

# **ALTERAÇÕES NOS COMPONENTES DA ACIDEZ DO SOLO PROMOVIDAS EM CAMADA SUBSUPERFICIAL COMPACTADA PELA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE GESSO<sup>1</sup>**

**Elias Nascentes Borges<sup>2</sup>  
Francisco Lombardi Neto<sup>3</sup>  
Liovando Marciano da Costa<sup>4</sup>  
Gilberto Fernandes Corrêa<sup>2</sup>  
Eloá Velasque Silva Borges<sup>5</sup>**

## **1. INTRODUÇÃO**

A rápida evolução nas pesquisas em fertilidade do solo e nutrição de plantas fez com que o Brasil aumentasse sua produção agrícola nos últimos 40 anos, principalmente pela expansão da fronteira agrícola nas áreas onde predominam os Latossolos.

O uso intensivo desses solos tem provocado a formação de uma camada compactada entre 1 e 3 dm de profundidade, facilmente observável no campo nas áreas com mais de cinco anos em produção intensiva.

---

<sup>1</sup>Aceito para publicação em 1º.07.1997.

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia da UFU. Cx. Postal 593, 38400-902 Uberlândia, MG.

<sup>3</sup>Seção de Fotointerpretação do Instituto Agrônômico, Cx. Postal 28, 13001-970 Campinas, SP.

<sup>4</sup>Departamento de Solos da UFV, 36571-000 Viçosa, MG.

<sup>5</sup>Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Minas Gerais, 38700-000 Ituiubata, MG.

A formação desta camada, em solo inicialmente de excelentes propriedades físicas para o desenvolvimento de plantas, aliada a um subsolo ácido e pobre em nutrientes (9), constitui duplo impedimento à obtenção de maiores produtividades.

A maioria das pesquisas em solos restringe-se à camada mais superficial, relegando-se a segundo plano o conhecimento sobre as camadas mais subsuperficiais.

Condições de alta saturação por  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ , associadas a baixos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , K e P (10), constituem fatores de estrangulamento no aproveitamento do potencial genético das sementes melhoradas e das modernas técnicas de manejo de pragas e doenças hoje utilizadas. Aliada a estas condições químicas desfavoráveis, a formação de camada compactada subsuperficialmente constitui mais um fator a impedir a planta de explorar maior volume de solo, tornando-a sujeita à deficiência de água e nutrientes, principalmente por ocasião dos veranicos.

Como o uso da irrigação suplementar nem sempre é possível, uma alternativa que deveria envolver maior número de pesquisa é a seleção e utilização de genótipos com maior capacidade de desenvolver seu sistema radicular em solo com camada subsuperficial compactada. Para que este trabalho seja efetivo, há necessidade da correção da acidez e de elementos em concentrações tóxicas presentes nestas camadas, possibilitando que as plantas manifestem todo seu potencial genético, desenvolvendo um sistema radicular em ambiente com impedimentos de natureza física.

Práticas de manejo como a incorporação profunda de calcário ou utilização de doses mais altas podem elevar os gastos de energia ou acarretar desbalanceamento nutricional na superfície. Uma alternativa que vem sendo pesquisada, em condições de solo sem compactação, é o uso da mistura gesso+calcário, a qual promoveria a lixiviação de bases e a diminuição da atividade do  $\text{Al}^{3+}$  em profundidade. Contudo, estudos visando à melhoria do estado nutricional da camada compactada pelo uso de sais de reação neutra como o gesso são reduzidos. Assim, esta pesquisa teve por objetivo estudar alterações no pH,  $\text{Al}^{3+}$  e acidez potencial, provocadas pela aplicação de gesso na presença de matéria seca de crotalária (MSC) na camada superficial e de níveis de compactação na camada subsuperficial.

