Extraído com  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  0,01 mol/L em água (relação solo:solução extratora de 1:2,5).

$$S = (\text{teor na camada de 0 cm a 20 cm} + \text{teor na camada de 20 cm a 40 cm})/2.$$

Fonte: Rein e Sousa (2004).

## Micronutrientes

Os micronutrientes, embora essenciais às culturas, são usados em quantidades muito pequenas. Entre eles, o zinco, o cobre, o boro e o

molibdênio têm se mostrado deficientes nos solos de Cerrado. Em função dos cultivos sucessivos, pode surgir também a deficiência de manganês.

A aplicação de micronutrientes no sulco de semeadura junto com o fertilizante deverá ser a maneira utilizada no sistema de plantio direto. Quando colocados na superfície do solo, zinco, cobre e manganês poderão ter suas eficiências prejudicadas, principalmente, em áreas onde o calcário foi recém-aplicado, com o pH muito alto nos cinco primeiros centímetros. Outros fatores importantes são a solubilidade das fontes e o teor de matéria orgânica do solo, que podem afetar a disponibilidade dos micronutrientes se aplicados a lanço. A aplicação via foliar também pode ser, eventualmente, utilizada no sistema de plantio direto.

Para definir a necessidade de adubação com micronutrientes, a análise de solo (Tabela 17) e, especialmente, a de folhas são muito úteis.

**Tabela 17.** Interpretação da análise de solo do Cerrado, da camada de 0 cm a 20 cm, a pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> 6 para B, Cu, Mn e Zn.

Interpretação	B <sup>(1)</sup>	Cu <sup>(2)</sup>	Mn <sup>(2)</sup>	Zn <sup>(2)</sup>
..... mg/dm <sup>3</sup> .....				
Baixo	< 0,2	< 0,4	< 2,0	< 1,0
Médio	0,2 a 0,5	0,4 a 0,8	2,0 a 5,0	1,1 a 1,6
Alto	> 0,5	> 0,8	> 5,0	> 1,6

<sup>1</sup> Extraído com água quente.

<sup>2</sup> Extraído com extrator Mehlich 1.

Fonte: Galrão (2004).

Recomenda-se, quando o teor dos micronutrientes for baixo, a aplicação a lanço de 4 a 6 kg/ha de Zn; 0,5 a 2 kg/ha de B; 0,5 a 2 kg/ha de Cu; 2 a 6 kg/ha de Mn. Os micronutrientes também podem ser aplicados via semente ou via foliar. As dosagens e os detalhes dessas recomendações podem ser encontrados em Galrão (2004).

## Considerações finais

Faz-se importante internalizar que existe forte sinergismo entre as fases de produção de grãos e de pecuária, e que essa relação deve ser explorada para aumentar a viabilidade econômica do sistema de produção, haja vista que tal ação não compromete sua sustentabilidade. Usufruir, na fase de pecuária, do residual das adubações praticadas nas lavouras – ou valer-se, na fase de lavoura, dentre outros, da melhoria na qualidade do solo resultante da fase de pastagem – não pode ser comparado, por exemplo, ao “extrativismo” praticado nos sistemas extensivos de pecuária. Essas são estratégias que fazem parte do sistema de produção e que, quando analisadas em intervalos temporais adequados, não representam risco. Portanto, deve-se considerar que “parte dos investimentos realizados na fase de produção de grãos será apenas utilizada na fase de pecuária e vice-versa”.

Ressalta-se que o aumento da produtividade do “recurso terra” também é interessante pelo prisma ambiental, uma vez que é uma alternativa para reduzir a pressão à abertura de novas áreas de vegetação nativa, além de contribuir para a melhoria da qualidade do solo e de minimizar eventuais impactos sobre o ciclo hidrológico e sobre a emissão de gases causadores do efeito estufa.

Felizmente, a proposta de se evitar o avanço da pecuária e das lavouras de grãos em áreas de vegetação nativa pela adoção de tecnologias capazes de garantir a sustentabilidade dos sistemas pastoris, como a integração lavoura-pecuária, tem sido bem recebida por ecologistas e por agentes ligados à conservação da biodiversidade. Em parte, tal fato reflete o alívio desses atores pela divulgação e pelo estímulo à adoção de práticas que assegurem a proteção do Cerrado (e da Amazônia), bem como a crescente percepção desses agentes da necessidade de considerar que as estratégias conservacionistas precisam contemplar o desenvolvimento econômico da região.

