

FATORES DE ACIDEZ II. COMBINAÇÃO DE VARIÁVEIS NA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE CORRETIVOS PARA SOLOS ÁCIDOS*.

Acidity Factors II. Combined variables in the determination of lime requirements for acid soils.

João Kaminski** e Humberto Bohnen***

RESUMO

Esta pesquisa desenvolveu-se, com amostras de 34 solos, com o objetivo de correlacionar a necessidade de calcário para controlar o pH, com algumas características desses solos.

Os teores de alumínio trocável e matéria orgânica pareceram ser os maiores contribuidores da acidez dos solos. A associação de variáveis, por equação de regressão múltipla, na avaliação de corretivos da acidez, que forneceu os coeficientes de correlação mais elevados, foi quando se reuniu alumínio trocável, matéria orgânica e pH em água.

SUMMARY

This work was carried out with 34 soil samples to correlate their lime requirements with some individual and combined characteristics.

The highest contribution to the soil acidity was apparently related to the exchangeable aluminum and the organic matter levels.

The highest correlation coefficients were found when the exchangeable aluminum, organic matter levels and pH were combined in a multiple regression equation.

INTRODUÇÃO

Os fatores de acidez não agem isoladamente no solo, mas interrelacionados e em diferentes combinações. A extensão da contribuição de cada fator depende da sua participação nas reações de troca e adsorção que controlam a acidez e, conseqüentemente, o tamponamento dos solos. Essa contribuição é variável para solos de diferentes características e está relacionada ao grau de evolução ou intemp

* Parte do trabalho de Tese do primeiro autor para obtenção do título de Mestre. Faculdade de Agronomia, UFRGS. Auxílio Financeiro fornecido pela CAPES.

** Prof. Ass. do Departamento de Agricultura - UFSM. Pesquisador do CNPq.

*** Prof. Ass. do Departamento de Solos. Faculdade de Agronomia, UFRGS.

rismo e o teor de matéria orgânica (1, 6), fatores responsáveis pelo grau de acidez do solo.

A medida do grau de acidez do solo, feita por métodos químicos, tem se constituído, de uma forma geral, o princípio dos métodos de indicação das quantidades de corretivos da acidez dos solos (3, 5). Assim, a quantidade de base consumida para medir a acidez do solo corresponderia, aproximadamente, à necessidade de corretivos da acidez daquele solo.

Muitos autores tentaram indicar a necessidade de corretivos da acidez, comumente o calcário, diretamente do pH do solo ou pela percentagem de saturação da CTC do solo com bases, mas os resultados não foram satisfatórios, como lembram PIONKE et alii (6), pois no primeiro caso era ignorada a capacidade tampão do solo e, no segundo caso, seria apenas uma medida da grandeza relativa da acidez a ser neutralizada.

Tentativas de associação de mais de um fator foram feitas por KEENEY e COREY (2), usando o incremento do pH que deveria sofrer o solo, multiplicado pelo teor de matéria orgânica; esta forma de avaliar a necessidade de calcário mostrou-se satisfatória para solos com baixo teor de alumínio trocável, como relataram os autores e constataram ROSS et alii (7).

PIONKE et alii (6) associaram, por equação de regressão múltipla, o incremento de pH em cloreto de potássio, que deveria sofrer o solo como uma função do teor de matéria orgânica e argila e mais o alumínio trocável e o não trocável, obtendo um modelo matemático para a previsão de calcário satisfatório em 89,52% dos casos, quando se desejava elevar o pH do solo em cloreto de potássio até 6,0.

Embora estas equações não tenham sido consagradas pelo uso, podem ser bons índices de previsão de corretivos para solos ácidos, pois consideram a contribuição conjunta dos prováveis contribuidores da acidez dos solos, o que não está prevista para alguns métodos químicos de medida do grau de acidez.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados 34 solos, representados por 8 amostras da ordem Oxisol, 7 Ultisol, 8 Alfisol, 6 Mollisol, 3 Inceptisol e 2 Vertisol. As características médias para as ordens estão na Tabela 1.

