

Calagem em Pastagens Cultivadas na Amazônia



ISSN 0104-9046

Junho, 2010

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

Documentos 118

Calagem em Pastagens Cultivadas na Amazônia

Carlos Mauricio Soares de Andrade

Embrapa Acre
Rio Branco, AC
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre

Rodovia BR 364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho
Caixa Postal 321
CEP 69908-970 Rio Branco, AC
Fone: (68) 3212-3200
Fax: (68) 3212-3285
<http://www.cpafac.embrapa.br>
sac@cpafac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Maria de Jesus Barbosa Cavalcante*

Secretária-Executiva: *Suely Moreira de Melo*

Membros: *Andréa Raposo, Aurenny Maria Pereira Lunz, Elias Melo de Miranda, Falberni de Souza Costa, Givanildo Roncatto, Jacson Rondinelli da Silva Negreiros, Paulo Guilherme Salvador Wadt, Tadário Kamel de Oliveira, Uilson Fernando Matter, Virginia de Souza Álvares*

Supervisão editorial: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Revisão de texto: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica: *Luiza de Marillac Pompeu Braga Gonçalves / Riquelma de Sousa de Jesus*

Tratamento de ilustrações: *Rafaella Magalhães dos Santos*

Editoração eletrônica: *Rafaella Magalhães dos Santos*

Fotos da capa: *Carlos Mauricio Soares de Andrade*

1ª edição

1ª impressão (2010): 300 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 Acre**

A553c Andrade, Carlos Mauricio Soares de.
Calagem em pastagens cultivadas na Amazônia /
Carlos Mauricio Soares de Andrade. – Rio Branco, AC:
Embrapa Acre, 2010.
29 p. (Documentos / Embrapa Acre, ISSN 0104-9046;
118).

1. Pastagem – Amazônia – Brasil. 2. Pastagem –
Calagem. I. Título. II. Série.

CDD 631.80981

©Embrapa 2010

Autor

Carlos Mauricio Soares de Andrade

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Zootecnia, pesquisador da Embrapa
Acre, Rio Branco, AC, mauricio@cpafac.embrapa.br

Apresentação

A sustentabilidade da atividade pecuária na região Amazônica tem sido alvo de intensos debates nas duas últimas décadas. A evolução tecnológica ocorrida ao longo dos últimos 40 anos é inegável e os ganhos de produtividade permitiram evitar a incorporação de 147,5 milhões de hectares dos biomas Cerrado e Amazônia aos sistemas de produção pecuários da Amazônia Legal. Apesar disso, é consenso que o nível tecnológico da atividade ainda necessita avançar muito.

O uso de corretivos e fertilizantes em pastagens é certamente uma das tecnologias que menos evoluiu na atividade pecuária praticada na região Amazônica. Um dos fatores que mais contribui para essa situação é que a região apresenta a relação de preços entre insumos e produtos da pecuária mais desfavorável do Brasil. Isso significa que as recomendações de calcário e fertilizantes para pastagens nessa região devem ser ainda mais precisas do que no restante do País, sob pena de causar prejuízos aos pecuaristas.

Esta publicação representa uma importante contribuição da Embrapa Acre para o uso correto de calcário em pastagens cultivadas na região Amazônica. As informações apresentadas nesta obra deverão servir como guia para que os agrônomos e demais profissionais da extensão rural possam melhor orientar os pecuaristas sobre o uso dessa tecnologia.

Judson Ferreira Valentim
Chefe-Geral da Embrapa Acre

Sumário

Introdução.....	9
O processo de formação de pastagens na Amazônia	10
Estudos de resposta de forrageiras à calagem	15
Recomendação de calagem para pastagem	19
Considerações finais	25
Referências	26

Calagem em Pastagens Cultivadas na Amazônia

Carlos Mauricio Soares de Andrade

Introdução

A manutenção da capacidade produtiva de pastagens cultivadas na Amazônia tem sido um dos principais desafios das instituições de pesquisa que atuam na região, em face do elevado grau de degradação apresentado por essas pastagens (DIAS-FILHO; ANDRADE, 2006). Entretanto, apesar do papel relevante da fertilidade do solo para manter e recuperar essas pastagens, o uso de corretivos e fertilizantes ainda é muito baixo na região. O fator econômico é um dos principais responsáveis por isso, visto que o preço desses insumos na região é mais alto do que no Centro-Sul do Brasil ao passo que os preços dos produtos da pecuária (carne e leite) são mais baixos. Outro fator que tem desestimulado pecuaristas a utilizarem esses insumos em pastagens na região são as recomendações de doses elevadas que, em alguns casos, vêm produzindo resultados insatisfatórios em termos de aumento da produção das pastagens.

A calagem é uma prática agronômica muito utilizada na agricultura brasileira, devido à elevada acidez da maioria dos solos tropicais. Entretanto, o seu uso em pastagens tropicais ainda causa muita

controvérsia (CANTARUTTI et al., 2004; MACEDO, 2004). Após revisarem a literatura sobre a prática da calagem em pastagens cultivadas na Amazônia, Veiga e Falesi (1986) concluíram que a aplicação de calcário como corretivo do solo em pastagens era prática desnecessária, e que as respostas observadas, em alguns casos, a níveis baixos de calcário dolomítico, poderiam ser explicadas pelo atendimento das exigências das plantas em cálcio e magnésio. Embora essa revisão tenha sido feita há mais de 20 anos, as conclusões dos autores parecem estar em perfeita consonância com os resultados de pesquisas mais recentes realizadas tanto na Amazônia quanto em outras localidades do Brasil.

