



AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE CALCÁRIO EM SOLOS REPRESENTATIVOS DO CERRADO DE RORAIMA - BRASIL

J. A. Martell Mattioni¹, O. J. Smiderle², S. C. Pereira Uchôa³, A. J. da SILVA³, G. Barbosa Ferreira² y D. Lima de Souza Cruz⁴

¹ Eng. Agr. Analista da Embrapa Roraima, Rod. BR 174 KM 08, Distrito Industrial, Boa Vista, RR, CEP 69.301-970. Apoio Financeiro: EMBRAPA.

² Eng. Agr. Pesquisador Embrapa Roraima, Rod. BR 174, KM08, Distrito Industrial, Boa Vista, RR, CEP 69.301-970; e-mail: ojmsider@cpafrr.embrapa.br

³ Professor Associado do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Roraima. Rod. Br 174, Campus do Cauame, Boa Vista, RR, CEP 69.000.

⁴ Bolsista de iniciação científica do CNPq, graduandos do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Roraima. Rod. Br 174, Campus do Cauame, Boa Vista, RR, CEP 69.000.

Palavras-Chave: acidez, incubação, necessidade de calagem, Roraima.

RESUMEN. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes métodos de determinação da necessidade de calcário (NC) em solos representativos do cerrado de Roraima. Em amostras da camada de 0 - 20 cm de 13 solos localizados na região norte de Roraima, foram estudados os métodos: 1 - Incubação; 2 - Correlação entre o pH e a saturação em bases (50% e 60%); 3 - Alumínio trocável ($f \times Al^{3+}$); 4 - Cálcio + Magnésio ($f - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$); 5 - Alumínio trocável mais cálcio mais magnésio [$f \times Al^{3+} + (2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+}))$]; 6 - pH SMP para alcançar pH em água 5,5, 6,0 e 6,5. Para o estudo do método da incubação, que foi utilizado como parâmetro, os solos foram incubados por 45 dias com as seguintes doses crescentes de calcário em $t\ ha^{-1}$: 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 4,0. Foi utilizado um corretivo com um PRNT de 98,77%, 39,86% de CaO, 12,24% de MgO. Após análise dos resultados obtidos, observou-se que alguns métodos apresentam resultados que não diferem estatisticamente em termos de recomendação da quantidade de calcário. Entretanto, os métodos da saturação por bases e do alumínio trocável e/ou elevação dos teores de cálcio e magnésio ainda necessitam, para o Estado de Roraima, de pesquisas adicionais sobre o valor ideal de V_2 e do fator de correção a ser utilizado ("f"). O método do SMP por não diferir estatisticamente dos demais métodos foi recomendado por ser rápido, prático e preciso.

1.- Introducción

Grandes áreas do território brasileiro são de solos ácidos com sérias deficiências de bases trocáveis (Ca, Mg e K), níveis tóxicos de Al, baixa capacidade de troca de cátions e baixos teores de matéria orgânica. No levantamento de recursos naturais de Roraima realizado pelo projeto RADAM BRASIL (BRASIL, 1975), verifica-se que dos 43 perfis analisados, 74% apresentam saturação por alumínio superior a 50% no horizonte A₁. Considerando, que a

maioria das plantas sensíveis ao alumínio sofre decréscimo de produção em solos com mais de 20% de saturação desse elemento (KAMPRATH, 1967), pode-se afirmar, com base nesses dados, que a grande maioria dos solos desse Estado necessita de correção para ser incorporada ao processo produtivo. A calagem é a prática mais eficiente de correção da acidez que visa, principalmente, o aumento de pH, elevação dos teores de Ca e Mg, a neutralização de Al tóxico e o aumento da CTC_{efetiva}. Além disso a calagem favorece a disponibilidade de nutrientes, melhora a atividade microbiana e aumenta a eficiência dos fertilizantes aplicados.

