

Usos do gesso agrícola



Névio João Nuernberg
Tássio Dresch Rech
Clori Basso

ISSN 0100-7416

BOLETIM TÉCNICO Nº 122

Usos do gesso agrícola

Névio João Nuernberg
Tássio Dresch Rech
Clori Basso



EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL
DE SANTA CATARINA S.A.
FLORIANÓPOLIS
2005

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. – Epagri
Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorobi, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, SC, Brasil
Fone: (48) 239-5500, fax: (48) 239-5597
Internet: www.epagri.rct-sc.br
E-mail: epagri@epagri.rct-sc.br

Editado pela Gerência de Marketing e Comunicação – Epagri/GMC

Assessoria científica deste trabalho: Eloi E. Scherer e Renato Dittrich

Primeira edição: setembro de 2002
Primeira tiragem: 1.000 exemplares
Segunda tiragem: 300 exemplares (mar. 2004)
Segunda edição: fevereiro de 2005 (revista e atualizada)
Primeira tiragem: 1.000 exemplares
Segunda tiragem: 500 exemplares (out. 2005)
Impressão: Epagri

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que citada a fonte.

Referência bibliográfica

NUERNBERG, N.J.; RECH, T.D.; BASSO, C. *Usos do gesso agrícola*. 2.ed. Florianópolis: Epagri, 2005. 36p. (Epagri. Boletim Técnico, 122).

Solo; Corretivo; Gesso.

ISSN 0100-7416



APRESENTAÇÃO

Este Boletim objetiva reunir os resultados de pesquisas conduzidas nos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, bem como de outros locais do Brasil e do mundo que possam suportar os trabalhos aqui conduzidos. Não é intenção esgotar o tema, mas, sim, fornecer aos extensionistas e produtores material escrito que sirva de suporte técnico no processo de tomada de decisão quanto ao uso do gesso agrícola, nos seus mais diferentes aspectos.

No passado, ocorreram confundimentos entre o calcário e o gesso agrícola, devido à falta de resultados de pesquisa. Muitos produtores, e até mesmo técnicos, utilizaram o gesso também como corretivo da acidez do solo. No entanto, cada um desses produtos desempenha papel completamente diferente como insumo agrícola. O calcário, quando aplicado em solos ácidos, atua diretamente sobre as fontes de acidez do solo elevando o pH, enquanto que o gesso agrícola atua sobre estas mesmas fontes sem efeito direto sobre o pH. O gesso atua como fonte de nutrientes e condicionador do solo. A resposta ao gesso em alguns solos pode demorar vários anos para ser mensurável e é dependente de condições climáticas desfavoráveis – estiagem prolongada. Isto tem sido uma das causas do pouco interesse do seu uso na agricultura no Sul do Brasil.

Em Santa Catarina, o gesso agrícola disponível foi gerado como um subproduto da produção do ácido fosfórico pela Indústria Carboquímica Catarinense – ICC –, em Imbituba, e foi sempre considerado um rejeito. Foi somente a partir dos resultados das pesquisas desenvolvidas em outros países, inicialmente na África do Sul, que o gesso passou a ser usado na agricultura como fonte de cálcio e enxofre e como condicionador de solos.

No Brasil, muitos resultados positivos ao uso do gesso foram obtidos nos solos dos Cerrados. Esses solos são, normalmente, deficientes em cálcio associado ou não com a toxicidade por alumínio. Contudo, os resultados obtidos naquela região não podem ser extrapolados para as condições do Sul do Brasil, cujos solos apresentam características distintas daqueles. Em conseqüência disso, há necessidade de se desenvolverem tecnologias adequadas às condições catarinenses.

SUMÁRIO

| | Pág. |
|--|------|
| LISTA DE FIGURAS | 7 |
| LISTA DE TABELAS | 9 |
| 1 Introdução | 11 |
| 2 O gesso como fonte de nutrientes (efeito fertilizante) | 12 |
| 2.1 Fonte de cálcio (Ca) | 13 |
| 2.2 Fonte de enxofre (S) | 15 |
| 3 O gesso como condicionador de solos | 16 |
| 3.1 Condicionador de características físicas | 16 |
| 3.1.1 Resistência do solo à penetração das raízes | 16 |
| 3.1.2 Encrostamento superficial de solos | 17 |
| 3.2 Condicionador do ambiente radicular em subsolos ácidos | 19 |
| 3.3 Condicionador de compostos e esterco | 30 |
| 4 Equipamentos para aplicação | 31 |
| 5 Avaliação econômica do gesso agrícola | 31 |
| 6 Recomendações e dosagem de gesso | 33 |
| 7 Testes de responsividade de solos ao gesso | 33 |
| 8 Literatura citada | 34 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Teor de cálcio na solução de dois solos Cambissolos de São Joaquim (A) com 4% e (B) 7% de matéria orgânica, respectivamente | 14 |
| Figura 2. Relação cálcio:magnésio no solo em diferentes profundidades, em função dos tratamentos aplicados, (A) Caçador, SC e (B) Campos Novos, SC | 15 |
| Figura 3. Resistência ao penetrômetro no perfil do solo (A) 16 anos após a aplicação de diversos tratamentos: testemunha (sem gesso); gesso agrícola aplicado na superfície; todo o perfil misturado revolvido e posterior calagem até 20cm e (B) oito anos após a primeira aplicação de doses de gesso na superfície | 17 |
| Figura 4. Dificuldade de germinação e desuniformidade das plântulas de leguminosa germinadas em solo com problemas de encrostamento superficial | 18 |
| Figura 5. Taxa de infiltração da água de chuva artificial sem e com aplicação de gesso na superfície do solo | 19 |
| Figura 6. Distribuição das raízes de alfafa (A) na camada de solo corrigida pela calagem e (B) no perfil de um solo não calcariado e sem problemas de acidez no subsolo | 20 |