O presente trabalho tem como objetivo discutir as recomendações de calagem para pastagens cultivadas, com ênfase nas condições da região Amazônica. Para isso, será inicialmente analisado o processo tradicional de formação de pastagens na Amazônia e suas consequências para a fertilidade do solo. Em seguida, será revisada a literatura sobre a resposta de plantas forrageiras à calagem na Amazônia e em outras regiões do Brasil, e por fim será feita uma comparação das principais recomendações de calagem para pastagens existentes no Brasil e sua aplicação prática no Estado do Acre.

O processo de formação de pastagens na Amazônia

A conversão de florestas primárias em pastagens cultivadas na Amazônia ainda é realizada com uso do processo tradicional, que envolve a broca (corte da vegetação fina) e derrubada das árvores de grande porte com uso de motosserra, seguido da secagem e queima da biomassa vegetal visando à limpeza da área para o plantio, podendo ou não haver retirada seletiva das árvores de valor comercial. O semeio das forrageiras geralmente ocorre 1 mês após a queima da biomassa, sendo realizado manualmente ou com uso de avião agrícola. Na agricultura familiar, predomina o sistema em que a floresta é convertida inicialmente em roçados e, após um ou mais anos de cultivo, procede-se à formação da pastagem com semeio manual das forrageiras depois

da colheita da lavoura. Sánchez e Salinas (1981) e Serrão (1986) analisaram diversos estudos realizados no Trópico Úmido da América Latina comparando o método tradicional com processos mecanizados de preparo de área, envolvendo o uso de tratores de esteira de grande potência. Os autores concluíram que o tradicional é melhor do que os processos mecanizados para o futuro uso da área com fins agropecuários. Embora ambos proporcionem perdas de nutrientes e outras alterações ambientais, o processo tradicional é superior devido à importância da incorporação das cinzas ao solo e, principalmente, aos problemas de compactação e da remoção da camada superficial do solo, comuns nos processos mecanizados.

Os ecossistemas naturais de florestas nos trópicos úmidos são caracterizados por apresentarem grandes quantidades de carbono e nutrientes armazenados na vegetação (Tabela 1), geralmente representando uma significativa proporção do estoque de nutrientes do ecossistema, principalmente em solos de menor fertilidade (JUO; MANU, 1996; KAUFFMAN et al., 1995).

O destino dos nutrientes contidos na biomassa florestal, após o processo de derrubada e queima da vegetação, já está relativamente bem caracterizado. Os estudos mostram que, inicialmente, parte dos nutrientes permanece armazenada na biomassa aérea não consumida pelo fogo (principalmente troncos e galhos grossos), que normalmente representa de 42% a 65% da biomassa aérea total da floresta primária. Esses nutrientes são posteriormente liberados de forma lenta, a partir da decomposição natural da biomassa, ou rapidamente, no caso da área ser submetida a novas queimadas (KAUFFMAN et al., 1995; GRAÇA et al., 1999; FEARNSSIDE et al., 1999; SAMPAIO et al., 2003).

Com relação aos nutrientes contidos na biomassa aérea efetivamente consumida pela queima da vegetação original, os estudos mostram que parte deles é transferida para a atmosfera na forma gasosa (volatilização) ou de partículas, e a outra parte é depositada sobre o solo na forma de cinzas e carvão. Já o estoque de nutrientes contido na biomassa de raízes da vegetação florestal, que geralmente

representa um quarto da biomassa total, é liberado ao solo a partir da decomposição dessa biomassa (JUO; MANU, 1996; KAUFFMAN et al., 1995; 1998; FEARNSTIDE et al., 1999).

As perdas resultantes das transformações dos nutrientes contidos na biomassa aérea efetivamente queimada são significativas, principalmente para os nutrientes com menor temperatura de volatilização, como nitrogênio e enxofre. Em estudo realizado em florestas primárias do Pará e de Rondônia, as perdas de nutrientes para a atmosfera, resultantes da queima, representaram, em média, 50% do C, 60% do N, 43% do S, 17% do P e 7% do Ca e do K contidos na biomassa aérea (KAUFFMAN et al., 1995). Perdas ainda maiores foram registradas por Sampaio et al. (2003), em uma floresta aberta em Rondônia (Tabela 1). As perdas de P, K, Ca e Mg estão associadas, principalmente, ao movimento de partículas durante a queimada e à lixiviação e escoamento superficial após as primeiras chuvas com o solo desprotegido. Depois da queimada, uma pequena parte dos nutrientes lançados à atmosfera acaba retornando ao solo pela ação da gravidade ou das chuvas. No estudo de Sampaio et al. (2003), as primeiras dez chuvas devolveram ao sistema quase 6% do Ca, 8% do Mg e 11% do K transferidos com o fogo para a atmosfera.

Tabela 1. Alterações na biomassa e perdas de nutrientes para a atmosfera após a queima de floresta tropical aberta em Rondônia.

	Biomassa	N	P	K	Ca	Mg	S
	-- t/ha --	----- kg/ha -----					
Antes da queima	339,1	2.647,1	52,0	659,2	1.343,9	331,8	342,8
Depois da queima	216,0	691,1	43,2	448,3	1.062,3	175,3	158,6
Perdas	123,1	1.955,9	8,9	210,9	281,6	156,5	184,2
% de perdas	36,3	73,9	17,1	32,0	21,0	47,2	53,7

Fonte: Adaptado de Sampaio et al. (2003).