As amostras desses solos foram incubadas com carbonato de cálcio em 10 níveis, correspondendo a 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 100, 115 e 130% da quantidade indicada pelo método SIP modificado (4), com duas repetições. Acondicionou-se-as em sacos de polietileno com teor de umidade equivalente a 70% da capacidade de campo. Os solos foram man

Tabela 1. Características gerais dos solos estudados, médias das Ordens.

ORDENS/CARACT.	pH	MATÉRIA ORGÂNICA (%)	ARGILA (%)	CTC pH 7,0 me/100 g	ALUMÍNIO me/100 g	Ca + Mg me/100 g
Oxisol (3)	4,4	5,5	59	14,1	2,9	2,7
Ultison (7)	4,5	2,5	20	7,6	1,0	2,4
Alfisol (8)	4,6	3,8	18	8,7	1,2	3,1
Mollisol (6)	5,1	5,1	25	15,2	0,1	11,8
Inceptilson e Vertisol (5)	4,5	7,5	43	22,1	3,2	5,2

Os números entre parênteses representam o número de solos de cada ordem usado nas determinações analíticas.

tidos fechados durante os primeiros 60 dias de incubação. A partir daí, eram abertos, revolvidos e retirada uma amostra para leitura do pH a cada 15 dias. Assim se procedeu até a repetição das duas últimas leituras de pH na maioria dos tratamentos. Isto foi alcançado entre 100 e 210 dias de incubação.

Os solos foram analisados para pH, pH em solução SMP e matéria orgânica conforme métodos descritos por MIELNICZUK et alii (4), Alúminio trocável, cálcio e magnésio e acidez a pH 7,0 (H + Al) segundo VETTORI (8), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 pela saturação com sódio e teor da fração argila pelo método hidrométrico de Day.

A quantidade de calcário necessária para elevar o pH até 6,5, 6,0 e 5,5 foi determinada plotando-se a quantidade de carbonato de cálcio, equivalente em t/ha, usada em cada tratamento e o pH alcançado pelo tratamento.

A avaliação estatística dos resultados foi feita por análise de correlação e regressão simples e múltipla, com auxílio de computador IBM 1130, no Centro de Processamento de Dados da Universidade Federal de Santa Maria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de correlação obtidos entre a necessidade de calcário dos solos para elevação do pH e algumas características, como pH, Matéria Orgânica, CTC, Al trocável, H titulável, tomado da fórmula $(H + Al) - Al \text{ trocável} = H \text{ titulável}$, e teor de argila, estão na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre quantidade de carbonato de cálcio, determinada por incubação, necessária para elevação do pH dos solos até 6,5, 6,0 e 5,5, eliminar o alumínio trocável e algumas características dos solos.

FATORES DE ACIDEZ	NECESSIDADE DE CARBONATO DE CÁLCIO PARA			
	pH 6,5	pH 6,0	pH 5,5	eliminar Al ³⁺
pH em água	-0,45**	-0,51**	-0,56**	-0,51**
Matéria orgânica	0,84**	0,82**	0,78**	0,76**
Argila	0,65**	0,66**	0,64**	0,60**
Capacidade de troca de cátions	0,75**	0,71**	0,67**	0,64**
Alumínio trocável	0,93**	0,93**	0,91**	0,96**
Hidrogênio "Titulável"	0,96**	0,95**	0,92**	0,93**
Cálcio de magnésio trocável	-0,22 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,35*
pH SMP	-0,83**	-0,85**	-0,85**	-0,86**

** muito significativo (P<0,01)

* significativo (P<0,05)

^{ns} não significativo.

Como se observa, matéria orgânica, fração argila, alumínio trocável, hidrogênio titulável e capacidade de troca de cátions a pH 7,0, podem ser considerados como fatores, ou contribuidores, da acidez dos solos, mas, devido aos altos coeficientes de correlação encontrados, o alumínio trocável e a matéria orgânica parecem dar maior contribuição à acidez dos solos estudados.