Em Roraima, nos solos de cerrado, que ocupam uma área de aproximadamente 1,5 milhões de hectares, a aplicação de calcário é uma tecnologia importante para viabilizar uma agricultura racional e produtiva. Assim como nas demais regiões, a quantificação da necessidade de calcário em Roraima deve ser feita com base na análise de solo e por meio de métodos calibrados para as condições locais. Diversos critérios para a determinação da necessidade de calagem são citados na literatura, os quais de acordo com Paula et al., (1991), dividem-se em dois grupos. Um inclui os critérios que se baseiam na correção da acidez, com base na neutralização do Al^{3+} (CATANI e ALONSO, 1969) e na elevação do pH até valores pré-definidos, considerando a capacidade tampão da solução SMP (RAIJ et al., 1979) e o teor de matéria orgânica (DEFELIPO et al., 1972). O outro inclui os critérios que enfatizam a correção das deficiências de Ca e Mg, como o da saturação por bases (RAIJ, 1981) e o que considera, além da correção das deficiências de Ca e Mg, a neutralização do Al^{3+} , conhecido como critério de Minas Gerais (CFSMG, 1989; FREIRE et al., 1984).

Usualmente, os diferentes critérios são calibrados com a curva de incubação do solo com doses crescentes de $CaCO_3$, que é o método padrão. De acordo com Raij e Bataglia (1991), a incubação com $CaCO_3$ deveria ser o critério preferido para a determinação das quantidades de calcário necessárias para elevar o pH do solo a um valor desejado, uma vez que, dentre os critérios de laboratório, é o que mais se aproxima das condições naturais. Entretanto,

a utilização desse método é dificultada pelo tempo prolongado de realização.

O presente trabalho objetivou avaliar os diversos métodos de determinação da necessidade de calcário para solos representativos da área de cerrado do estado de Roraima.

2.- Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Solos, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Roraima (UFRR) e Laboratório de Solos da Embrapa Roraima, com 13 amostras de solos de quatro classes representativas da área de cerrado do estado de Roraima. Os solos foram coletados na camada de 0 - 20 cm, procedendo-se, antes da aplicação dos tratamentos, a caracterização física, química e físico-química na terra fina seca ao ar (Tabelas 1 e 2).

Foram estudados os seguintes métodos de determinação da necessidade de calcário: 1 - Incubação; 2 - Correlação entre o pH e a saturação em bases (50% e 60%); 3 - Alumínio trocável ($f \times Al^{3+}$); 4 - Cálcio + Magnésio [$f - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$]; 5 - Alumínio trocável mais cálcio mais magnésio [$f \times Al^{3+} + (2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+}))$]; 6 - pH SMP para alcançar pH em água 5,5, 6,0 e 6,5. Para os métodos 3, 4 e 5 utilizou-se $f = 2$, com base nos teores médios de argila dos solos.

Para o estudo do método da incubação, o qual serviu de parâmetro para a análise dos demais, as 13 amostras de solos foram submetidas a seis doses (0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 4,0 t ha⁻¹) de calcário dolomítico com 39,86% de CaO, 12,24 de MgO, PN de 105,50 e PRNT de 98,77%, amplamente empregado pelos produtores no Estado. Foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (13 x 6).

As unidades experimentais consistiram de copos de polietileno com capacidade de 300 mL, com 200 cm³ de terra fina seca ao ar, tratados com as doses de calcário. Após a preparação das unidades, o solo recebeu teor de água correspondente a 80% da capacidade de campo. Após a estabilização do pH, que se deu aos 45 dias após a aplicação do calcário, cada unidade experimental foi seca a sombra, destorroada, passada em peneira com malha de 2,0 mm. e analisada quimicamente, determinando-se o pH em água (1:2,5); pH SMP (1 solo: 1 água: 0,5 da solução SMP), acidez potencial (H+AL) extraída em acetato de cálcio 0,5 mol/L pH 7,0; os teores de Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol/L; e o K trocável extraído com Mehlich-1. Foram calculadas, ainda, a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%).

Procedeu-se a análise de variância para cada variável estudada e os efeitos das doses de calcário foram avaliados por meio de equações de regressão, relacionando as variáveis de respostas do solo às doses de calcário aplicadas.

3.- Resultados e Discusión

Verifica-se na Tabela 1 que os solos estudados apresentam acentuadas diferenças nas suas características químicas e físicas. Entre as propriedades que apresentaram as maiores variabilidades destacam-se a V% e m%.

Tabela 1. Características químicas e físicas dos solos utilizados para as avaliações.