Apesar das perdas significativas de nutrientes durante a conversão de florestas primárias em pastagens, grande quantidade de nutrientes (principalmente cátions) permanece na área e é incorporada ao solo, geralmente produzindo alterações significativas nas suas propriedades químicas. Um dos estudos pioneiros, demonstrando as transformações químicas que ocorrem no solo após a conversão de florestas primárias em pastagens na região Amazônica, foi realizado por Falesi (1976). Nesse estudo (Tabela 2) e em diversos outros realizados posteriormente (MORAES et al., 1996; McGRATH et al., 2001; FERNANDES et al., 2002; MÜLLER et al., 2004), ficou demonstrado que a incorporação dos nutrientes contidos nas cinzas resultantes da queima da biomassa florestal proporciona aumento considerável do pH, das bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e dos teores de P disponível (fósforo inorgânico facilmente extraível) no solo. Além disso, o alumínio trocável do solo é praticamente neutralizado, a saturação por alumínio reduzida e a saturação por bases elevada.

A redução da acidez do solo decorre da liberação de nutrientes minerais na forma de óxidos e carbonatos, os quais possuem reação alcalina (VIRO, 1974, citado por MÜLLER et al., 2004). O aumento dos teores de P disponível no solo, imediatamente após a conversão de florestas em pastagens, também tem sido atribuído ao efeito indireto do aumento do pH do solo, que estimularia a mineralização (mediada por microrganismos) de fontes orgânicas de P e diminuiria a capacidade de adsorção de P do solo via redução da solubilidade de Al^{3+} e Fe^{3+} (SANCHEZ, 1976).

A melhoria das propriedades químicas do solo favorece o crescimento das gramíneas semeadas durante a formação das pastagens na região (Figura 1), sendo essa a razão pela qual a calagem nessa etapa torna-se dispensável (VEIGA; FALESI, 1986).

Tabela 2. Características físico-químicas de solos (0 cm-20 cm) sob floresta natural e após a formação de pastagens em diversas localidades da região Amazônica.

Ecossistema	Argila	MO	N	pH	Ca	Mg	V	m	P	K
	----- %	----- %	----- %	--	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	-- %	--	mg/dm ³	mg/dm ³
Latossolo Vermelho (Barra do Garça, MT)										
Floresta	23	1,95	0,09	4,3	0,31	0,14	8	62	2,3	31
Pastagem em formação	11	1,37	0,07	5,8	1,70	0,63	50	4	8,6	74
Pastagem 1 ano	11	0,99	0,07	6,8	2,81	0,53	81	4	4,8	78
Argissolo Vermelho-Amarelo (Paragominas, PA)										
Floresta	10	1,17	0,05	4,2	0,19	0,11	9	70	3,0	20
Pastagem em formação	9	1,04	0,06	7,1	2,65	0,40	83	0	18,2	27
Pastagem 1 ano	7	1,04	0,05	6,7	1,95	0,36	74	0	9,3	70
Latossolo Amarelo (Paragominas, PA)										
Floresta	65	2,79	0,16	4,4	1,09	0,38	16	53	1,0	24
Pastagem em formação	48	2,04	0,09	6,5	6,70	0,83	76	0	10,0	31
Pastagem 3 anos	60	3,09	0,18	6,9	6,76	1,04	85	0	10,7	117

Fonte: Adaptado de Falesi (1976).



Figura 1. Pastagem em formação pelo processo tradicional no Acre, 90 dias após o semeio das forrageiras.

Estudos de resposta de forrageiras à calagem

As pesquisas sobre o uso de calcário em pastagens no Brasil têm sido abundantes desde a década de 1970, sendo a maioria dos estudos feita em vasos (VILELA et al., 2007). Uma característica marcante desses estudos, especialmente aqueles conduzidos a campo, tem sido a resposta pouco expressiva das forrageiras à aplicação de calcário.

Luz et al. (2002) avaliaram o efeito da calagem na recuperação de pastagem de *Panicum maximum* cv. Tobiata em processo de degradação, implantada em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, no Estado de São Paulo (Bioma Cerrado). Os atributos químicos do solo (pH em CaCl_2 , 4,1; Ca^{2+} , 0,9 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; Mg^{2+} , 0,3 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; saturação por bases, 15%; e por alumínio, 39%) evidenciavam a necessidade de aplicação de corretivo, uma vez que essa cultivar de *P. maximum* é considerada exigente em fertilidade do solo (WERNER et al., 1996; ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999; VILELA et al., 1999). Entretanto, os autores verificaram que a gramínea não respondeu à aplicação de calcário para elevar a saturação por bases para 40% ou 60% (Tabela 3). Resultado semelhante foi obtido em trabalho pioneiro de Werner et al. (1979), no qual uma pastagem de capim-colonião, gramínea também considerada exigente em fertilidade do solo, não respondeu à aplicação de 1.200 kg/ha e 3.375 kg/ha de calcário dolomítico (solo com pH em água 4,6), embora tenha ocorrido elevação do pH e dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e redução do teor de Al^{3+} do solo com a calagem.

Na região Centro-Oeste, em ecossistema de Cerrado, Sanzonowicz et al. (1987) estudaram durante 10 anos o efeito residual da calagem em uma pastagem de *B. decumbens* estabelecida em Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa, com saturação de alumínio inicial igual a 70%. A aplicação de calcário (0 t/ha; 3 t/ha; 4,5 t/ha) não afetou a produção de matéria seca da gramínea, tanto aos 3 meses após a formação da pastagem, quanto nos demais anos agrícolas em que a

pastagem foi avaliada. A exceção ocorreu no terceiro ano agrícola, quando os autores verificaram deficiência de magnésio nas parcelas que não receberam calcário na ocasião do estabelecimento. A aplicação de 50 kg/ha de Mg (MgSO_4) em todas as parcelas fez com que não mais se observasse resposta positiva ao calcário.

Tabela 3. Resposta de *Panicum maximum* cv. Tobiata a doses de calcário aplicadas em pastagem estabelecida em Latossolo Vermelho, textura argilosa, em Pirassununga, SP.