Os altos coeficientes de correlação obtidos com o hidrogênio titulável, também considerado como a CTC pH-dependente, podem ser atribuídos à contribuição somada de todas as características do solo envolvidas no conjunto de reações de troca e adsorção controladoras do tamponamento dos solos.

A combinação de características do solo alumínio trocável, matéria orgânica, pH em água e pH SMP, combinados dois a dois ou três a três, aumentam os coeficientes de correlação e determinação com a quantidade de calcário necessária para controle do pH dos solos, como mostra a Tabela 3.

A comparação dos coeficientes obtidos para os fatores individuais e combinados, Tabelas 2 e 3, justifica a premissa da ação combinada ou associada dos diferentes fatores na acidez e necessidade de calcário dos solos, parecendo que seus principais contribuidores

Tabela 3. Equações de regressão múltipla, coeficientes de correlação e determinação e determinação entre quantidade de cálcio rio determinada por incubação, para controle do pH, matéria orgânica, alumínio trocável, pH SMP e pH em água.

NECESSIDADE DE CALCÁRIO PARA ELEVAR O pH ATÉ	CONSTANTE	MATÉRIA ORGÂNICA %	ALUMÍNIO TROCÁVEL me/100g	pH SMP	pH ÁGUA	r	r ²
pH 6,5	1a	1,51	--	-5,85	--	0,92**	0,84**
	2a	4,6	--	-0,29	--	0,95**	0,89**
	3a	-0,3	1,05	--	--	0,97**	0,94**
	4a	-2,6	1,06**	2,93**	-0,39 ^{ns}	--	0,97**
	5a	10,5	1,21**	2,39**	--	2,36*	0,97**
pH 6,0	1b	30,4	1,03	-5,14	--	0,92**	0,84**
	2b	9,3	--	-1,19	--	0,93**	0,86**
	3b	0,0	0,71	--	--	0,96**	0,93**
	4b	4,0	0,70	2,10**	-0,67 ^{ns}	--	0,96**
	5b	13,8	0,92**	1,74**	--	-3,02**	0,97**
pH 5,5	1c	25,2	0,69	-4,26	--	0,89**	0,80**
	2c	10,0	--	-1,50	--	0,92**	0,83**
	3c	0,0	0,48	1,79	--	--	0,93**
	4c	6,4	0,46**	1,50**	-1,07 ^{ns}	--	0,93**
	5c	15,0	0,70**	1,20**	--	-3,30**	0,96**

** significativo ao nível de 1% (P<0,01)

* significativo ao nível de 5% (P<0,05)

ns não significativo

são o alumínio trocável e a matéria orgânica associados, conforme se observa nas equações 1, 2, 3, 4 em a, b, c da Tabela 3.

A contribuição dos fatores de acidez na necessidade de calcário dos solos varia conforme o pH dos solos que se deseja atingir. Assim para o solo alcançar pH 5,5 ou 6,0, a contribuição do alumínio trocável parece aumentar em relação à da matéria orgânica, quando comparados com suas contribuições na avaliação de corretivos para pH 6,5. Isto pode ser explicado pela maior ação tamponante do alumínio em pH próximo a 5,5 quando a matéria orgânica acentua sua ação de tamponamento a partir de pH 6,0 (1, 7).

Pela comparação dos coeficientes de correlação obtidos entre a necessidade de calcário para controle do pH do solo e a quantidade estimada pelas equações propostas na Tabela 3, observa-se que os maiores coeficientes são alcançados quando se inclui as variáveis alumínio trocável e matéria orgânica. A inclusão do pH SMP na equação, como variável independente, não modifica os coeficientes de correlação, não sendo sua contribuição significativa na equação. Isto pode ser justificado por ser o pH SMP uma forma de medida da acidez, da qual o alumínio trocável e a matéria orgânica são os principais contribuidores e sendo ele uma função destes últimos. Mas, quando a variável incluída passa a ser o pH em água, ao invés do anterior, os coeficientes aumentam, possivelmente porque o pH é uma resultante de todas as fontes de acidez, inclusive as não incluídas na equação. Dessas, as equações 5, a e b (Tabela 3) são as que apresentam os coeficientes de correlação e determinação mais altos ($r = 0,97$ e $r^2 = 0,95$).

