



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM PARA CORREÇÃO DA ACIDEZ EM SOLOS DO ESTADO DO ACRE

**Paulo Guilherme Salvador Wadt**<sup>(1)</sup>; **Lucielio Manoel Silva**<sup>(2)</sup>; **Valdomiro Catani**<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Pesquisador, Embrapa Acre. Caixa Postal 321, Rio Branco, AC. CEP 69908-970. E-mail: paulogswadt@driis.com.br; <sup>(2)</sup> Analista. Embrapa Acre. Caixa Postal 321, Rio Branco, AC. CEP 69908-970.

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi comparar recomendações de calagem proporcionadas pelos métodos da neutralização do alumínio trocável e da saturação de bases convencional e ajustada por modelos determinísticos. Foram comparadas vinte e três amostras de solos do Estado do Acre, com diferentes características químicas. Os resultados confirmam que o método da neutralização do alumínio superestima a necessidade de calagem (NC) para a maioria dos casos; por outro lado, o método da saturação de bases indica valores para a NC extremamente elevada em alguns solos cuja soma de bases já fornece cálcio e magnésio em grandes quantidades (acima de 10 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> solo), implicando na necessidade de ajustar o valor da saturação de bases a ser alcançada com a calagem em função da capacidade de troca de cátions do solo. A simulação da NC pelo método da saturação de bases ajustada por modelos determinísticos corrigiu as distorções do método de recomendação de calagem.

**Palavras-Chave:** Amazônia, calagem, acidez, alumínio, saturação de bases.

### INTRODUÇÃO

A toxicidade do alumínio resulta em inibição do crescimento radicular e pode ser detectada entre 0,5 a 2,0 horas de contato, mesmo em ambientes com concentrações micromolares de Al (Vitorello et al., 2005). Por isto, a neutralização do alumínio trocável em solos constitui-se em um dos principais objetivos dos sistemas de recomendação de calagem (Kaminski et al., 2007).

Nos solos de origem sedimentar da Formação Solimões, no sudoeste da Amazônia, e principalmente na Bacia do Acre, tem sido verificado a ocorrência de teores muito elevados de alumínio trocável, não sendo incomuns valores acima de 10 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, associados a minerais do grupo das esmectitas ou das vermiculitas (Marques et al 2002).

Nestes ambientes com elevados teores de alumínio trocável, a toxicidade de alumínio não tem sido observada, sendo nulo o efeito deste íon sobre o desenvolvimento radicular e não havendo resposta à calagem com a correção da acidez destes solos, o que resultou na indicação de que o alumínio trocável não

pode ser utilizado como indicativo da acidez nestes ambientes (Gama & Kiehl, 1999). Por este motivo, desde 2002 a Embrapa Acre deixou de utilizar o alumínio trocável como indicador para a necessidade de calagem em solos do Estado do Acre, recomendando o método da saturação de bases para esta finalidade (Wadt, 2002).

A justificativa para a recomendação do método da saturação de bases foi em decorrência da ocorrência de solos eutróficos, com saturação de bases acima de 60% e de teores de alumínio trocável elevados, muitas vezes acima de 10 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Wadt, 2002). Esta recomendação corrigiu a distorção de recomendações de calagem extremamente elevadas em solos eutróficos de alta capacidade de troca de cátions (CTC).

Entretanto, ainda ocorrem problemas com o método da saturação de bases para a recomendação de calagem nestes solos, onde tem sido observado recomendações elevadas mesmo em solos extremamente ricos em cálcio e magnésio trocáveis, exigindo a revisão dos procedimentos adotados, com a introdução de modelos determinísticos para ajustar o método da saturação de bases à realidade dos solos desta região.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi comparar as recomendações proporcionadas pelos métodos do alumínio trocável, da saturação de bases convencional e ajustada com base em modelos determinísticos.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados amostras de solos de horizontes superficiais e subsuperficiais de perfis de solos coletados e descritos na IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos, incluindo um Espodossolo (P01), um Latossolo Amarelo (P02), três Argissolos Vermelhos (P04, P05 e P06), um Argissolo Vermelho Amarelo (P09), dois Vertissolos (P07 e P11) e um Luvisso (P10) (Anjos et al., 2010). Foram selecionados horizontes com diferentes ocorrências de alumínio trocável e soma de bases (Tabela 1).