Doses de calcário (t/ha)	Saturação por bases (%)	Massa seca (kg/ha)*	
		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

*Massa seca acumulada em cinco cortes (novembro a junho). Quantidade de nutrientes aplicados: 340 kg/ha de N, 120 kg/ha de P_2O_5 , 240 kg/ha de K_2O .

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

Em Itabela, sul da Bahia, em ecossistema de Mata Atlântica, Cantarutti (1990) avaliou o efeito de cinco doses de calcário (0 kg/ha a 3.500 kg/ha) para o estabelecimento de *Brachiaria decumbens* e *Pueraria phaseoloides* em um Argissolo arenoso, de baixa fertilidade (Ca^{2+} , 0,9 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; Mg^{2+} , 0,3 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; saturação por bases, 14,6%; e por alumínio, 23,1%). Não houve resposta de nenhuma das forrageiras às doses de calcário utilizadas, apesar da baixa saturação por bases do solo. O autor considerou que o cálcio contido no superfosfato triplo aplicado (87 kg/ha de CaO) poderia ter suprido as exigências das forrageiras com relação a esse nutriente.

Na região Amazônica, estudos sobre o uso de calagem em pastagem foram conduzidos principalmente em Rondônia e no Pará, nas décadas de 1980 e 1990. Em um desses estudos, Costa et al. (1989) avaliaram a resposta da *Brachiaria humidicola* a doses crescentes de calcário (0 kg/ha a 1.200 kg/ha) e fósforo (0 kg/ha a 100 kg/ha de P_2O_5)

durante o estabelecimento de pastagens em Latossolo Amarelo, textura argilosa, fase cascalhenta (pH, 4,6; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, $0,85 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; Al^{3+} , $2,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), em Ariquemes, RO (Bioma Amazônia), e em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa (pH, 4,2; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, $1,3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; Al^{3+} , $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), em Vilhena, RO (Bioma Cerrado). As produções máximas estimadas para a *B. humidicola* nesses experimentos (Figura 2) foram obtidas com as doses de calcário de 1.000 kg/ha (Ariquemes) e 1.200 kg/ha (Vilhena). Entretanto, com apenas 400 kg/ha de calcário em Ariquemes e 700 kg/ha em Vilhena, obtiveram-se 90% desse rendimento estimado. Resultados semelhantes haviam sido obtidos por Gonçalves et al. (1984), também em Rondônia, ao testarem doses crescentes de calcário dolomítico (0 t/ha a 18 t/ha) no crescimento da *Brachiaria humidicola*. Em Porto Velho (Latossolo Amarelo, Bioma Amazônia), a produção de forragem não foi incrementada além da dose de 600 kg/ha de calcário, enquanto em Presidente Médici (Argissolo Vermelho-Amarelo, Bioma Amazônia) a produção máxima foi alcançada com a dose de 400 kg/ha de calcário. Em Vilhena (Latossolo Amarelo, Bioma Cerrado) não foi obtida resposta à calagem.

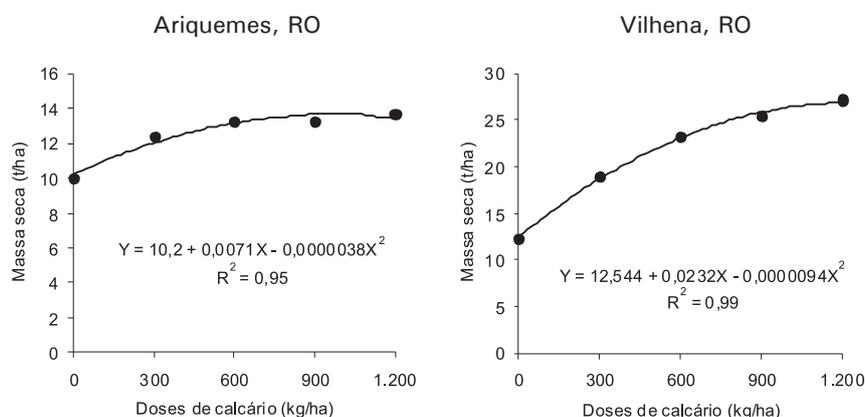


Figura 2. Resposta de *Brachiaria humidicola* a doses crescentes de calcário aplicadas durante a formação de pastagem em Ariquemes e em Vilhena, RO*.

*Massa seca acumulada em seis cortes (Ariquemes) e sete cortes (Vilhena). Média de cinco doses combinadas de fósforo.

Fonte: Adaptado de Costa et al. (1989).

Guimarães (2000) estudou em casa de vegetação a resposta à calagem das gramíneas *Brachiaria humidicola*, *B. mutica* (capim-angola), *Echinochloa pyramidalis* (canarana-ereta-lisa) e *E. polystachya* (canarana-verdadeira), em dois solos da Ilha de Marajó, no Pará, cujas características originais são descritas na Tabela 4. Foi demonstrado que o benefício da calagem esteve estreitamente relacionado ao fornecimento de cálcio e em menor grau ao de magnésio, uma vez que em todas as ocasiões nas quais a calagem interferiu significativamente na produção, 90% dessa foi alcançada na primeira dose de calcário utilizada (solo 1: V = 30%; solo 2: V = 35%), situação em que os solos ainda apresentavam elevada acidez e altos teores de Al trocável.

Tabela 4. Características físico-químicas de dois solos (0 cm-20 cm) distintos da Ilha de Marajó, PA.