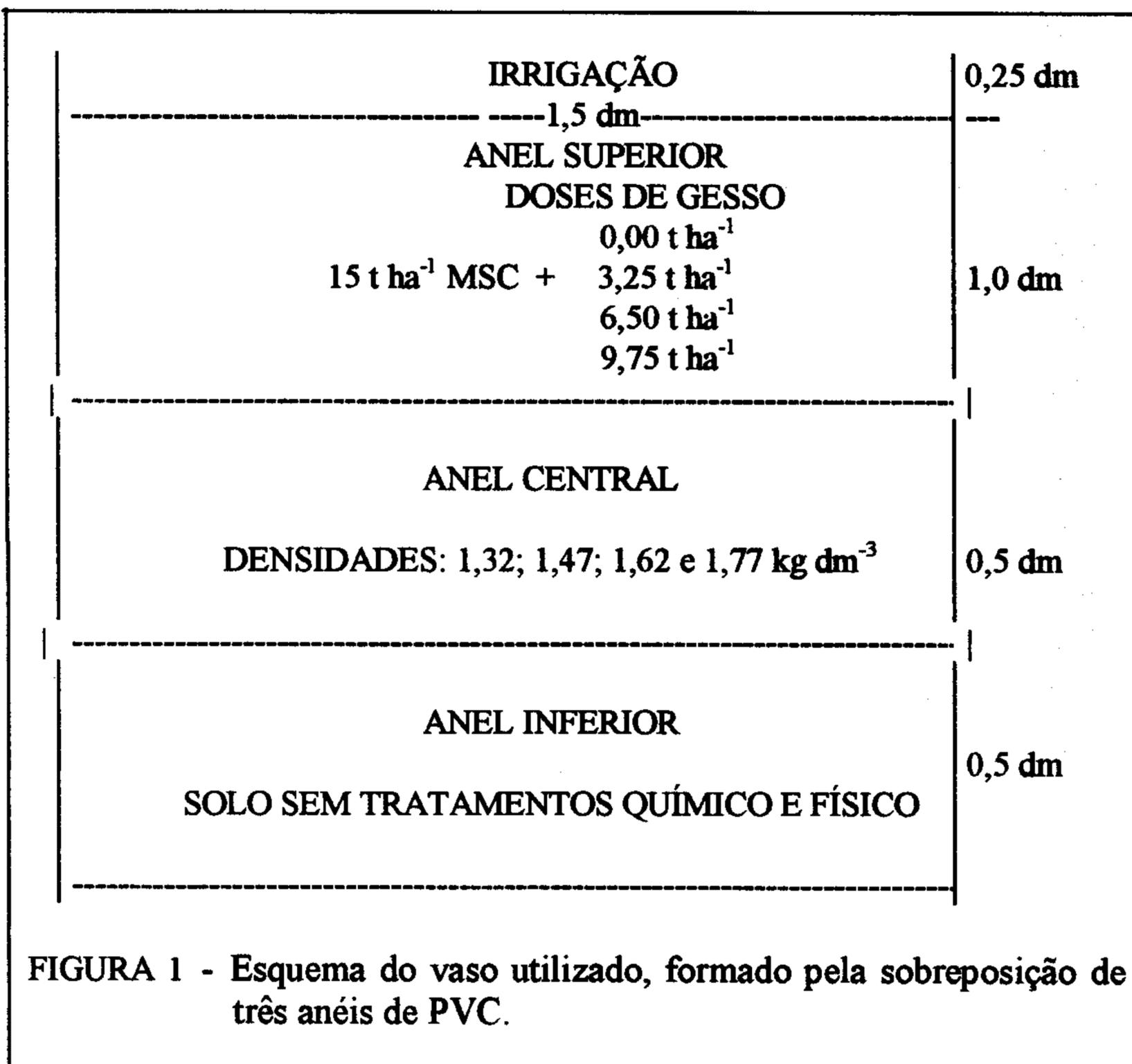
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo da USP/ESALQ, Piracicaba, SP, utilizando crotalária finamente moída (MSC) como adubação verde; gesso agrícola e amostra de Latossolo Vermelho-Escuro álico A, moderado, textura média fase cerrado, subcaducifólio, relevo suave (6), coletada na camada de 1 a 3

dm na Fazenda Experimental Água Limpa, da Universidade Federal de Uberlândia - Uberlândia(MG).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, com os tratamentos constituídos de um fatorial 4x4, correspondendo, respectivamente, a quatro densidades do solo: 1,32 (normal); 1,47; 1,62; 1,77 kg dm<sup>-3</sup>, aplicadas no anel central de uma coluna constituída pela sobreposição de três anéis de PVC (Figura 1); quatro doses de gesso (0,00; 3,25; 6,50; e 9,75 t ha<sup>-1</sup> previamente homogeneizadas com matéria seca de crotalaria (MSC)) equivalente a 15 t ha<sup>-1</sup>, incorporada ao solo do anel superior da coluna.