| | |
|--|----|
| Figura 7. Densidade de raízes do milho (plantio direto, safra 2001/02, ponto de silagem) no perfil de um solo Latos-solo com 70% de argila, oito anos após a primeira aplicação de doses de gesso na superfície, Campos Novos, SC | 22 |
| Figura 8. (A) Resposta do milho e (B) da soja cultivados em sucessão sem preparo convencional do solo, ao gesso agrícola, cujas doses de zero, 1, 2 e 4t/ha foram aplicadas na superfície em 1994 e reaplicadas em 1996. (Em 1992, já haviam sido aplicadas 2t/ha de gesso agrícola em toda a área). Distribuição das chuvas ocorridas durante as safras | 23 |
| Figura 9. Resposta ao gesso da sucessão feijoeiro/trigo/soja/milho, com semeadura: (A) 1, (B) 8, (C) 12 e (D) 24 meses, respectivamente, após a aplicação de gesso em um Latossolo do município de Campo Belo do Sul, SC..... | 25 |
| Figura 10. Resposta do (A) campo natural melhorado e das (B) leguminosas introduzidas ao calcário e ao gesso agrícola utilizados de forma isolada ou combinada num solo Cambissolo – Lages, SC | 27 |
| Figura 11. Teores de (A) cálcio, (B) magnésio e (C) índices de saturação por alumínio ao longo do perfil do solo Cambissolo – Lages, SC, sob campo natural melhorado com introdução de leguminosas e aplicação de calcário e gesso agrícola de forma isolada ou combinada | 27 |
| Figura 12. Modelo esquemático de análise econômica utilizando-se a resposta do milho e da soja sob plantio direto ao gesso agrícola, cujas doses de zero, 1, 2 e 4t/ha foram aplicadas na superfície do solo em 1994 e reaplicadas em 1996 | 32 |
| Figura 13. Responsividade de subsolos ao gesso agrícola..... | 34 |

LISTA DE TABELAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabela 1. Quantidade de água disponível em diferentes profundidades, em solos do Cerrado com diferentes teores de argila, sob cultivo | 21 |
| Tabela 2. Resposta da cevada, da soja, do milho (grãos) e da aveia (matéria seca) em Latossolo a doses de gesso aplicadas antes do primeiro cultivo de cevada | 24 |
| Tabela 3. Resposta do milho e da aveia forrageira ao gesso agrícola num Argissolo com 17% de argila | 26 |
| Tabela 4. Valores relativos à testemunha da densidade de raízes de macieira sob diferentes fontes de cálcio aplicadas na superfície de dois solos do Paraná | 28 |
| Tabela 5. Valores relativos à testemunha da concentração de cálcio nas folhas e nos frutos, tamanho dos frutos e rendimento das plantas sob diferentes fontes de cálcio aplicadas na superfície de dois solos do Paraná | 29 |

Usos do gesso agrícola

Névio João Nuernberg¹
Tássio Dresch Rech²
Clori Basso³

1 Introdução

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – sulfato de cálcio di-hidratado), disponível no Estado de Santa Catarina, é um subproduto industrial derivado da fabricação do ácido fosfórico. Por conter resíduos de fósforo na sua composição (0,7% a 0,9% P_2O_5), é erroneamente chamado de fosfogesso. Na sua composição química básica, o gesso agrícola contém os elementos cálcio (17% a 20%), enxofre (14% a 17%) e água livre (15% a 20%). O gesso, além de ser uma fonte desses nutrientes para as plantas, atua também em vários processos físico-químicos no perfil do solo como condicionador e melhorador de solos sódicos e solos argilosos. Nas pesquisas mais recentes, realizadas em várias partes do mundo, o uso do gesso foi estendido a solos ácidos inférteis para aliviar os danos causados pela acidez no subsolo, na redução do encrostamento superficial de solos que contêm argilas que se dispersam em água e na redução da resistência à penetração das raízes em solos com camadas subsuperficiais adensadas.

Dessa forma, os solos que potencialmente podem responder ao gesso apresentam uma ou mais das seguintes características:

- acidez elevada, principalmente nas camadas subsuperficiais, onde o teor de alumínio trocável (tóxico para as raízes das plantas) é elevado e os teores de bases (cálcio, magnésio e potássio) são baixos;
- presença de argilas dispersíveis em água;
- camada subsuperficial compactada, naturalmente ou pela ação de equipamentos agrícolas.

-
1. Eng. agr., Ph.D., Epagri/Gerência Técnica e Planejamento, C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 239-5590, fax: (48) 239-5597, e-mail: nevio@epagri.rct-sc.br.
 2. Eng. agr., M.Sc., Epagri/Estação Experimental de Lages, C.P. 181, 88502-970 Lages, SC, fone/fax: (49) 224-4400, e-mail: tassio@epagri.rct-sc.br.
 3. Eng. agr., Ph.D., Epagri/Estação Experimental de Caçador, C.P. 591, 88500-000 Caçador, SC, fone: (49) 563-0211, fax: (49) 563-3211, e-mail: clori@epagri.rct-sc.br.

No Sul do Brasil, a pesquisa com o gesso agrícola é muito incipiente e a maioria dos trabalhos não foi sequer publicada. Ernani et al. (1992) juntaram alguns desses resultados e os apresentaram no II Seminário sobre o uso do gesso agrícola, realizado em Uberaba, MG, servindo de fonte importante de dados para este Boletim.

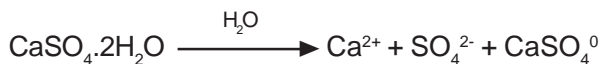
Neste Boletim serão apresentados vários aspectos do uso do gesso como fonte de nutrientes para as plantas, como condicionador de solos e nas respostas das culturas. Também serão feitas algumas inferências sobre outros usos do gesso com ação indireta na agricultura. Procurou-se juntar e descrever as informações de modo a auxiliar o usuário deste Boletim no julgamento e na tomada de decisão quanto ao uso do gesso agrícola, sem, contudo, esgotar o tema.

2 O gesso como fonte de nutrientes (efeito fertilizante)

O gesso agrícola apresenta-se como um pó branco e fino (<180 meshes). Quando muito seco, dificulta a sua aplicação devido à formação de grande quantidade de pó. Um teor de umidade entre 10% e 15% facilita sua aplicação. Sendo cerca de 150 vezes mais solúvel que o calcário e mais móvel que este, seu efeito pode ser observado em camadas de solo mais profundas.

A aplicação de 1t/ha de gesso com 15% de umidade adiciona aproximadamente 200kg de cálcio, 160kg de enxofre e 8kg de fósforo na forma de P_2O_5 . A quantidade de cálcio adicionada, neste caso, eleva o seu teor na camada de solo entre zero e 20cm em cerca de 0,5meq/100g de solo (0,5cmol_c/kg). Esta informação é básica para se estimar a quantidade de gesso necessária para melhorar a relação cálcio:magnésio em solos cujo pH já foi anteriormente elevado pela calagem.