Solo	Argila	MO	pH	Ca	Mg	Al	V	m	P	K
	--- % ---	---	(H ₂ O)	cmol _c /dm ³			--- % ---	---	mg/dm ³	
Solo 1	12	2,6	4,88	0,12	0,25	0,95	11	59	8,0	117
Solo 2	62	3,4	4,77	0,25	1,80	2,20	15	49	2,0	109

Solo 1: Plintossolo pétrico litoplântico; solo 2: Plintossolo háplico eutrófico.
Fonte: Guimarães (2000).

A análise dos estudos de resposta de plantas forrageiras à calagem apresentados anteriormente, e de tantos outros disponíveis na literatura, somente confirma os resultados obtidos na Colômbia, em trabalho clássico feito por Spain (1982), em que se avaliou a resposta de 38 espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras a quatro doses de calcário (0 kg/ha, 500 kg/ha, 2.000 kg/ha e 6.000 kg/ha), resultando em níveis de saturação de alumínio de 90%, 85%, 60% e 15%, respectivamente. Nesse estudo, genótipos de diversas espécies forrageiras utilizadas em pastagens na região Amazônica, tais como *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola*, *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum*, *Pueraria phaseoloides*, *Desmodium ovalifolium* e outras, apresentaram excelente tolerância ao alumínio, todos se aproximando do rendimento máximo com as doses de 0 kg/ha ou 500 kg/ha de calcário.

Os resultados desses estudos demonstram o elevado grau de adaptação à acidez do solo apresentado pela maioria das espécies forrageiras tropicais utilizadas em pastagens cultivadas na região Amazônica. Níveis de alumínio trocável no solo que são considerados tóxicos para outras culturas, tais como milho e sorgo, bem como para forrageiras pouco adaptadas a solos ácidos, como a *Leucaena leucocephala* (leucena), são perfeitamente tolerados pelas espécies de *Brachiaria*, *Panicum*, *Paspalum*, *Andropogon*, *Pueraria*, *Calopogonium*, *Stylosanthes*, *Arachis*, entre outras. Maiores detalhes sobre a adaptação de plantas forrageiras tropicais a solos ácidos podem ser obtidos na revisão de Rao (2001).

Recomendação de calagem para pastagem

A região Amazônica é carente de recomendações específicas para calagem de pastagens cultivadas. Os principais manuais de recomendação de calagem para pastagens em outras regiões do Brasil adotam critérios que parecem não estar em consonância com os resultados das pesquisas (CANTARUTTI et al., 2004). Para o Estado de São Paulo, Werner et al. (1996) recomendam valores de saturação por bases a serem atingidos com a calagem variando de 40% a 80%, dependendo do agrupamento de plantas forrageiras quanto às exigências nutricionais. De modo geral, os valores indicados para a manutenção são inferiores em 10% aos sugeridos para a fase de estabelecimento da pastagem. Em Minas Gerais (ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999), as recomendações de calagem para a formação de pastagens sugerem valores de saturação por bases variando de 40% a 50% para as gramíneas e de 40% a 60% para as leguminosas, dependendo do nível de exigência. Para o método da neutralização do Al^{3+} e correção de Ca^{2+} e Mg^{2+} , sugerem que os valores máximos de saturação por Al^{3+} tolerados pelas gramíneas variam de 20% a 30% e, para as leguminosas, de 15% a 25%. Os valores de X (função do requerimento de Ca e de Mg da espécie) variam de 1 $cmol_c/dm^3$ a 2 $cmol_c/dm^3$ para as gramíneas e de 1 $cmol_c/dm^3$ a 2,5 $cmol_c/dm^3$

dm³ para as leguminosas. Com relação à calagem para manutenção, as recomendações são as mesmas, devendo apenas considerar a profundidade de incorporação natural na camada de 0 cm a 5 cm. Para a formação de pastagens em ecossistema de Cerrado, Vilela et al. (1999) recomendam elevar a saturação por bases do solo para 30% a 60%, também dependendo do grau de exigência nutricional da espécie. Com relação à calagem de manutenção, recomendam reaplicar calcário para corrigir a acidez resultante da aplicação contínua de fertilizantes nitrogenados e para devolver Ca e Mg ao solo. A aplicação deve ser feita quando a saturação por bases reduzir para 20% a 25%, em áreas plantadas com espécies pouco exigentes, e 30% a 35% para as exigentes e muito exigentes.

Levando-se em conta que as principais espécies forrageiras tropicais apresentam alta tolerância à acidez e que mesmo aquelas consideradas exigentes em fertilidade do solo muitas vezes não respondem à calagem realizada com base nesses critérios, fica evidente que as recomendações de calagem para pastagens no Brasil estão sendo superestimadas e pouco coerentes com os resultados de pesquisa. Parece que os critérios “saturação por bases e saturação por alumínio máxima” não são os mais adequados para fins de recomendação de calagem de plantas forrageiras adaptadas à acidez do solo. No caso da calagem para manutenção da produtividade das pastagens, visto que a resposta só ocorre em solos deficientes em Ca ou Mg, tudo indica que o critério mais adequado seria o monitoramento dos níveis desses nutrientes no solo e não a saturação por bases ou por alumínio. Nesse caso, a quantidade de calcário a aplicar deveria ser suficiente apenas para corrigir as deficiências de Ca e Mg.

Fundamentando-se nessas evidências, a recomendação de calagem para pastagens no Acre considera que a aplicação de calcário somente é necessária, em pequenas doses, para renovação ou manutenção de pastagens em solos deficientes em cálcio ou magnésio (ANDRADE et al., 2002). Assim, quando a análise de solo indicar que a soma dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis for inferior a 1,0 cmol_c/dm³ ou quando

o teor de Mg^{2+} trocável for menor que $0,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, recomenda-se aplicar 200 kg/ha de calcário dolomítico (PRNT = 100%) visando suprir as deficiências desses nutrientes. Dois ensaios de adubação realizados em pastagens de *Brachiaria* spp. no Estado do Acre, descritos a seguir, demonstraram o sucesso na aplicação prática dessa recomendação.