A amostra de solo, após secagem foi passada em peneira de 2 mm e analisada, apresentando as seguintes características químicas e físicas: pH = 4,2; P = 0,15 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 8,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 0,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 21,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; M.O. = 7,2g dm<sup>-3</sup>, areia grossa = 50 g kg<sup>-1</sup>; areia fina = 550 g kg<sup>-1</sup>; silte = 214 g kg<sup>-1</sup>; argila = 186 g kg<sup>-1</sup>.



O material de solo destinado ao enchimento do anel superior da coluna de PVC recebeu o equivalente a  $2,5 \text{ t h}^{-1}$  de calcário dolomítico com PRNT = 100%. Esta dosagem foi definida após teste de incubação de 0,5 kg de solo com doses crescentes de calcário, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo. Após estabilização do pH, selecionou-se a dose que propiciou um pH mais próximo a 6,5.

A adubação foi realizada com solução nutritiva na seguinte composição e concentração: P =  $280,3 \text{ mg dm}^{-3}$ , fontes:  $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 17,0 \text{ g L}^{-1}$  e  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = 20,1 \text{ g L}^{-1}$ , K =  $147,70 \text{ mg dm}^{-3}$ , fonte:  $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 17,0 \text{ g L}^{-1}$ , N =  $100,0 \text{ mg dm}^{-3}$ , fontes:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 4,1 \text{ g L}^{-1}$  e  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = 20,1 \text{ g L}^{-1}$ , S =  $33,5 \text{ mg dm}^{-3}$ , fontes:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 4,1 \text{ g L}^{-1}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 116,4 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 586,5 \text{ mg L}^{-1}$ , Fe =  $1,55 \text{ mg dm}^{-3}$ , fonte:  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 252,1 \text{ mg L}^{-1}$ , Mn =  $3,66 \text{ mg dm}^{-3}$ , fonte:  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 439,5 \text{ mg L}^{-1}$ , Cu =  $1,39 \text{ mg dm}^{-3}$ , fonte:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 116,4 \text{ mg L}^{-1}$ ; Zn =  $0,20 \text{ mg dm}^{-3}$ ; fonte:  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 16,8 \text{ mg L}^{-1}$ ; B =  $0,82 \text{ mg dm}^{-3}$ , fonte:  $\text{H}_3\text{BO}_3 = 156,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Para possibilitar uma adubação homogênea em toda a amostra de solo utilizada, foram aplicados 45 mL da solução para cada subamostra de  $1,14 \text{ dm}^3$  de solo.

O material de solo destinado ao preenchimento do cilindro central não recebeu tratamento químico, mas foi submetido a diferentes níveis de compactação, mediante a aplicação das cargas de 0,00; 5,94; 9,05; e 13,58 MPa, produzidos por uma prensa hidráulica, até obtenção das densidades de 1,32; 1,47; 1,62; e  $1,77 \text{ kg dm}^{-3}$ . Efetuada a compactação no solo do anel central, os três anéis que formaram a coluna foram unidos por fita adesiva (Figura 1). Em seguida, foram misturadas ao solo do anel superior doses de gesso equivalentes a 0,0; 3,25; 6,50; e  $9,75 \text{ t ha}^{-1}$  previamente homogeneizadas com o correspondente a  $15 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca de crota-lária (MSC). Decorridos 30 dias de incubação do gesso+MSC, com umidade do solo próxima à da capacidade de campo, semeou-se soja variedade IAC - 8. Quarenta e cinco dias após a germinação, as plantas foram cortadas, e o solo do anel central (compactado) foi analisado quanto ao pH, à acidez trocável e ao potencial, conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA/SNLCS (5).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial pelo SANEST, de autoria de ZONTA *et alii* (14), adotando 5% de probabilidade como nível de significância (\*).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Efeito das doses de gesso e da compactação nos valores de pH

A análise de variância dos dados (Quadro 1) evidenciou que tanto

as doses de gesso na presença de MSC, aplicadas na camada superficial, quanto os níveis de compactação, aplicados na camada subsuperficial, afetaram significativamente, mas de modo independente, os valores de pH, determinados no anel central.