Na solução do solo, o gesso dissocia-se pela hidrólise segundo a equação:



Os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} , após a dissociação, participarão do complexo de troca de cátions e ânions, respectivamente. Segundo Pavan & Bigham (1982), o par iônico $CaSO_4^0$ move-se no perfil do solo, facilitando a descida de complexos químicos solúveis neutros ($CaSO_4^0$, $MgSO_4^0$ e $K_2SO_4^0$) ao subsolo. A intensidade dessa movimentação de íons no perfil varia de solo

para solo, como resultado da composição mineral e orgânica, da textura e, principalmente, da estrutura e das condições climáticas.

2.1 Fonte de cálcio (Ca)

O calcário, além de corretivo da acidez do solo, tem sido empregado como fonte de cálcio e magnésio para as principais culturas de interesse econômico. O cálcio desempenha papel fundamental para a ramificação lateral e o crescimento das raízes e pêlos radiculares, atua na divisão e extensão das células, na estrutura da parede celular, na seletividade, permeabilidade e estrutura da membrana celular e na regulação da absorção de outros íons. É fundamental aos microrganismos que se associam às plantas. Em outras palavras, o cálcio funciona como um condicionador do ambiente radicular, cujos efeitos são observados tanto nos primórdios do crescimento das raízes quanto na resistência de frutos em pós-colheita durante a armazenagem. A relação do cálcio com outros elementos, especialmente com nitrogênio, potássio e magnésio, determina o aparecimento ou não de distúrbios fisiológicos em frutos, especialmente em maçãs.

Em muitas situações, o gesso agrícola pode contribuir para ampliar a relação cálcio:magnésio, melhorando a nutrição das plantas e a estrutura do solo. Para macieira, essa relação deveria ser de 3:1 a 5:1. Em culturas que têm a possibilidade de manifestar distúrbios fisiológicos nos frutos (maçã, tomate, batata, café e citros), associados à insuficiência de cálcio, o gesso agrícola aplicado à superfície do solo pode reduzir a manifestação desses distúrbios (Bramlage, 1995). Segundo esse autor, o gesso agrícola aplicado, mesmo que na superfície do solo, promove a elevação dos teores de cálcio nos frutos, pois sendo mais solúvel em água que o calcário move-se mais rapidamente ao longo do perfil, aumenta consideravelmente o cálcio disponível, enquanto que redistribui o potássio e o magnésio, incrementa a absorção de cálcio pelas raízes e, depois de dois a três anos, melhora significativamente o teor de cálcio no fruto. Esse autor afirma, ainda, que os aumentos no teor de cálcio no fruto são pequenos, porém, consistentes por vários anos após a aplicação do gesso. Isto implica na reaplicação periódica do produto.

Nuernberg (2002, não publicado), num ensaio de laboratório, incubou dois solos de São Joaquim, SC, com cinco doses de calcário combinadas com cinco doses de gesso agrícola, por quatro semanas. Após esse período, extraiu a solução do solo e determinou o teor de cálcio. O autor verificou incrementos acentuados no teor de cálcio na

solução do solo quando da presença do gesso. Essa quantidade, contudo, variou entre os dois solos estudados; essa diferença foi atribuída ao teor matéria orgânica dos mesmos (Figura 1).

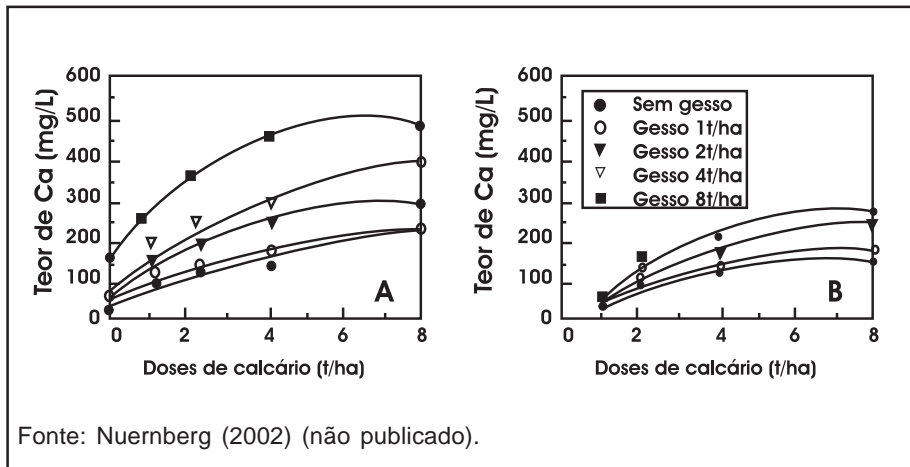


Figura 1. Teor de cálcio na solução de dois solos Cambissolos de São Joaquim (A) com 4% e (B) 7% de matéria orgânica, respectivamente

A melhoria da relação cálcio:magnésio foi demonstrada por Suzuki et al. (1992) num experimento conduzido em Caçador, SC, num solo Latossolo Húmico Distrófico cultivado com a macieira cultivar Golden Delicious/EM7 (Figura 2A), e por Nuernberg & Pandolfo (2002), num sistema de sucessão de culturas anuais em plantio direto no município de Campos Novos, com o mesmo tipo de solo e com 70% de argila na sua composição (Figura 1B). Como pode ser observada nas figuras, a relação Ca:Mg se reduz com a profundidade, tornando-se menor que aquela observada na testemunha. Isto ocorre porque a movimentação do íon magnésio é maior que a do cálcio (Figura 2B).

Algumas culturas exigem abundância de cálcio disponível no solo, como é o caso do amendoim e da batata. O amendoim demanda grande quantidade de cálcio prontamente disponível no local onde os frutos se enterram, pois absorve grande quantidade de cálcio através da casca do legume. Para esta cultura, especialmente em solos arenosos com baixa capacidade de troca de cátions (CTC), o gesso agrícola tem sido recomendado em aplicações anuais de 0,5 a 1t/ha em cobertura, no início do florescimento. Para a batata, a elevação do pH do solo pela calagem, a

valores maiores que 5,5, favorece o aparecimento de doenças como a sarna. Portanto, o gesso pode ser usado como fonte de cálcio, pois ele não afeta o pH do solo.