Os Laboratórios Oficiais de Análises de Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina têm adotado a recomendação de corretivos para elevar o pH dos solos até 6,0. As análises de matéria orgânica, pH em água e pH SMP são, rotineiramente, feitas nesses laboratórios. A adaptação desses à execução de análises de alumínio trocável poderá possibilitar o uso de qualquer uma das equações calculadas e apresentadas na Tabela 3. Porém, a equação mais adequada para a situação presente é a 5b (Necessidade de calcário para pH 6,0 = $13,8 + 0,92 \times$ matéria orgânica + $1,74 \times$ alumínio trocável - $3,02 \times$ pH em água) e esta poderia ser adotada para a recomendação de corretivos na rotina. Mas deve ser observado que ela apresenta algumas limitações, como sub ou superestimar corretivos para determinados solos. Isso talvez ocorra porque a equação foi obtida com dados de grande número de solos e, provavelmente, tenha auxiliado a obtenção de altos coeficientes de correlação, embora houvessem muitos pontos dispersos.

Em relação a estes aspectos, deve ser salientada a dificuldade que existem em colocar todos os solos do Rio Grande do Sul sob uma

mesma equação, pois os resultados são obtidos por médias e estas podem estar sujeitas a grandes discrepâncias, devido às diferenças entre as características dos solos do Estado.

Observa-se, nessas ocasiões, a necessidade de se estudar os solos semelhantes agrupados, para melhor garantia nas recomendações que fatalmente provirão dos resultados obtidos, pois as médias de todos os solos nem sempre conseguem abranger todas as variações nas características que concorrem para as indicações de corretivos (alumínio trocável, matéria orgânica e pH em água) e estes insumos envolvem grandes somas de recursos financeiros.

CONCLUSÕES

Para os solos e condições estudadas podem ser inferidas as seguintes conclusões:

1. A matéria orgânica e o alumínio trocável são os mais importantes contribuidores na acidez do solo, estando correlacionados com a quantidade de carbonato de cálcio necessária para controle do pH.

2. O alumínio trocável, matéria orgânica e pH em água são os fatores que, combinados por equação de regressão múltipla, apresentam os coeficientes de correlação mais altos na indicação de corretivos em solos ácidos, para controle do pH, sendo a melhor indicação dada pela equação:

Calcário (t/ha) para pH 6,0 = 13,8 + 0,92 . (matéria orgânica) +
1,74 . (alumínio trocável me/100 g) -
3,02 . (pH em água).

LITERATURA CITADA

1. COLEMAN, N. T. e THOMAS, G. W. - The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R. W. & ADAMS, F. ed. *Soil Acidity and Liming*. Madison, Wisc., ASA, 1967. p. 1 (Agronomy Series, 12).
2. KEENEY, D. R. e COREY, R. B. - Factors affecting the lime requirement of Wisconsin soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* Madison, Wisc., 34(2):252-254, 1970.
3. MCLEAN, E. O.; HEDDLESON, M. R. e POST, G. J. - Aluminum in soils: III. A comparison of extraction methods in soils and clays. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Wisc., 23(2):289-293, 1959.
4. MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. e BOHNEN, H. - *Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia e Veterinária, 1969, 9 p. (Boletim Técnico, 2).

5. MURDOCK, J. et alii - *Determinação quantitativa da calagem*. Porto Alegre, UFRGS, 1969, 23 p. (Mimeografado).
6. PIONKEE, H. B. e COREY, R. B. - Relations between acidic aluminum and soil pH, clay and organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, Wisc., 31(6):749-751, 1967.
7. ROSS, G. J.; LAWTON, K. e ELLIS, B. G. - Lime requirement related to physical and chemical properties of mine Michigan soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* Madison, Wisc., 28(1): 209-211. 1964.
8. VETTORI, L. - *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, E.P.E., 1969. 23 p. (Boletim Técnico, 7).