Para cada amostra determinou-se a necessidade de calagem (NC), considerando-se sempre uma espessura de aplicação de 20 cm e o equivalente a um calcário 100% PRNT.

Os métodos utilizados foram:

a) Neutralização do alumínio trocável e fornecimento de cálcio e magnésio.

Por este método, a NC foi calculada por:

$NC_{(Al \text{ e } Ca,Mg)} = (Al \times f) + (3 - (Ca + Mg))$ , sendo que se a expressão  $(3 - (Ca + Mg))$  somente foi considerada quando seu valor for maior que zero.

b) Neutralização do alumínio trocável ou fornecimento de cálcio e magnésio. Por este método, a NC foi calculada pela expressão:

$$NC_{(Al \text{ ou } Ca,Mg)} = \text{maior valor entre } NC_{(Al)} \text{ e } NC_{(Ca,Mg)}$$

$$NC_{(Al)} = (Al \times f) \text{ e } NC_{(Ca,Mg)} = (3 - (Ca + Mg)).$$

c) Saturação de bases convencional ( $V_c$ ) e saturação de bases ajustada (SBa), ambas calculadas pela expressão:  $NC = (V_f - V_i) \times CTC / 100$ . A saturação de bases somente foi calculada quando  $V_a < V_f$ , sendo atribuído valor zero para NC nos demais casos.

Para as expressões acima, tem:

$f$  = fator de compensação para a neutralização do alumínio, considerada 1 para solos arenosos (teor de areia  $> 800 \text{ g kg}^{-1}$ ), 2 para solos de textura média (teor de areia  $< 800 \text{ g kg}^{-1}$  e teor de argila  $< 400 \text{ g kg}^{-1}$ ) e 3 para solos argilosos ou muito argilosos (teor de argila  $> 400 \text{ g kg}^{-1}$ ).

Al, Ca e Mg, respectivamente, teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis, em  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .

$V_i$  = valor da saturação de bases atual do solo, em porcentagem.

CTC = valor da capacidade de trocas de cátions do solo, em  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .

$V_f$  = saturação de bases desejada para a correção da acidez do solo, sendo para o método convencional assumida ser de 50, 60 e 70% e para o método ajustado, determinado pelas seguintes equações:

Para culturas não exigentes:

$$V_f = 90 / (1,21 + 1,13 \times e^{(0,0270 \times CTC)})$$

Para culturas pouco exigentes:

$$V_f = 85 / (1,07 + 1,01 \times e^{(0,0270 \times CTC)})$$

Para culturas exigentes:

$$V_f = 80 / (0,98 + 0,89 \times e^{(0,0270 \times CTC)})$$

Calculou-se também a amplitude entre a maior e menor recomendação de calagem para cada caso avaliado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

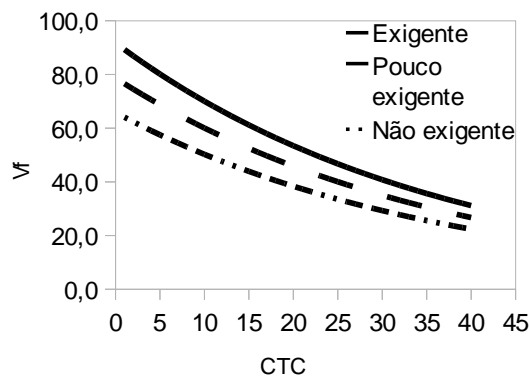
Os modelos determinísticos propostos para ajustar a saturação de bases para solos com diferentes capacidade de troca catiônica e exigências das culturas fazem com que a medida que aumenta-se a capacidade de troca de cátions do solo (CTC), menor será a necessidade de elevação da saturação de bases (Figura 1).