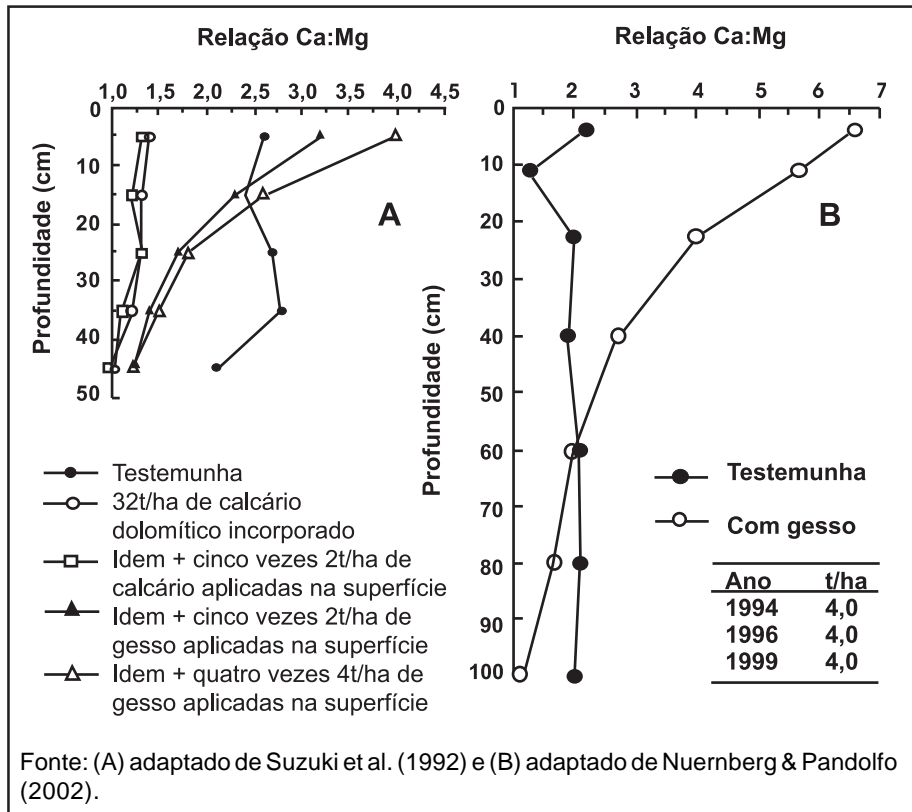


Figura 2. Relação cálcio:magnésio no solo em diferentes profundidades, em função dos tratamentos aplicados, (A) Caçador, SC e (B) Campos Novos, SC

2.2 Fonte de enxofre (S)

O enxofre ocorre naturalmente nos solos nas formas orgânica e inorgânica. O enxofre ligado aos componentes orgânicos do solo constitui-se na maior reserva deste nutriente, podendo chegar a 100% do enxofre total em solos orgânicos ou turfosos. A fração inorgânica do enxofre predomina na forma do íon SO_4^{2-} que pode estar dissolvido na solução do

solo ou adsorvido aos colóides do solo, dependendo do teor de umidade (Mengel & Kirkby, 1978).

O enxofre tem funções vitais nas plantas, pois é componente dos aminoácidos essenciais metionina e cistina, participa no metabolismo das albuminas e está ligado às vitaminas biotina e tiamina. Para as leguminosas, sua importância é ainda maior, pois atua no processo de fixação biológica do nitrogênio e na transformação do nitrogênio não protéico em proteína, seja ele absorvido do solo ou fixado do ar simbioticamente.

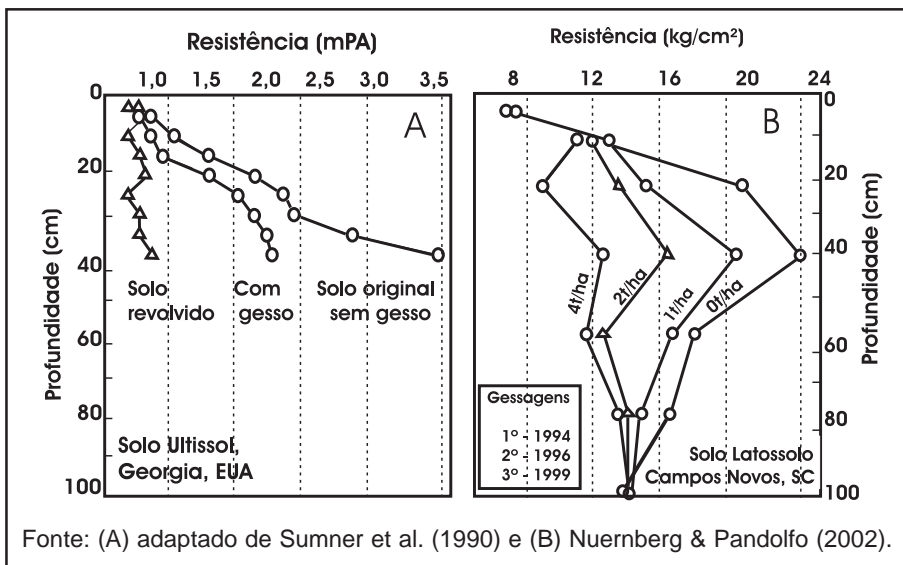
De maneira geral, os solos do sul do Brasil não têm apresentado problemas de suprimento de enxofre às plantas. Contudo, em muitas partes do Brasil, as respostas ao enxofre têm sido observadas em situações de baixa precipitação, de uso continuado de fertilizantes minerais com baixos teores de enxofre (fórmulas concentradas) e/ou pela redução do teor de matéria orgânica do solo. Nessas situações, para culturas altamente exigentes em enxofre, como é a canola (brássica oleaginosa), a insuficiência de enxofre pode ser eliminada pelo uso do gesso.

3 O gesso como condicionador de solos

3.1 Condicionador de características físicas

3.1.1 Resistência do solo à penetração das raízes

Alguns solos altamente intemperizados, principalmente os de origem granítica, ou aqueles com elevados teores de argila, limitam a penetração das raízes por apresentarem camadas subsuperficiais endurecidas, em adição às barreiras químicas. Pesquisas recentes têm demonstrado que o gesso promove reduções significativas na resistência da camada compactada (Sumner et al., 1990, Nuernberg & Pandolfo, 2002). A Figura 3A mostra o efeito do gesso agrícola aplicado na superfície, comparado com outros tratamentos do perfil do solo até a profundidade de 40cm, e a Figura 3B, a resposta de doses de gesso aplicadas também na superfície. Segundo Sumner et al. (1990), a redução da resistência à penetração é um processo lento e resulta de interações que envolvem não somente processos físico-químicos no perfil do solo, mas também de processos biológicos intermediados por microrganismos e pelas próprias plantas.



Fonte: (A) adaptado de Sumner et al. (1990) e (B) Nuernberg & Pandolfo (2002).