Solo ^{1/}	pH		Al ³⁺ ---cmol _c dm ⁻³ ---	Ca+Mg	M	V	Argila
	H ₂ O	SMP					
LAd	3,82	5,52	0,80	0,95	45	45	29
FFc	4,84	6,35	0,28	0,86	24	24	29
LVd	4,56	6,53	0,18	0,99	25	25	18
FFc	5,54	6,70	0,10	1,08	8	8	10
LVd	4,88	6,47	0,18	1,06	14	14	18
LAd	5,02	6,58	0,21	0,98	20	20	9
LVd	5,23	6,59	0,13	1,33	10	10	16
LVd	5,36	6,83	0,13	1,90	8	8	15
LAd	4,94	6,42	0,30	0,93	20	20	30
LAd	4,77	6,49	0,33	0,93	27	27	20
Gbx	4,96	6,35	0,35	1,45	19	19	11
LAd	5,38	6,88	0,13	1,01	11	11	5
LVd	4,69	6,14	0,20	0,93	14	14	28

^{1/}LAd - Latossolo Amarelo distrófico; LVd - Latossolo vermelho distrófico; FFc - Plintossolo pétrico concrecionário; Gbx - Gley haplico.

Conforme esperado, a calagem proporcionou aumento nos teores de Ca+Mg; pH em água; pH SMP; soma das bases (SB) e saturação por bases (V%), e o decréscimo nos teores de H+Al, alumínio trocável e saturação de alumínio (m%).

Analisando os dados apresentados na Tabela 3, observa-se que a necessidade de calcário obtida pela curva de incubação, para elevar o pH do solo a 5,5 e 6,0 é menor nos solos com menores teores de alumínio trocável.

Constata-se pela Tabela 4 que os resultados da necessidade de calcário pelos diferentes métodos, muitas vezes não diferiram estatisticamente entre si, o que na prática, dificulta a recomendação de um único método como o mais adequado.

Analisando-se os resultados pela média das necessidades de calcário determinada pela curva de incubação (Tabela 3) para atingir um pH 5,5 (0,79 t ha⁻¹), com as médias da necessidade de calcário dos diversos métodos recomendados (Tabela 4), verifica-se que os métodos da saturação por base a 50%; 2 - Ca+Mg e pH SMP para alcançar pH água 5,5, não diferiram estatisticamente. Os métodos NC= 0,6.T- SB, NC= 2 x Al³⁺+ (2- Ca²⁺ + Mg²⁺) e o pH SMP para alcançar pH água a 6,0 e 6,5, superestimaram a necessidade, enquanto o método 2 x Al³⁺ a subestimou (Tabela 4).

Os valores de pH SMP variaram de 5,5 a 6,8, gerando doses de calcário de 0,07 a 2,74 toneladas por hectare para alcançar pH em água 5,5; 0,45 a 4,22 t ha⁻¹ para alcançar pH em água 6,0 e de 0,56 a 7,75 t ha⁻¹ para alcançar pH em água 6,5 (Tabela 2).

Tabela 2. Necessidade de calcário (t ha⁻¹) pelo método SMP.

pH SMP	pH água		
	5,5	6,00	6,50
	(t ha ⁻¹)		
6,8	0,07	0,45	0,56
6,7	0,27	0,74	1,11
6,6	0,48	1,03	1,67
6,5	0,68	1,32	2,22
6,4	0,89	1,61	2,77
6,3	1,10	1,90	3,33
6,2	1,30	2,19	3,88
6,1	1,51	2,48	4,43
6,0	1,71	2,77	4,99
5,9	1,92	3,06	5,54
5,8	2,12	3,35	6,09
5,7	2,33	3,64	6,65
5,6	2,53	3,93	7,20
5,5	2,74	4,22	7,75

Na média de todos os solos estudados, para obter um pH em água entre 5,5 e 6,0, a saturação por bases deverá estar entre 43 e 52% (Figura 1).

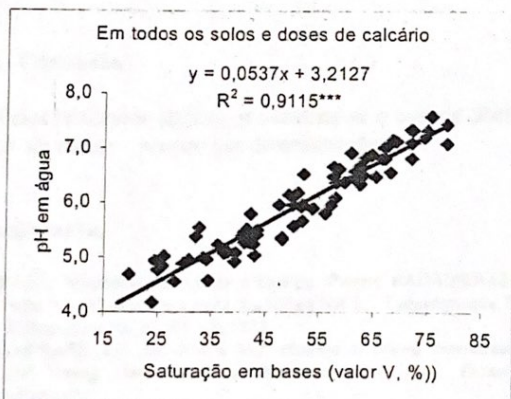


Fig. 1. Relação entre a percentagem de saturação em bases (V%) e o pH em água em solos de Roraima, após a correção do solo com calcário. Boa Vista, RR, 2007.