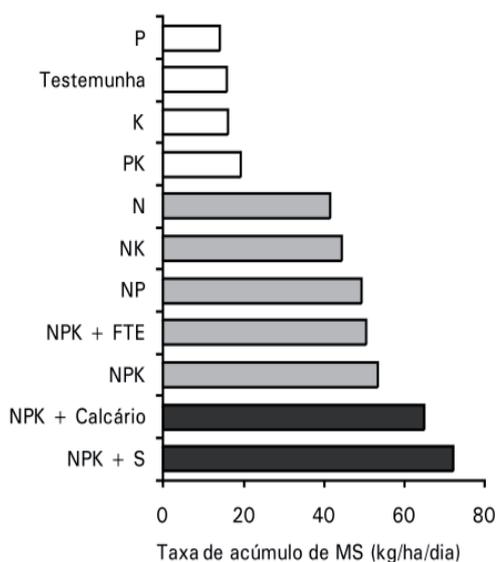
O primeiro estudo foi realizado em uma pastagem formada há mais de 25 anos com uma mistura de *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha*, em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, visando identificar os nutrientes limitantes de sua capacidade produtiva (ANDRADE et al., 2004). Os principais resultados da análise de solo e as recomendações de necessidade de calcário (NC) por três diferentes métodos constam na Tabela 5. De acordo com o estudo, o solo apresentava saturação por bases superior à recomendada para as duas braquiárias no Estado de Minas Gerais (40% para a *B. decumbens* e 45% para a *B. brizantha*; ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999), ou mesmo em São Paulo (40% para a *B. decumbens* e 50% para a *B. brizantha*; WERNER et al., 1996), de modo que, baseado no método da elevação da saturação por bases, não haveria necessidade de aplicação de calcário. O mesmo ocorreu quando se utilizou o método da neutralização do Al^{3+} e correção de Ca^{2+} e Mg^{2+} , recomendado para o Estado de Minas Gerais, que adota como critérios, para as condições da pastagem estudada, valor máximo tolerado de saturação por Al^{3+} (mt) igual a 25% e teor mínimo de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ trocáveis (X) igual a $1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Como o solo estudado apresentava baixa saturação por alumínio (3,1%) e teor de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ trocáveis igual a $3,66 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, não haveria necessidade de aplicação de calcário na pastagem. Já pelo método recomendado pela Embrapa Acre (ANDRADE et al., 2002), seria necessário aplicar 200 kg/ha de calcário dolomítico (PRNT = 100%) visando à correção da deficiência de Mg no solo. A aplicação dessa dose de calcário em cobertura, em adição a uma mistura NPK, elevou em 22% a taxa de acúmulo de matéria seca do pasto quando comparada à aplicação apenas de NPK (Figura 3), demonstrando a necessidade de correção da deficiência de magnésio no solo para recuperar a capacidade produtiva da pastagem.

Tabela 5. Características físico-químicas de Latossolo Vermelho-Amarelo na profundidade de 0 cm-10 cm e necessidade de calagem (NC) determinada por diferentes métodos.

pH (H ₂ O)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	
--	----- (cmol _c /dm ³) -----			
4,8	3,45	0,21	0,12	
CTC (t)	CTC (T)	Sat. bases (V)	Sat. Al (m)	Argila
----- (cmol _c /dm ³) -----		----- (%) -----		
3,83	7,47	49,6	3,1	11,5
Método de recomendação				NC (kg/ha)
Elevação da saturação por bases (Ve = 45%)				0,0
Neutralização do Al e correção de Ca e Mg (mt = 25%; X = 1,5 cmol _c /dm ³)				0,0
Correção da deficiência de Ca ou Mg (Ca + Mg ≥ 1,0 cmol _c /dm ³ ; Mg ≥ 0,4 cmol _c /dm ³)				200,0

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

O segundo estudo foi realizado em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* consorciada com *Arachis pintoii* cv. Belmonte, estabelecida há 14 anos em um Latossolo Vermelho-Amarelo, no Município de Senador Guimard, AC (ANDRADE et al., 2010). Os principais resultados da análise de solo e as recomendações de necessidade de calcário por três diferentes métodos são apresentados na Tabela 6. Com base no método da saturação por bases, haveria necessidade de aplicação de quase 2 t/ha de calcário para elevar a saturação por bases ao valor preconizado em Minas Gerais (45%). O uso dos demais métodos indicou que a calagem seria desnecessária nesse solo, situação confirmada pelos resultados do ensaio de adubação realizado na pastagem (Figura 4). A aplicação de 300 kg/ha de calcário em adição à adubação NPK não alterou a resposta do pasto em comparação à adubação NPK exclusiva, indicando que os teores de Ca e Mg no solo estavam em níveis adequados ao crescimento das forrageiras.



Tratamentos com barras de coloração semelhante representam agrupamentos pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fertilizantes aplicados: 100 kg/ha de N (ureia), P_2O_5 (superfosfato triplo) e K_2O (cloreto de potássio); 300 kg/ha de calcário dolomítico; 30 kg/ha de S (enxofre) e micronutrientes (FTE BR-10).

Figura 3. Resposta de pasto de *Brachiaria* spp. a diferentes combinações de fertilizantes no Acre.