Figura 3. Resistência ao penetrômetro no perfil do solo (A) 16 anos após a aplicação de diversos tratamentos: testemunha (sem gesso); gesso agrícola aplicado na superfície; todo o perfil misturado revolvido e posterior calagem até 20cm e (B) oito anos após a primeira aplicação de doses de gesso na superfície

3.1.2 Encrostamento superficial de solos

Pelo cultivo, os solos perdem matéria orgânica (agente cimentante que une as partículas de solo) e, conseqüentemente, os agregados tornam-se mais suscetíveis à degradação por forças físicas, tais como o impacto das gotas de chuva, o tráfego de máquinas e o pisoteio de animais. Estas forças, agindo junto à superfície, separam as partículas finas de solo (argila e silte) dos grãos de areia, tornando-as dispersas e móveis na água. Ao infiltrar, a água arrasta consigo essas partículas causando a obstrução dos poros na superfície do solo.

As partículas de argila podem se dispersar sob a influência de energia mecânica mesmo na ausência de um agente dispersante, como o sódio, se a concentração eletrolítica é suficientemente baixa. No caso das chuvas, a energia das gotas se transfere aos agregados, ocasionando a separação e a dispersão da argila e do silte. Isto dá origem ao que se

chama "camada lavada" (grãos limpos de areia permanecem sobre a superfície) e uma "camada acumulada" (selo delgado, no qual os poros do solo estão bloqueados) imediatamente abaixo dos grãos limpos de areia.

Tal selamento de poros, além de impedir a penetração da água, aumenta o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão. Ao secar, a camada superficial forma uma crosta que impede a emergência das plântulas, principalmente as das leguminosas. Sendo a crosta muito dura, o frágil caule que está se formando pode se quebrar por não conseguir arrastar os cotilédones para fora da terra (Figura 4). Uma população inadequada de plantas na lavoura deixa abertura suficiente para o estabelecimento de plantas invasoras e para as chuvas ocasionarem maiores danos. Tais solos são ainda mais severamente prejudicados quando se aplica salitre do Chile como fonte de nitrogênio, pois ele contém 19% de sódio na sua composição.



Figura 4. *Dificuldade de germinação e desuniformidade das plântulas de leguminosa germinadas em solo com problemas de encrustamento superficial*

Esse tipo de problema pode ser amenizado com práticas corretas de manejo do solo que preconizam a manutenção de cobertura superficial, seja ela verde ou com resíduos de culturas anteriores. Uma das práticas mais recomendadas atualmente é o plantio direto, desde que se tenham resíduos suficientes para manter a superfície coberta. Outra alternativa que deve ser empregada de forma complementar é a aplicação de gesso agrícola sobre a superfície do solo, imediatamente após a semeadura. O gesso, aplicado na superfície, é dissolvido pela água da chuva, aumentando a concentração eletrolítica na solução, promovendo a floculação das partículas, aumentando a quantidade de água infiltrada (Figura 5), minimizando o encrustamento

superficial e favorecendo a germinação das sementes grandes (soja, feijão, etc.). As áreas gráficas delimitadas pelas linhas que representam as taxas de infiltrações com as coordenadas do gráfico indicam os volumes totais de água que efetivamente infiltraram no solo, enquanto que aquelas acima das linhas de resposta indicam as quantidades de água que escorreram na superfície. Portanto, o volume de água infiltrado no solo tratado com gesso foi muito maior que aquele observado na testemunha.

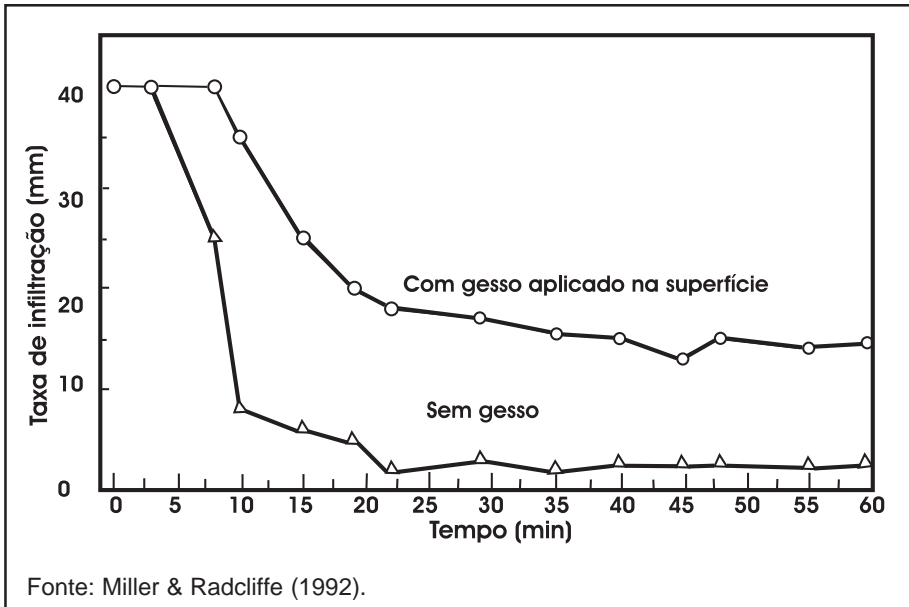


Figura 5. Taxa de infiltração da água de chuva artificial sem e com aplicação de gesso na superfície do solo

Os solos que potencialmente podem apresentar problemas de encrostamento superficial são aqueles originários de rochas graníticas ao longo da Serra do Mar e solos originários de materiais sedimentares, presentes também no Planalto Catarinense, principalmente se o teor de matéria orgânica for muito baixo.

3.2 Condicionador do ambiente radicular em subsolos ácidos

A camada arável de um solo é facilmente corrigida com a calagem,

a qual cria um ambiente adequado às raízes das plantas cultivadas pela elevação do pH e fornecimento de cálcio e magnésio (calcário dolomítico) ou somente cálcio (calcário calcítico). O calcário aplicado na superfície pouco influencia os subsolos ácidos, pois seu movimento no perfil do solo é muito lento. Em subsolos ácidos também pode haver insuficiência de cálcio, que, associada a teores elevados de alumínio tóxico, restringe o crescimento das raízes apenas à camada calcariada, resultando em uma grande suscetibilidade a estresse hídrico (Figura 6).