O ajuste da regressão quadrática,  $\hat{Y} = 5,2 - 0,11*X + 0,0075*X^2$ , com  $R^2 = 0,94$ , indica que doses crescentes de gesso de até  $7,36 \text{ t ha}^{-1}$  provocaram reduções nos valores do pH até 4,8. PAVAN *et alii* (10) afirmam que o uso do gesso pode aumentar o pH do solo a profundidades maiores que a da camada de aplicação, ocorrendo, no entanto, casos em que o pH não é alterado ou até mesmo diminui. SHAIMBERG *et alii* (11) afirmam que o aumento do pH em profundidade deve-se à movimentação, no perfil do solo, do par  $\text{CaSO}_4^0$ . Este, ao encontrar o subsolo não calcareado, portanto ácido, dissocia-se em  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ . O ânion  $\text{SO}_4^{2-}$  troca-se com o  $\text{OH}^-$  presente na superfície dos sesquióxidos, o qual precipita o  $\text{Al}^{3+}$  com a conseqüente formação do  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

HUE *et alii* (8) afirmam que tal seqüência pode não ocorrer. Segundo este pesquisador, o  $\text{SO}_4^{2-}$  dissociado pelo gesso pode ser adsorvido especificamente na superfície da argila, aumentando a densidade de carga negativa sem elevar o pH do solo, podendo até mesmo provocar ligeira diminuição deste.

Redução nos valores de pH pela aplicação de até  $7,36 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, como observado nesta pesquisa (Quadro 1), pode estar ainda relacionada ao ambiente redutor provocado pelos níveis de compactação. Neste tipo de ambiente, pode predominar microrganismos anaeróbios. Além da baixa atividade decompositora, os produtos da degradação da matéria orgânica podem ser incompletos e de caráter mais ácido, contribuindo, desse modo, para o abaixamento do pH.

Quanto ao efeito dos níveis de compactação nos valores de pH, observa-se que os dados (Quadro 1) ajustaram-se à seguinte equação quadrática:  $\hat{Y} = 15,5 - 14,1*X + 4,6*X^2$ , com  $R^2 = 0,96$ . A derivada primeira desta equação evidencia que ocorre redução nos valores de pH com os níveis de compactação até atingir a densidade de  $1,51 \text{ kg dm}^{-3}$ .

Redução nos valores de pH, até atingir este valor de densidade, pode estar relacionada com a produção de compostos de caráter mais ácido em razão da mudança nas condições de oxirredução, com proliferação de microrganismos anaeróbios, ocorrida com a introdução de um ambiente redutor pela compactação. SIQUEIRA e FRANCO (12) afirmam que "microhabitats" anaeróbios, produzidos pela compactação e, ou, excesso de água, ativam os microrganismos anaeróbios, que produzem ácidos orgânicos alifáticos como o acético, propiônico e butírico, altamente tóxicos às raízes e aos microrganismos aeróbios. Aumento na taxa de exsudação ou de excreções ácidas, produzidas pelas raízes, quando submetidas aum ligei-

submetidas a um ligeiro estresse provocado pela compactação, pode também estar contribuindo para o abaixamento do pH.