Mesmo com a redução da necessidade de elevação da saturação de bases do solo, o modelo garante quantidades adequadas para a soma de bases no solo, suficiente para atender as necessidades das culturas (Figura 2).

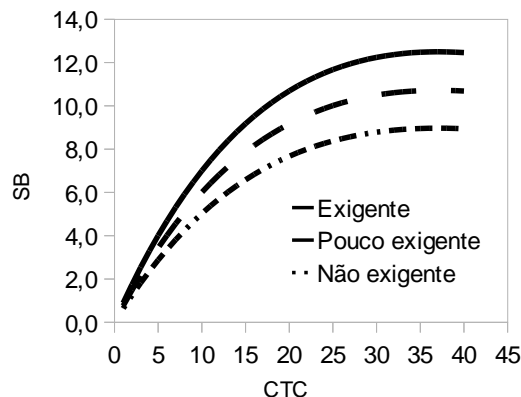
Excetuando-se aqueles casos onde nenhum método indica necessidade de calagem, a amplitude entre as quantidades de calagem a ser recomendada variou de 1,5 a 48  $\text{ton ha}^{-1}$ . (Tabela 2) indicando que os métodos de recomendação da calagem apresentam comportamento muito distinto entre si, embora, à princípio todos os métodos tenham como objetivo

central a mitigação dos efeitos tóxicos do alumínio trocável (Kaminski et al., 2007).

As estimativas de NC muito elevadas, obtidas m pelos métodos baseados no alumínio trocável, já haviam sido objeto de crítica por Wadt (2002), o qual sugeriu a adoção do método da saturação de bases, pelo fato de que este método resultaria em estimativas mais adequadas à expectativa de resposta das plantas à correção da acidez nestes tipos de solos (Gama & Kiehl, 1999), como ocorre no exemplo do Espodosolo, Latossolo e Argissolos Vermelhos (Tabelas 1 e 2).



**Figura 1.** Relação determinística entre necessidade de elevação da saturação de bases ( $V_f$ ) e a capacidade de troca de cátions do solo (CTC), respectivamente em % e  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .



**Figura 2.** Relação determinística a soma de bases no solo (SB) e a capacidade de troca de cátions do solo (CTC), ambos em  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .

Entretanto, em alguns solos, como no Argissolo Vermelho Amarelo (P09), Luvisolo (P10) e Vertissolo (P11), embora a soma de cálcio e magnésio seja superior a, respectivamente, 7,3, 11,3 e 20,5  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , o método da saturação de bases indicou para estes solos, NC de 5,6, 7,7 e 5,0  $\text{ton ha}^{-1}$  (Tabela 2).

Esta quantidade para a NC não está de acordo com resultados que indicam ser a acidez nestes solos inócua ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Gama & Kiehl, 1999), como também não é apropriado recomendar-se a aplicação de 5,0  $\text{ton ha}^{-1}$  de calcário em um solo cuja soma dos teores de Ca e Mg trocáveis já estejam acima de 5,0  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .

Por sua vez, a adoção do ajuste do valor de saturação de bases corrige estas distorções, possibilitando recomendações de calagem mais adequadas.

Com o ajuste da saturação de bases em função da CTC do solo e do grau de exigência das culturas à correção da acidez do solo, para solos de alta CTC e com elevados teores de cálcio e magnésio trocáveis, o método da saturação de bases não indica NC, independente do teor de alumínio extraível por KCl 1M.

### CONCLUSÕES

1. A recomendação de calagem baseada na neutralização do alumínio trocável (extraível por KCl 1 M) não é indicada para solos do Estado do Acre.

2. Para a adoção do método da saturação de bases na recomendação de calagem faz-se necessário ajustar o valor da saturação de bases desejado em função da capacidade de troca de cátions dos solos.