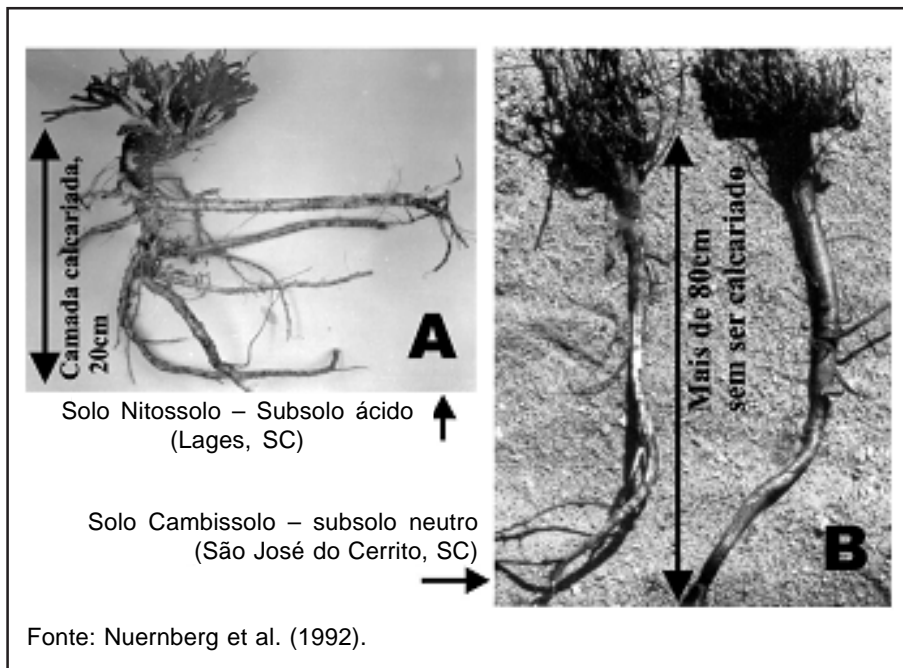


Figura 6. *Distribuição das raízes de alfafa (A) na camada de solo corrigida pela calagem e (B) no perfil de um solo não calcariado e sem problemas de acidez no subsolo*

A conseqüência da concentração das raízes na camada arável do solo é um problema mais facilmente notado nos anos em que ocorrem períodos de estiagem mais prolongados. Tal efeito é mais severo nos solos com menor teor de argila e matéria orgânica, devido à baixa capacidade de retenção de água. Estes dados podem ser observados em estudo feito para as condições do Cerrado (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de água disponível em diferentes profundidades, em solos do Cerrado com diferentes teores de argila, sob cultivo

| Teor de argila (%) | Profundidade (cm) | | | |
|--------------------|-----------------------|---------|---------|--------|
| | 0 a 10 | 10 a 30 | 30 a 50 | 0 a 50 |
| | Água (mm) | | | |
| 12 | 4,4 | 9,2 | 11,8 | 25,4 |
| 18 | 6,1 | 15,0 | 15,4 | 36,5 |
| 68 | 11,9 | 23,8 | 23,8 | 59,5 |

Fonte: Souza et al. (1997).

Nos solos com alta saturação por alumínio, associada ou não ao baixo teor de cálcio, é possível melhorar o ambiente radicular da subsuperfície para que as raízes encontrem condições adequadas para se desenvolver em camadas mais profundas e buscar a água que necessitam.

A calagem pode ser efetuada em camadas mais profundas, porém demanda equipamentos especiais, elevando os custos. A aplicação de altas doses de calcário não significa que todo ele será dissolvido, elevando proporcionalmente o pH, pois a solubilidade dos carbonatos diminui à medida que aumenta o pH do meio, chegando a estabilizar próximo a pH 7 mesmo com excesso de calcário. Aplicando 32,4t/ha (duas vezes o índice SMP) de calcário dolomítico num Latossolo com pomar de macieira em Caçador, SC, Suzuki et al. (1992) observaram que, após 60 meses da aplicação do calcário dolomítico, cerca de 63% do cálcio e 60% do magnésio encontravam-se nas formas não trocáveis, mesmo com condições de umidade favoráveis. O gesso agrícola pode ser mais efetivo que o calcário na elevação dos teores de cálcio e na redução da saturação por alumínio na subsuperfície, aumentando o volume de solo explorado pelas raízes, permitindo às plantas tolerarem melhor as estiagens mais prolongadas ou veranicos, utilizando com maior eficiência os nutrientes aplicados ou os originários do solo.

Pelo exposto, de modo geral, o gesso melhora o ambiente radicular por aumentar o teor de cálcio em profundidade, diminuir a saturação por alumínio (conseqüência da anterior) e por diminuir a absorção de alumínio pelas raízes devido à formação de compostos não tóxicos ($AlSO_4^+$). No Brasil central e em outras partes do mundo, tem-se observado aumento significativo no crescimento das raízes em profundidade, como exemplificado na Figura 7.

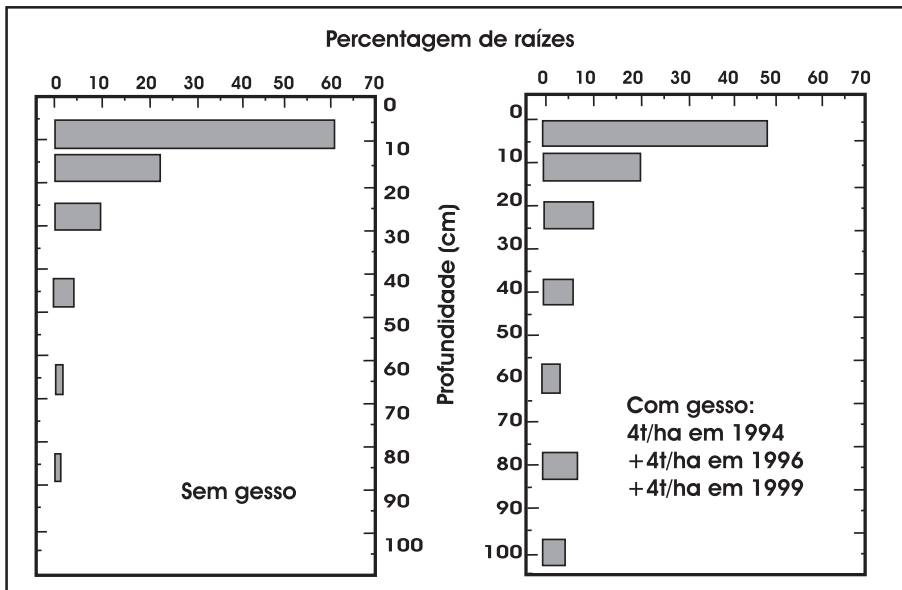


Figura 7. Densidade de raízes do milho (plantio direto, safra 2001/02, ponto de silagem) no perfil de um solo Latossolo com 70% de argila, oito anos após a primeira aplicação de doses de gesso na superfície, Campos Novos, SC

A resposta das plantas ao gesso nem sempre é imediata. Muitas vezes são necessários vários anos para que os resultados se tornem significativos. A maioria das pesquisas com gesso no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina foi concluída com dados de dois a três anos, exceto as conduzidas com macieira na região do Alto Vale do Rio do Peixe, SC. Na maioria das vezes as respostas somente são manifestadas em anos com períodos de estiagem prolongada. Neste caso, a resposta da cultura pode ser atribuída ao maior aprofundamento das raízes no subsolo, capazes de absorver água de maior profundidade.