**QUADRO 1** – Avaliação dos componentes da acidez em amostras compactadas de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, submetidas a diferentes densidades do solo e doses de gesso

Tipo de Acidez	D solo <sup>(1)</sup> Kg dm <sup>-3</sup>	Gesso <sup>(2)</sup> (t há <sup>-1</sup> )			
		0,00	3,25	6,50	9,75
PH <sub>(H<sub>2</sub>O, 2:1)</sub>	1,32	5,30	4,85	4,95	4,80
	1,47	5,10	4,80	4,67	4,80
	1,62	5,07	4,77	4,72	4,75
	1,77	5,35	5,10	4,95	5,00
	1,32	2,00	2,25	1,03	1,00
Al <sup>3+</sup> (mmolc dm <sup>-3</sup> )	1,47	4,00	3,25	3,25	3,00
	1,62	4,00	2,75	2,65	1,75
	1,77	1,50	0,75	0,70	0,25
	1,32	13,98	15,45	15,00	15,50
(H + Al) mmolc dm <sup>-3</sup>	1,47	19,00	18,00	18,50	15,75
	1,62	17,25	18,75	18,00	16,25
	1,77	17,00	16,74	16,00	16,50
	1,32	13,98	15,45	15,00	15,50

(1) Densidade do solo do anel central da coluna de PVC  
 (2) Doses de gesso misturado ao equivalente de 15t ha<sup>-1</sup> de matéria seca de crotária.

BORGES (2) observou que as raízes desenvolvidas em ambiente compactado, portanto pobres em oxigênio, apresentavam acentuadas alterações morfológicas e, possivelmente, fisiológicas. BALIGAR *et alii* (1) citam que o estresse de raízes, provocado pela compactação do solo, pode ocasionar maior lignificação dos vasos condutores e dos tecidos parenquimatosos, os quais podem estar envolvidos com a liberação de substâncias mais ácidas.

O abaixamento do pH com a compactação pode também estar relacionado com a mudança da microfauna aeróbia para uma microfauna mais anaeróbia, cujo produto final do metabolismo passa a ser mais ácido. CAMARGO (3) cita, ainda, que a deficiência de aeração pode levar à formação de outras substâncias, inclusive mais ácidas e tóxicas aos vegetais e microrganismos.

### 3.2. Efeitos das doses de gesso e da compactação nos teores de Al trocável e na acidez potencial do solo

Conquanto o pH tenha sido reduzido com a aplicação de gesso na presença de MSC (Quadro 1), os teores de  $Al^{3+}$ , determinados na camada subsuperficial da coluna, decresceram linearmente com as doses de gesso, conforme observado na seguinte equação:  $\hat{Y} = 2,81 - 0,14 * X$ , ( $R^2 = 0,96$ ).

Quando doses de gesso são aplicadas na superfície, diversos são os mecanismos sugeridos pelos pesquisadores, para justificar a redução dos teores de  $Al^{3+}$  nas camadas mais profundas do solo. PAVAN *et alii* (10) citam que o  $SO_4^{2-}$  obtido da dissociação do gesso pode, em meio ácido, ligar-se ao  $Al^{3+}$ , formando o  $AlSO_4^+$ , que é de alta mobilidade no perfil do solo. Este pesquisador cita, ainda, que o gesso pode deslocar grupamentos  $OH^-$  das superfícies das argilas, os quais reagem com o  $Al^{3+}$ , produzindo  $Al(OH)_3$ . CHANG e THOMAS (4) enfatizam que em solos que receberam aplicações de gesso ocorrem reações de polimerização de  $Al^{3+}$  com compostos de baixa ou nula solubilidade. Redução nos teores de alumínio, como observado neste estudo, podem ter ocorrido pela ação ou interação dos processos dessa natureza. Estudando reduções dos teores de  $Al^{3+}$  nas camadas mais profundas do solo, SUZUKI *et alii* (13) encontraram reduções de 15% do alumínio trocável quando aplicavam  $15 t ha^{-1}$  de gesso na superfície do solo.

FURLANI e BERTON (7) também afirmam que a adição de produtos contendo  $SO_4^{2-}$  a solos com  $Al^{3+}$  pode acarretar aumento da força iônica do meio, diminuição do alumínio trocável e de  $Al(OH)^{2+}$  e acréscimo de  $AlSO_4^+$ , proporcionando reduções nos teores de alumínio trocável.