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

Esses resultados confirmam que os métodos convencionais de determinação da necessidade de calagem em pastagens cultivadas frequentemente produzem resultados inadequados, seja subestimando a necessidade de aplicação de calcário em solos que apresentam altos teores de Ca^{2+} e baixos teores de Mg^{2+} , e vice-versa, ou gerando recomendações exageradas (acima de 2 t/ha de calcário) em situações em que doses moderadas de calcário (até 500 kg/ha) seriam suficientes para assegurar boa produtividade da pastagem, mesmo em solos com elevada saturação por alumínio ou com saturação por bases considerada baixa. Essa é uma das razões pelas quais a prática da calagem é a mais controversa nas recomendações sobre o melhoramento da fertilidade do solo em pastagens, conforme análise de Macedo (2004).

Tabela 6. Características físico-químicas de Latossolo Vermelho-Amarelo na profundidade de 0 cm-10 cm e necessidade de calagem (NC) determinada por diferentes métodos.

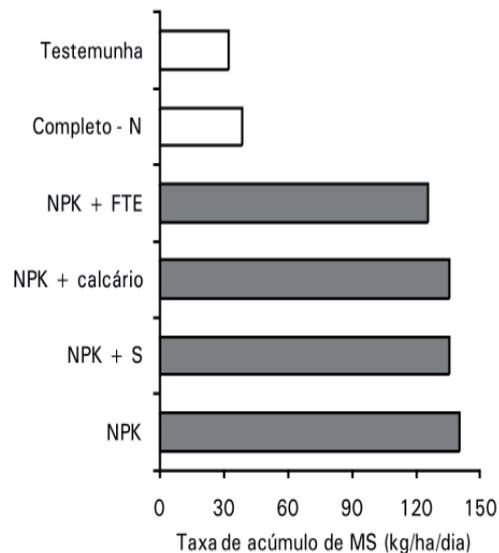
pH (H ₂ O)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	
--	----- (cmol _c /dm ³) -----			
5,6	1,18	0,49	0,0	
CTC (t)	CTC (T)	Sat. bases (V)	Sat. Al (m)	Argila
----- (cmol _c /dm ³)-----		----- (%) -----		
1,75	8,31	21,1	0,0	15,6
Método de recomendação				NC (kg/ha)
Elevação da saturação por bases (Ve = 45%)				1.980,0
Neutralização do Al e correção de Ca e Mg (mt = 25%; X = 1,5 cmol _c /dm ³)				0,0
Correção da deficiência de Ca ou Mg (Ca + Mg ≥ 1,0 cmol _c /dm ³ ; Mg ≥ 0,4 cmol _c /dm ³)				0,0

Fonte: Adaptado de Andrade et al. (2010).

De acordo com Cantarutti et al. (2004), os critérios para definição da necessidade de calagem de pastagens ainda se fundamentam, seguramente, em alguns mitos. Tanto os valores de saturação por bases quanto os de alumínio são conservadores diante da elevada tolerância a Al pelas plantas forrageiras. A saturação por bases do solo, calculada em relação a CTC a pH 7, tomada como referência para as estimativas da necessidade de calcário, é possivelmente outro mito, se for considerado que a planta responde à disponibilidade de Ca e Mg, independentemente do pH em que o solo se encontra.

Outro fator que precisa ser considerado na recomendação de calagem são os efeitos negativos do uso excessivo de calcário, que pode causar desequilíbrios nutricionais nas plantas e aumentar a oxidação da matéria orgânica (MO) do solo e, conseqüentemente, a emissão de CO₂ para a atmosfera, diminuindo a sustentabilidade dos solos tropicais, que depende sabidamente da MO do solo (CANTARUTTI et al., 2004). Outra desvantagem do uso de doses excessivas de calcário

é a dispersão da argila do solo, contribuindo para o adensamento e formação de camadas de impedimento, conforme comentado por Prado (2003).



Tratamentos com barras de coloração semelhante representam agrupamentos pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fertilizantes aplicados: 100 kg/ha de N (ureia), P_2O_5 (superfosfato triplo) e K_2O (cloreto de potássio); 300 kg/ha de calcário dolomítico; 30 kg/ha de S (enxofre) e micronutrientes (FTE BR-10).

Figura 4. Resposta de pasto consorciado de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* cv. Belmonte a diferentes combinações de fertilizantes no Acre.

Fonte: Adaptado de Andrade et al. (2010).

Considerações finais

Devido ao custo elevado do transporte, o preço da tonelada de calcário em algumas localidades da região Amazônica atinge valores três a quatro vezes superiores aos praticados no Brasil Central. Portanto, as estimativas da necessidade de uso de calcário para pastagens na Amazônia precisam ser ainda mais exatas do que no restante do País.

Estudos realizados com espécies forrageiras tropicais na América Latina desde a década de 1970 demonstraram o alto grau de adaptação à acidez do solo pela maioria dessas plantas. As pesquisas na região Amazônica confirmam que o uso do calcário como corretivo do solo para pastagens é uma prática desnecessária, uma vez que respostas a doses de calcário superiores a 500 kg/ha são pouco frequentes. O seu uso deve ser restrito à correção das deficiências de cálcio e/ou magnésio no solo.

Em 2002 a Embrapa Acre recomendou um método de cálculo da necessidade de calcário em pastagens que tem apresentado bons resultados práticos no Estado do Acre. Sugere-se que esse método seja validado em outras localidades da região Amazônica.