Numa unidade de observação, no município de Campos Novos (solo Latossolo), na qual o gesso agrícola foi aplicado em parcelas de 17 x 60m, observaram-se respostas ao gesso agrícola na cultura do milho no quarto ano e na soja no quinto ano após a sua aplicação (Figura 8). Na Figura 8 também são apresentadas a intensidade e a distribuição das chuvas ocorridas durante o ciclo das culturas. A resposta do milho provavelmente se deu devido à má distribuição, principalmente no mês de janeiro, por ocasião do florescimento do milho, enquanto que para a soja deveu-se a ambas (má distribuição e pouca chuva).

Após a colheita da soja foram reaplicadas as mesmas doses de gesso e foi plantado milho. Nessa safra, contudo, só foram observadas respostas do milho à dose mais elevada de gesso (dados não apresentados). Os resultados dessa unidade de observação devem ser interpretados com reservas, pois não se trata de um experimento convencional, embora tenham manifestado o comportamento das culturas às doses aplicadas. As subamostras foram coletadas aleatoriamente dentro dos parcelões.

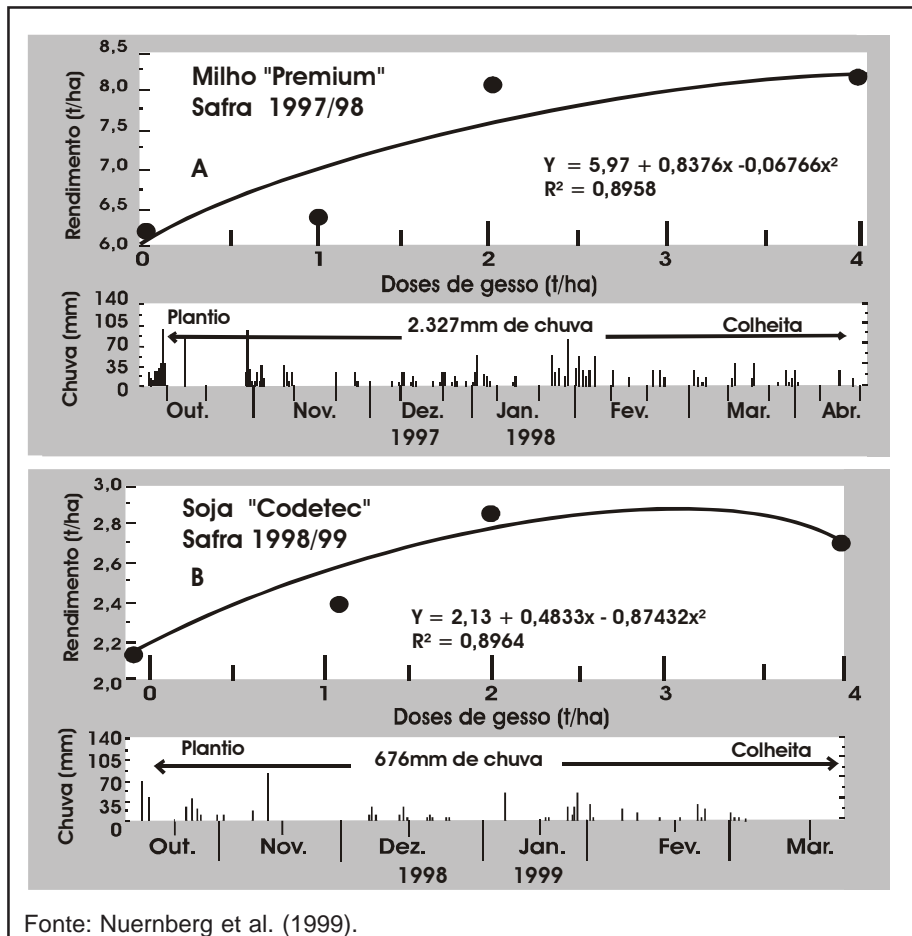


Figura 8. (A) Resposta do milho e (B) da soja, cultivados em sucessão sem preparo convencional do solo, ao gesso agrícola, cujas doses de zero, 1, 2 e 4t/ha foram aplicadas na superfície em 1994 e reaplicadas em 1996. (Em 1992, já haviam sido aplicadas 2t/ha de gesso agrícola em toda a área). Distribuição das chuvas ocorridas durante as safras

Várias culturas (trigo, soja, aveia forrageira, cevada, feijão, batata, milho, pastagens nativas e macieira) foram avaliadas quanto à resposta ao gesso agrícola no Sul do Brasil, num número pequeno de experimentos. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados dos trabalhos de Peruzzo et al. (1990), (citados por Ernani et al., 1992), conduzidos em um Latossolo, no qual foram combinadas as doses de gesso (zero, 1,5, 3 e 6t/ha) com doses de calcário (zero, 0,5 e 1 vez a necessidade de calagem pelo método SMP). Por não ter ocorrido interação entre o calcário e o gesso, são apresentados somente os efeitos principais do gesso agrícola. Os dados mostram respostas significativas da cevada, safra 1988, primeiro cultivo de inverno após a aplicação do gesso, e do milho, safra 1989/90, no segundo ano após a aplicação. As demais culturas não apresentaram resposta significativa às doses de gesso. Quanto ao calcário, praticamente todas as culturas apresentaram resposta significativa aos efeitos principais deste insumo (dados não apresentados).

Tabela 2. Resposta da cevada, da soja, do milho (grãos) e da aveia (matéria seca) em Latossolo a doses de gesso aplicadas antes do primeiro cultivo de cevada

| Cultura | Coeficientes de regressão | | | Coeficiente de determinação |
|---------------|---------------------------|--------|------------|-----------------------------|
| | Intercepto | Linear | Quadrático | |
| |t/ha | | | |
| Cevada (88) | 1.626 | 32,8 | - | 0,9566 |
| Soja (88/89) | 2.871 | - | - | - |
| Milho (88/89) | 5.287 | - | - | - |
| Aveia (89) | 12.673 | - | - | - |
| Soja (89/90) | 3.284 | - | - | - |
| Milho (89/90) | 5.281 | 452,24 | -47,27 | 0,9985 |
| Cevada (90) | 2.260 | - | - | - |

Fonte: Adaptado de Peruzzo et al. (1990), citado por Ernani et al. (1992).