### REFERÊNCIAS

- ANJOS, L.H.C.; SILVA, L. M.; WADT, P.G.S. (editores). Guia de Campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. Rio Branco: SBCS, 2010. 100 p.
- GAMA, J. F. N. F.; KIEHL, J. C. Influência do alumínio de um podzólico vermelho-amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, p.475-482, 1999.
- KAMINSKI, J.; SILVA, L.S.da; CERETTA, C.A.; SANTOS, D.R. dos. Acidez e calagem em solos do sul do Brasil: aspectos históricos e perspectivas futuras. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Tópicos em Ciência do Solo, v. 5., p. 307-332. 2007.
- MARQUES, J.J.; TEIXEIRA, W.G.; SCHULZE, D.G.; CURTI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. Clay Mineralogy, v. 37, p. 651-661. 2002.
- VITORELLO, V.A.; CAPALDI, F.R.; STEFANUTO, V.A. Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants. Braz. J. Plant Physiol., vol. 17, p. 129-143, 2005
- WADT, P. G. S. . Manejo de solos ácidos do Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 30p. (Documento Técnico).

**Tabela 1.** Características químicas (pH em água, pH em KCl 1M; Ca, Mg Al e Hidrogênio e capacidade de troca de cátions – CTC; saturação de bases - V) e físicas (teores de areia e argila) de amostras de solos da Formação Solimões, no trecho entre os municípios de Cruzeiro do Sul e Sena Madureira, no Estado do Acre (Dados compilados de Anjos et al., 2010), e fator f para o cálculo da necessidade de calagem

Caso	Perfil	Horizonte	pH	pH	Ca	Mg	K	Al	H	CTC	V	Areia	Argila	f
			H <sub>2</sub> O	KCl										
													g kg <sup>-1</sup>	
											%		g kg <sup>-1</sup>	
1	P01	Ap	5,1	3,9	0,2	0,0	0,02	0,5	1,6	2	9	808	80	1
2	P02	Ap	5,4	4,0	0,7	0,0	0,06	0,7	3,4	5	16	792	163	2
3	P02	Bw1	5,3	4,1	0,4	0,0	0,02	1,4	1,6	3	12	660	265	2
4	P04	Ap	5,3	3,9	0,9	0,8	0,08	0,9	3,2	6	30	384	183	2
5	P04	BA	5,0	3,8	0,7	0,0	0,03	3,0	2,0	6	13	326	288	2
6	P04	Bt1	5,0	3,8	0,5	0,0	0,03	4,4	1,8	7	8	299	317	2
7	P04	Bt2	5,1	3,8	0,3	0,0	0,03	7,9	3,5	12	3	168	539	3
8	P05	A1	6,5	5,6	15,1	2,9	0,33	0,0	3,0	21	86	277	276	2
9	P05	BA	5,5	3,8	4,7	2,7	0,16	3,3	2,5	13	57	251	352	2
10	P05	Bt2	5,4	3,6	2,7	3,3	0,07	14,4	2,2	23	27	105	557	3
11	P06	Ap	5,1	3,7	1,7	2,1	0,42	2,4	5,6	12	35	222	294	2
12	P06	B1	4,9	3,7	0,6	0,7	0,07	5,8	3,0	10	13	160	432	3
13	P06	Bt2	5,1	3,7	0,2	1,5	0,07	10,2	2,6	15	12	130	571	3
14	P07	A	6,8	5,5	33,8	4,1	0,11	0,0	1,4	39	96	87	486	3
15	P07	Bv1	6,9	4,8	40,9	6,4	0,10	0,0	1,4	49	97	38	688	3
16	P09	BA	5,9	3,8	23,8	3,7	0,12	2,0	3,0	33	85	244	291	2
17	P09	Bt2	5,5	3,6	15,3	2,7	0,14	7,4	4,1	30	61	507	456	3
18	P09	Bt3	5,5	3,6	2,4	4,9	0,13	11,3	3,0	22	34	583	246	2
19	P10	Ap	5,6	4,2	3,5	1,8	0,21	0,6	4,9	11	50	302	207	2
20	P10	Bt1	5,7	3,7	3,2	9,4	0,10	6,8	3,7	23	55	96	625	3
21	P10	Bt2	5,5	3,7	2,6	8,7	0,16	12,2	3,2	27	43	95	575	3
22	P11	Ap	5,4	4,2	19,0	5,1	0,16	0,5	4,9	30	82	71	540	3
23	P11	Bv	4,7	3,6	15,1	5,4	0,17	16,0	6,1	43	48	15	810	3