Referências

- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.) **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-60.
- ANDRADE, C. M. S.; GALVÃO, R. O.; VALENTIM, J. F.; SILVA, E. A. Identificação de nutrientes limitantes da produtividade de pastagens de *Brachiaria* spp. no Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. **A produção animal e a segurança alimentar: anais dos simpósios**. Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Zootecnia: Embrapa Gado de Corte, 2004. 568 p.
- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; PEREIRA, J. B. M.; FERREIRA, A. S. Yield and botanical composition of a mixed grass-legume pasture in response to maintenance fertilization. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1633-1640, 2010.
- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; WADT, P. G. S. **Recomendação de calagem e adubação para pastagens no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 6 p. (Embrapa Acre. Circular Técnica, 46).
- CANTARUTTI, R. B. Níveis de calcário para o estabelecimento de *Brachiaria decumbens* e *Pueraria phaseoloides* em solo Ultisol. In: REUNION RED INTERNACIONAL DE EVALUACION DE PASTOS TROPICALES, 1., 1990, Lima. [Anais]. Lima: INIAA: IVITA; Cali: CIAT, 1990. 2 v. (CIAT. Documento de trabajo, 75). v. 2. p. 689-691.

- CANTARUTTI, R. B.; NOVAIS, R. F.; SANTOS, H. Q. Calagem e adubação fosfatada de pastagens – mitos e realidades. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV: DZO, 2004. p. 1-23.
- COSTA, N. L.; GONÇALVES, C. A.; BOTELHO, S. M.; OLIVEIRA, J. R. C. **Níveis de calagem e fósforo na formação de pastagens de *Brachiaria humidicola* em Rondônia.** Porto Velho: Embrapa-UEPAE Porto Velho, 1989. 5 p. (Embrapa. UEPAE Porto Velho. Comunicado técnico, 82).
- DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. **Pastagens no trópico úmido.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241).
- FALESI, I. C. **Ecosistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira.** Belém, PA: Embrapa-CPATU, 1976. 193 p. (Embrapa-CPATU. Boletim técnico, 1).
- FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. A.; LEAL FILHO, N.; RODRIGUES, F. J. A.; ROBINSON, J. M. Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará. **Forest Ecology and Management**, v. 123, n. 1, p. 65-79, 1999.
- FERNANDES, S. A. P.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C. Seasonal variation of soil chemical properties and CO² and CH⁴ fluxes in unfertilized and P-fertilized pastures in an Ultisol of the Brazilian Amazon. **Geoderma**, v. 107, n. 3-4, p. 227-241, 2002.
- GONÇALVES, C. A.; LEONIDAS, F. C.; SALGADO, L. T. **Níveis crescentes de calcário no rendimento do quicuío-da-amazônia (*Brachiaria humidicola*) em solos de Rondônia.** Porto Velho: Embrapa-UEPAE Porto Velho, 1984. 8 p. (Embrapa. UEPAE Porto Velho. Comunicado técnico, 32).
- GRAÇA, P. M. L. A.; FEARNSIDE, P. M.; CERRI, C. C. Burning of Amazonian forest in Ariquemes, Rondônia, Brazil: biomass, charcoal formation and burning efficiency. **Forest Ecology and Management**, v. 120, n. 1-3, p. 179-191, 1999.
- GUIMARÃES, G. F. P. B. **Avaliação de quatro forrageiras tropicais cultivadas em dois solos da Ilha de Marajó-PA submetidos a crescentes saturações por bases.** 2000. 197 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- JUO, A. S. R.; MANU, A. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 58, n. 1, p. 49-60, 1996.
- KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E.; BABBITT, R. Fire in the Brazilian Amazon. 1. Biomass, nutrient pools and losses in slashed primary forests. **Oecologia**, v. 104, n. 4, p. 397-408, 1995.

- KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Fire in the Brazilian Amazon. 2. Biomass, nutrient pools and losses in cattle pastures. **Oecologia**, v. 113, p. 415-427, 1998.
- 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. Tobiata em função dos métodos de aplicação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 155-159, 2002.
- MACEDO, M. C. M. Análise comparativa de recomendações de adubação em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 317-355.
- McGRATH, D. A.; SMITH, C. K.; GHOLZ, H. L.; OLIVEIRA, F. A. Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazônia. **Ecosystems**, v. 4, n. 5, p. 625-645, 2001.
- MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon Forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. **Geoderma**, v. 70, n. 1, p. 63-81, 1996.
- MÜLLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MITJA, D. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian amazon: a case study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, n. 2, p. 279-288, 2004.
- PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais; revisão de literatura. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 7-16, 2003.
- RAO, I. M. Adapting tropical forages to low-fertility soils. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, SP. **Grassland ecosystems: an outlook into the 21st century: proceedings**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia; Piracicaba: FEALQ, 2001. 1097 p.
- SAMPAIO, F. A. R.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; JUCKSCH, I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo Amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1161-1170, 2003.
- SANCHEZ, P. A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: J. Wiley, 1976. 618 p.
- SÁNCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, v. 34, p. 279-406, 1981.
- 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**, v. 22, n. 3, p. 233-243, 1987.

SERRÃO, E. A. S. Pastagem em área de floresta no Trópico Úmido brasileiro: conhecimentos atuais. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1986. 6v. il. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36). v. 1, p. 147-174.

SPAIN, J. M. Estabelecimento e manutenção de pastagens em solos de savanas nas planícies orientais da Colômbia. In: SÁNCHEZ, P. A.; TERGAS, L. E.; SERRÃO, E. A. S. (Ed.) **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília, DF: CIAT: Embrapa, 1982. p. 189-197.

VEIGA, J. B.; FALESI, I. C. Recomendação e prática de adubação de pastagens cultivadas na Amazônia Brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGEM, 1., 1985, Nova Odessa. **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. 476 p. p. 257-282.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUZA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado**. 2. ed., rev. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 15 p. (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 37).

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Calagem. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Ed.) **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 93-106.

WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A.; CARRIEL, J. M. Efeitos da calagem em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. **Boletim de Indústria Animal**, v. 36, n. 2, p. 247-253, 1979.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. 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).