*** significativo pelo teste F a 0,1% de probabilidade.

Para as culturas mais exigentes, considerando a necessidade de calcário determinada pela curva de incubação para alcançar pH 6,0 (1,47 t ha⁻¹), os métodos NC= 2 x Al + (2-Ca+Mg) e pH SMP para alcançar pH água 6,0 não apresentaram diferenças estatísticas. Já o método NC= 0,6T-SB, embora com recomendação menor, apresentou boa aproximação com o método de incubação e também não diferiu estatisticamente do método NC= 2 x Al + (2-Ca+Mg). O método pH SMP para alcançar o pH em água de 6,5 foi o único a superestimar a dose recomendada de calcário (Tabela 3).

Tabela 3. Necessidade de calagem (t ha⁻¹) determinada pelo método da incubação para diferentes níveis de pH.

Solo	NC pelo método da incubação		
	pH5,5	pH6,0	pH6,5
1	2,51	3,71	5,48*
2	0,89	1,59	2,48
3	0,75	1,18	1,70
4	-0,01	0,46	1,02
5	0,60	1,10	1,70
6	0,42	0,89	1,46
7	0,35	0,90	1,59
8	0,12	0,56	1,07
9	0,79	1,39	2,11
10	0,95	1,62	2,43
11	1,40	2,59	3,78
12	0,16	0,74	1,48
13	1,34	2,39	4,07
Dpd	0,68	0,93	0,98
média	0,79	1,47	2,07
máxima	2,51	3,71	4,07
mínima	-0,01	0,46	1,02

*Extrapolação

Nenhum dos métodos estudados apresentou similaridade com o resultado da necessidade de calagem determinada pela curva de incubação para alcançar pH 6,5 (2,07 t ha⁻¹). Conforme Wiethölter (2000), no Cerrado, MT e Centro-Norte, e MS, recomenda-se a utilização da saturação por bases de 50%. Usando este método para os solos de Roraima, consegue-se atingir um pH próximo a 6,0, o que é favorável, uma vez que um grande número de autores sugerem que para o cultivo de solos ácidos, é suficiente elevar o pH para a faixa de 5,5 a 6,0, para a maioria das culturas, pois acima de pH 5,5 todo o alumínio trocável é neutralizado.

A necessidade de calagem estimada com base nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis através das fórmulas: NC= f x Al³⁺; NC= f - Ca²⁺ + Mg²⁺; NC= f x Al³⁺ + [2-(Ca²⁺ + Mg²⁺)], exige que se conheça a resposta das culturas ao fator "f" que está relacionado com a capacidade tampão do solo, aqui representado por 2.

No momento, falta no Estado, pesquisa de calibração de métodos que indiquem, especificamente para solos de Roraima, quais são os valores de V₂ que devem ser considerados no método de saturação de bases e para o fator de correção da toxidez de alumínio e da deficiência de cálcio e magnésio.

Enquanto não se obtiver precisão na recomendação da necessidade de calcário, recomenda-se a adoção do método SMP por ser rápido, preciso e exigir apenas a definição do pH do solo em água e o pH do solo na solução tampão SMP. Pode-se utilizar o pH SMP para alcançar pH em água 5,5; 6,0 e 6,5, conforme Tabela 2, observando as necessidades nutricionais da cultura a ser implantada.

Tabela 4. Comparação de medidas de necessidade de Ca^{2+} por diversos métodos de em diferentes solos de Roraima boa Vista, RR.