Para os níveis de compactação aplicados no material de solo do anel central, observa-se que os teores de alumínio trocável foram crescentes até a densidade de  $1,52 kg dm^{-3}$ , decrescendo para densidades conforme mostra a derivada primeira da equação  $\hat{Y}_{Al^{3+}} = 94,8 + 129,0 * X - 42,4 * X^2$  ( $R^2 = 0,98$ ). Este comportamento quadrático positivo possivelmente esteja relacionado a um maior contato da solução do solo, contendo  $SO_4^{2-}$ , com a fase sólida, rica em  $OH^-$ , provocado por uma leve compactação. Com a presença desses grupamentos  $OH^-$  em solução, os íons  $Al^{3+}$  irão precipitar-se. BORGES (2) observou que a redução nos teores de alumínio trocável, com a aplicação de níveis de compactação na camada central da coluna, era dependente, também, da cultura utilizada. Enquanto na cultura da soja a redução dos teores de alumínio seguia um comportamento quadrático, com menores reduções nos teores de  $Al^{3+}$  para os níveis mais elevados de compactação, na cultura do eucalipto os teores de alumínio foram sempre decrescentes em todos os níveis de compactação estudados. Possivelmente a redução dos teores de  $Al^{3+}$  poderá depender, além dos níveis de compacta-

ção, da qualidade e quantidade dos exsudados, bem como do tipo de microrganismo, característico a cada espécie vegetal e ao ambiente onde crescem.

Quanto à acidez potencial determinada pelo método do SMP, observa-se que esta não foi influenciada pelas doses de gesso, ou seja, para qualquer dose de gesso utilizada a acidez potencial foi, em média, de  $16 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$ , notando, no entanto, efeito significativo para os níveis de compactação aplicados.

Os dados obtidos para a acidez potencial com a aplicação dos níveis de compactação (Quadro 1) permitiram ajustar a seguinte equação:  $\hat{Y}_{(H+Al)} = -87,8 + 133,9 \cdot X - 42,4 \cdot X^2$  ( $R^2 = 0,90$ ), cuja derivada primeira indica que o ponto de maior acidez potencial ocorre quando a densidade é de  $1,58 \text{ kg dm}^{-3}$ . Como a acidez potencial é dependente de várias características do solo, dentre elas a quantidade e qualidade da matéria orgânica, a compactação, na medida em que reduz o espaço de aeração e aumenta o conteúdo volumétrico de umidade, pode ter contribuído para diminuir a atividade dos microrganismos, bem como para mudar a composição dos produtos resultantes da atividade desses microrganismos, proporcionando maior tamponamento do solo até a densidade de  $1,58 \text{ kg dm}^{-3}$ . Para densidades maiores que esta, o ambiente, fortemente redutor, pode ter reduzido drasticamente o desenvolvimento radicular e a atividade dos microrganismos, diminuindo, desse modo, a acidez potencial produzida pelos excretados e, ou, exsudados de raízes e microrganismo.

#### 4. RESUMO

Um experimento utilizando amostra de Latossolo Vermelho-Escuro, álico, textura média e cultura da soja foi desenvolvido em casa de vegetação da ESALQ/USP, Piracicaba(SP), no período de dezembro/1993 a julho/1994, visando avaliar o efeito de doses de gesso na presença de massa seca de crotalária(MSC) e de níveis de compactação subsuperficial, nos componentes da acidez da camada compactada. Os tratamentos, dispostos em fatorial  $4 \times 4$ , com quatro repetições, corresponderam à aplicação, na camada superficial, de quatro doses de gesso ( $0,00$ ;  $3,25$ ;  $6,50$ ; e  $9,75 \text{ t ha}^{-1}$ ) misturadas ao equivalente a  $15 \text{ t ha}^{-1}$  MSC e quatro níveis de compactação (densidades:  $1,32$ ;  $1,47$ ;  $1,62$ ; e  $1,77 \text{ kg dm}^{-3}$ ), aplicados com prensa hidráulica no material de solo do anel central de uma coluna formada pela sobreposição de três anéis de PVC de  $1,5 \text{ dm}$  de diâmetro. Observou-se que tanto as doses de gesso quanto os níveis de compactação aplicados apresentaram comportamento quadrático, com pontos de menor pH em  $7,36 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso e densidade do solo de  $1,51 \text{ kg dm}^{-3}$ . Quanto aos teores de  $\text{Al}^{3+}$  e (H+Al), observou-se que o gesso não afetou significativamente a

teores de  $\text{Al}^{3+}$  e (H+Al), observou-se que o gesso não afetou significativamente a acidez potencial (H+Al) e reduziu linearmente a acidez trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ). Com a aplicação dos níveis de compactação, tanto a acidez trocável quanto a potencial aumentaram até as densidades de 1,52 e 1,58  $\text{kg dm}^{-3}$  respectivamente, reduzindo-se para densidades maiores que estas.