**Tabela 2.** Diferentes estimativas para a necessidade de calagem em ton ha<sup>-1</sup>, a 20 cm e para calcários 100 PRNT (mAl = neutralização do alumínio; mCa,Mg = fornecimento de cálcio e magnésio; Al e Ca,Mg = neutralização do alumínio + fornecimento de cálcio e magnésio; Al ou Ca,Mg = neutralização do alumínio ou fornecimento de cálcio e magnésio; Vc50 = elevação da saturação de bases a 50%, Vc60 = elevação da saturação de bases a 60%, elevação da saturação de bases a 70%; aNE = ajuste da saturação de bases para culturas não exigentes e diferentes capacidades de troca de cátions; aPE = ajuste da saturação de bases para culturas pouco exigentes e diferentes capacidades de troca de cátions; aEG = ajuste da saturação de bases para culturas exigentes e diferentes capacidades de troca de cátions; e valor da amplitude (A), em ton ha<sup>-1</sup>, a 20 cm, entre a maior e a menor recomendação de calagem

Caso	mAl	mCa,Mg	Al e Ca,Mg	Al ou Ca,Mg	Vc50	Vc60	Vc70	aNE	aPE	aEG	A
1	0,5	2,8	3,3	2,8	0,9	1,2	1,4	0,6	0,7	0,7	2,7
2	1,4	2,3	3,7	2,3	1,7	2,2	2,6	1,0	1,1	1,2	2,7
3	2,8	2,6	5,4	2,8	1,3	1,6	2,0	0,8	0,9	1,0	4,6
4	1,8	1,3	3,1	1,8	1,2	1,7	2,3	0,3	0,4	0,5	2,8
5	6,0	2,3	8,3	6,0	2,1	2,7	3,3	1,3	1,4	1,5	7,0
6	8,8	2,5	11,3	8,8	2,8	3,5	4,2	1,8	2,0	2,1	9,5
7	23,7	2,7	26,4	23,7	5,5	6,7	7,9	3,5	3,7	3,9	22,9
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	6,6	0,0	6,6	6,6	0,0	0,5	1,8	0,0	0,0	0,0	6,6
10	43,2	0,0	43,2	43,2	5,3	7,5	9,8	0,1	0,5	0,8	43,1
11	4,8	0,0	4,8	4,8	1,9	3,1	4,3	0,0	0,0	0,2	4,8
12	17,4	1,7	19,1	17,4	3,7	4,7	5,7	2,0	2,2	2,4	17,1
13	30,6	1,3	31,9	30,6	5,5	7,0	8,4	2,8	3,1	3,3	29,1
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	4,0	0,0	4,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
17	22,2	0,0	22,2	22,2	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	22,2
18	22,6	0,0	22,6	22,6	3,4	5,6	7,8	0,0	0,0	0,0	22,6
19	1,2	0,0	1,2	1,2	0,0	1,1	2,2	0,0	0,0	0,0	2,2
20	20,4	0,0	20,4	20,4	0,0	1,2	3,5	0,0	0,0	0,0	20,4
21	36,6	0,0	36,6	36,6	2,0	4,7	7,3	0,0	0,0	0,0	36,6
22	1,5	0,0	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
23	48,0	0,0	48,0	48,0	0,7	5,0	9,3	0,0	0,0	0,0	48,0