Solo	Metodologia de determinação da Necessidade de Calagem (NC)								Média
	NC=0,5TSB	NC=0,6T-SB	NC=2*Al ⁺	NC=2Ca+Mg	NC=2*Al+(2 Ca+Mg)	pH SMP p/ alcançar pH água 5,5	pH SMP p/ alcançar pH água 6,0	pH SMP p/ alcançar pH água 6,5	
1	1,809 DEF a	2,375C DE a	1,600E F a	1,050F a	2,650C D a	2,699C a	4,157B a	7,644A a	2,998a
2	0,915 BC abcd	1,297B C bcd	0,550C b	1,138B C a	1,688B b	0,988B C bc	1,749B bc	3,037A c	1,420c
3	0,674B C bcd	1,009B C bcd	0,350C b	1,013B C ab	1,363A B b	0,618B C bcde	1,228A B cde	2,040A de	1,037d ef
4	0,630A B bcd	0,978A B bcd	0,200B b	0,925A B ab	1,125A bc	0,273A B cde	0,743A B def	1,113A ef	0,749f g
5	0,755B C bcd	1,124B C bcd	0,350C b	0,938B C ab	1,288B b	0,746B C bcde	1,409B cd	2,386A cd	1,124c de
6	0,768B C bcd	1,121A B C bcd	0,425C b	1,025A B C ab	1,450A B b	0,515C bcde	1,083A B C cdef	1,764A de	1,019d ef
7	0,486B cd	0,855B cd	0,250B b	0,668B ab	0,918A B bc	0,510B bcde	1,076A B cdef	1,750A de	0,814e fg
8	-0,015A d	0,367A d	0,250A b	0,100A b	0,350A c	0,006A de	0,367A ef	0,394A fg	0,227h
9	0,973B C abc	1,356B C bc	0,600C b	1,075B C a	1,675B b	0,854B C bcd	1,561B bcd	2,677A cd	1,346c d
10	0,923B C abc	1,295B C bcd	0,650C b	1,075B C a	1,725A B ab	0,710C bcde	1,358B C cd	2,289A cd	1,253c d
11	0,876C abcd	1,349B C bc	0,700C ab	0,550C ab	1,250B C bc	1,003B C bc	1,770B bc	3,078A c	1,322c d
12	0,600A B C D bcd	0,925A B C cd	0,250B C D b	0,993A B ab	1,243A bc	-0,092D e	0,230B C D f	0,131C D g	0,535g h
13	1,424C ab	1,902B C ab	0,400D b	1,068C D a	1,468C b	1,425C b	2,363B b	4,213A b	1,783b
Média	0,832D	1,227C	0,506E	0,894D	1,398C	0,789D	1,469B	2,501A	

C.V. = 33,2%. Obs.: s seguidas de mesma(s) letra(s) maiúscula na linha e minúscula na coluna no estatisticamente pelo teste de Tukey

4.- Conclusão

Pelos resultados obtidos, recomenda-se o método SMP por ser rápido e preciso nas determinações.

Referências

- BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA. 20 Boa Vista parte das folhas NA 21. Tumucumaque, Na. 20 Roraima e Na. 21. RJ, v.8, 1975.
- KAMPRATH, E.J. *Soil acidity and response to liming. International Soil Testing. North Caroline State University, 1967. Technical bulletin n°4.*
- PAULA, M.B. de; VENEGA, V.H.A.; NOGUEIRA, F.D. *Determinação da Necessidade de Calagem dos Solos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.15, n. 170, p.45-55, 1991.*
- CATANI, R.A. & ALONSO, O. *Avaliação da exigência de calcário do solo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luz de Queiroz", Piracicaba, v. 26, p. 141-156, 1969.*
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., ZULLO, M.A.T. *O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, v.38, n.7, p.57-69, 1979.*
- DEFELIPO, B.V, BRAGA, J.M. SPIES, C. *Comparação entre métodos de determinação da necessidade de calcário de solos de Minas Gerais. Experimentiae, Viçosa, v.13, n.4, p.111-136, 1972.*
- RAIJ, B van. *Avaliação de fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato. Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.*
- CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Lavras, MG). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª Aproximação. Lavras, 1989, 159p.*
- FREIRE, F.M.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H., MELLER, C.C.A. *Calagem, gessagem e adubação de cafeeiro. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984, 20 p. (Boletim Técnico, 11).*
- RAIJ, B. van, & BAÏAGLIA, C.O. *Análise de laboratório. In: OLIVEIRA, A.J. de (coord.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991, p.81-102.*

WIETHÖLTER, S. *Calagem no Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo. 2000. 104p.*