## 5. SUMMARY

### (ALTERATION ON THE COMPONENTS OF SOIL ACIDITY INTRODUCED TO COMPACTED SUBSOIL LAYER BY APPLYING GYPSUM)

An experiment was designed to evaluate the effects of a combination of gypsum and crotalária dried matter (CDM) with different levels of compacted subsoil layer on the components of acidity of the compacted layer. The study was set up in sandy oxisol samples planted with soybean crop located at the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brazil, from December/1993 to July/1994. A factorial 4x4 design was used with four replications. The treatments consisted of four doses of gypsum (0.0, 3.25, 6.50, and 9.75  $\text{t ha}^{-1}$ ) mixed to 15  $\text{t ha}^{-1}$  of CDM and four levels of soil compaction (densities: 1.32, 1.47, 1.62, and 1.77  $\text{kg dm}^{-3}$ ). Densities were obtained by applying a hydraulic pressure on the soil in a middle ring of a column consisted of three juxtaposed 1.5 dm rings. All treatments had a quadratic behavior with lower pH values for treatments of 7.36  $\text{t ha}^{-1}$  gypsum+CDM and soil density of 1.51  $\text{kg dm}^{-3}$ . It was also observed that treatments with gypsum+CDM did not significantly influence the potential acidity (H+Al); however it caused a linear reduction in the acidity ( $\text{Al}^{3+}$ ). The potential and exchangeable acidities increased with soil densities up to 1.52 and 1.58  $\text{kg dm}^{-3}$ , respectively, followed by a reduction with greater densities.

## 6. LITERATURA CITADA

1. BALIGAR, V.C.; NASH, V.E.; HARE, M.L. & PRICE Jr., J. A. Soybean root anatomy as influenced by soil bulk density. *Agron. J.*, 67:842-844, 1975.
2. BORGES, E.N. *Resposta da soja e do eucalipto a camadas compactadas de solo*. Viçosa, UFV, 1986. 74p. (Tese de Mestrado).
3. CAMARGO, A.O. *Compactação do solo e desenvolvimento de plantas*. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 44p.
4. CHANG, M.L. & THOMAS, G.W. A suggested mechanism for sulfate adsorption by soils. *Proc. Soil. Sci. Soc. Am.*, 27:281-283, 1963.
5. EMPRESA BASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979. n.p.

6. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro*. Rio de Janeiro, 1982. 526p.
7. FURLANI, P.R. & BERTON, R.S. Atividade de cálcio e alumínio e desenvolvimento radicular. *In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2.*, Uberaba, 1992. São Paulo, Ed. Nagy, 1992. p.122-138.
8. HUE, N.V.; ADAMS, P. & EVANS, C.E. Sulfate retention by an acid B horizon of an Ultisol. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 49: 1196-1200, 1985.
9. LOPES, A.S. *Solos sob "cerrado". Características, propriedades e manejo*. Piracicaba, Instituto Internacional da Potassa, 1984. 162p.
10. PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum application to a Brazilian oxisol. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 48: 33-38, 1984.
11. SHAINBERG, I.; SUMNER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.; PAVAN, M.A. & FEY, M.V. Use of gypsum on soils: A review. *Adv. in Soil Sci.*, 9: 101-111, 1989.
12. SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. *Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília, MEC/ABEAS, 1988. 236p.
13. SUZUKI, A.; BASSO, C. & WILMS, F.W.W. O uso de gesso como fonte complementar de cálcio em macieira. *In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2.*, Uberaba, 1992. São Paulo, Ed. Nagy, 1992. p.225-262.
14. ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. & SILVIERIA JUNIOR, P. *Sistema de análise estatística para microcomputadores - SANEST*. Pelotas, UFPel, 1984. 80p.