Dessa maneira, fica claro que a atenção dada aos sistemas integrados de lavoura e pecuária, em especial, nos últimos anos, é justificada pela constatação dos benefícios agronômicos, econômicos,

ambientais e sociais dessa integração. Pelo prisma econômico, incluam-se: o aumento na produtividade das culturas e da pastagem, o uso mais racional de insumos, de máquinas e de mão-de-obra, a melhora no fluxo de caixa, o aumento da liquidez e a redução do risco do negócio.

Por fim, deve-se considerar que a integração lavoura-pecuária, embora seja uma excelente tecnologia, não é solução mágica. A integração demanda recursos para investimento e custeio, capacitação técnica e maior capacidade gerencial para a adequada condução do sistema de produção. Falhas em qualquer um desses quesitos, obviamente, colocam em risco o sucesso da tecnologia. Todavia, a quebra de paradigmas em relação à integração lavoura-pecuária é um grande desafio para os diferentes agentes ligados ao setor agropecuário.

## Referências

- COCHRANE, T. T.; AZEVEDO, L. G. As savanas do trópico sul-americano: uma visão geral dos seus recursos de clima e solo para desenvolvimento agrotecnológico baseado no inventário computadorizado de sistema de terra do CIAT/Embrapa. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília, DF. **Savanas**: alimento e energia. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. p. 773-801.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1975-1976**. Planaltina, DF, 1976. 150 p.
- GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 185-226.
- GUERRA, A. F.; IORA, C. J. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada em algodão herbáceo no Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1999. p. 496-499.
- GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para a cevada de seis fileiras na região do Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 18., 1998, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1998. p. 365-371.
- GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da; RODRIGUES, G. C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1229-1236, 2000.

LINS, I. D. **Improvement of soil test interpretations for phosphorus and zinc.** 1987. 317 p. Tese (Doutorado) - North Carolina State University, Raleigh.

MIRANDA, L. N. de. Resposta da sucessão soja-trigo a doses e modo de aplicação de calcário em solo glei pouco húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 75-82, 1993.

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. de. Adubação com enxofre. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 227-244.

RIZZARDI, M. Manejo de nitrogênio em milho. **Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 26-29, maio 1995. Edição especial.

SILVA, D. B. da. Efeito do nitrogênio aplicado em cobertura sobre o trigo irrigado numa sucessão soja-trigo, na região dos Cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1985-1987.** Planaltina, DF, 1991. p. 56-59.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D. M. G de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004a. p. 81-96.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: **SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA**, 2003, São Pedro, SP. **Anais...** Piracicaba: POTAPOS, 2004b. p.157-200.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. 30 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 33).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos dos Cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1995. 20 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 32).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 147-168.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Recomendação de adubação fosfatada com base na capacidade tampão de fósforo para a região do Cerrado. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 27., 2006, Bonito, MS. **Anais...** Bonito: SBCS, 2006. 1 CD-ROM.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; RITCHEY, K. D.; REIN, T. A. Resposta de culturas anuais e leucena a gesso no Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESEN NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. **[Anais]**. São Paulo: IBRAFOS, 1992. p. 277-306.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E. **Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1987a. 7 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 51).

SOUSA, D. M. G. de; SCOLARI, D. D. G. **Correção de acidez em solos da região dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. 30 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 33).

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um Latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

SOUSA, D. M. G. de; VOLKWEISS, S. J.; CASTRO, L. H. R. **Efeito residual do superfosfato triplo em função da granulação e dose e do sistema de preparo do solo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1987b. 5 p. (Embrapa-CPAC. Pesquisa em Andamento, 21).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Calagem avaliada em plantio direto num Latossolo de Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro, RJ. **Fertbio**: agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado. Rio de Janeiro: Fertbio, 2002. 1 CD-ROM.

SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; VARGAS, M. A. T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. [Planaltina, DF]: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p.167-202.

YOST, R. S.; NADERMAN, G. C.; KAMPRATH, E. J.; LOBATO, E. Availability of rock phosphate as measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 462-468, 1982.



*Cerrados*

*Apoio*

**Honeywell**



CGPE - 6422

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