Caires et al. (1998) também não observaram resposta significativa da soja (safras 1993/94 e 1995/96) ao gesso aplicado na superfície de um Latossolo de Ponta Grossa, PR, num sistema de cultivo sem preparo do solo. Nesse período foram registradas precipitações pluviométricas de 2.300mm, que promoveram, segundo os autores, intensa movimentação do gesso ao longo do perfil do solo, redistribuindo cálcio, magnésio e potássio até a profundidade de 80cm, enquanto que os teores de alumínio trocável foram reduzidos. Nesse mesmo experimento, Caires et al. (1999) também não observaram resposta significativa do trigo (safra 1996) e da

soja (safra 1996/97), cultivados após o milho (safra 1994/95). Esta cultura, porém, apresentou resposta significativa ao gesso que foi atribuída ao fornecimento de enxofre, à melhoria do teor de cálcio trocável, à redução da saturação por alumínio e ao aumento da relação cálcio/magnésio no solo.

Não foram observadas respostas significativas ao uso de até 10t/ha de gesso nas culturas de trigo e soja em dois cultivos (safras 1989/90 e 1990/91) em um Latossolo do município de Augusto Pestana, RS (Daevin et al., 1991, citados por Ernani e al., 1992) e na cultura da batata (safra 1990) no município de Silveira Martins, RS, com a aplicação de 1t/ha (Bianchi et al., 1990). Também não foi observado aumento no rendimento de maçã cultivar Golden Delicious, a doses anuais de gesso de até 4t/ha (por 4 anos), nos municípios de Caçador e Fraiburgo, SC (Suzuki et al., 1992). Contudo, estes autores observaram redução significativa na incidência de "bitter pit", um distúrbio fisiológico que ocorre em maçãs.

Em Campo Belo do Sul, SC, Cassol et al. (1991) testaram sucessões de culturas em combinações de zero a 18t/ha de calcário com as mesmas quantidades de gesso agrícola. Não houve interação entre os produtos testados. Contudo, houve resposta às doses de calcário e às de gesso, isoladamente (Figura 9).

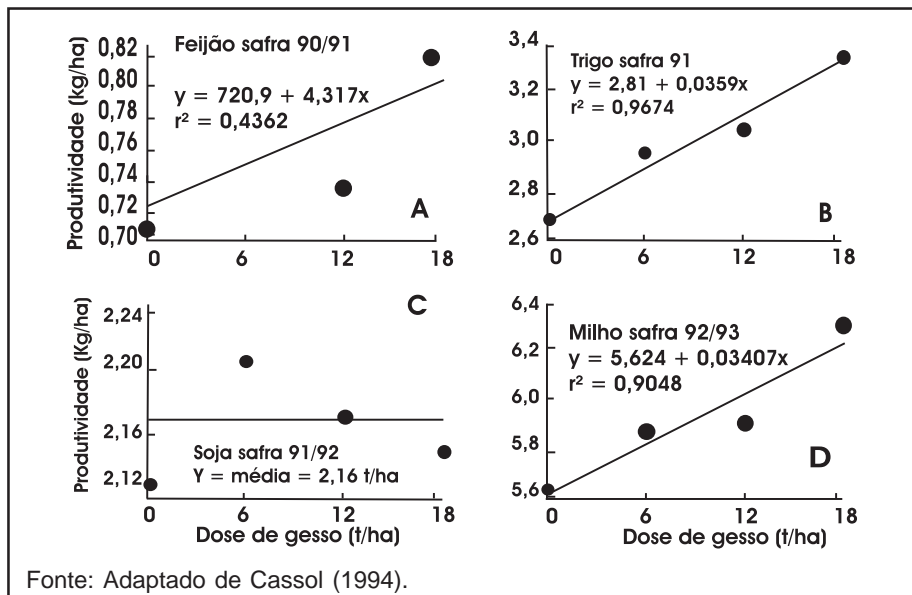


Figura 9. Resposta ao gesso da sucessão feijoeiro/trigo/soja/milho, com semeadura: (A) 1, (B) 8, (C) 12 e (D) 24 meses, respectivamente, após a aplicação de gesso em um Latossolo do município de Campo Belo do Sul, SC

Ainda no Rio Grande do Sul, Bianchi et al. (1990), citados por Ernani et al. (1992), obtiveram incrementos na produção de até 23% para a cultura do milho (com 4t/ha de gesso) e 32% para a cultura de aveia forrageira (com 1t/ha de gesso), em relação à testemunha, num solo contendo 17% de argila (Tabela 3).

Tabela 3. *Resposta do milho e da aveia forrageira ao gesso agrícola num Argissolo com 17% de argila*

| Doses de gesso (t/ha) | Milho – grãos (safra 1989/90) | | Aveia – matéria seca (safra 1990) | |
|-----------------------|-------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| | (t/ha) | (%) | (t/ha) | (%) |
| 0 | 6,6 | 100 | 3,1 | 100 |
| 0,5 | 7,2 | 109 | 3,5 | 113 |
| 1,0 | 7,2 | 109 | 4,1 | 132 |
| 2,0 | 7,3 | 111 | 3,7 | 119 |
| 4,0 | 8,1 | 123 | 3,7 | 119 |
| 8,0 | 7,4 | 112 | 3,7 | 119 |

Fonte: Adaptado de Bianchi et al. (1990), citados por Ernani et al. (1992).

O gesso também tem sido utilizado experimentalmente para a melhoria das condições de solo para a introdução de leguminosas em campo natural, em um solo com baixo teor de cálcio no horizonte subsuperficial (Ritter & Sorrenson, 1985). Estes autores avaliaram a produção total de forragem do campo natural e a das leguminosas introduzidas durante dois anos (Figura 10), bem como a movimentação de nutrientes no perfil do solo (Figura 11). Na Figura 9 observa-se que o gesso aplicado isoladamente ou associado ao calcário apresentou rendimento total significativamente maior que a aplicação isolada de calcário. Contudo, para as leguminosas, o maior rendimento foi obtido com a combinação entre o calcário e o gesso.

Esses autores também verificaram aumentos nos teores de cálcio e uma redistribuição do magnésio ao longo do perfil do solo, o que resultou numa redução expressiva da saturação por alumínio e conseqüente melhoria do ambiente radicular (Figura 11).

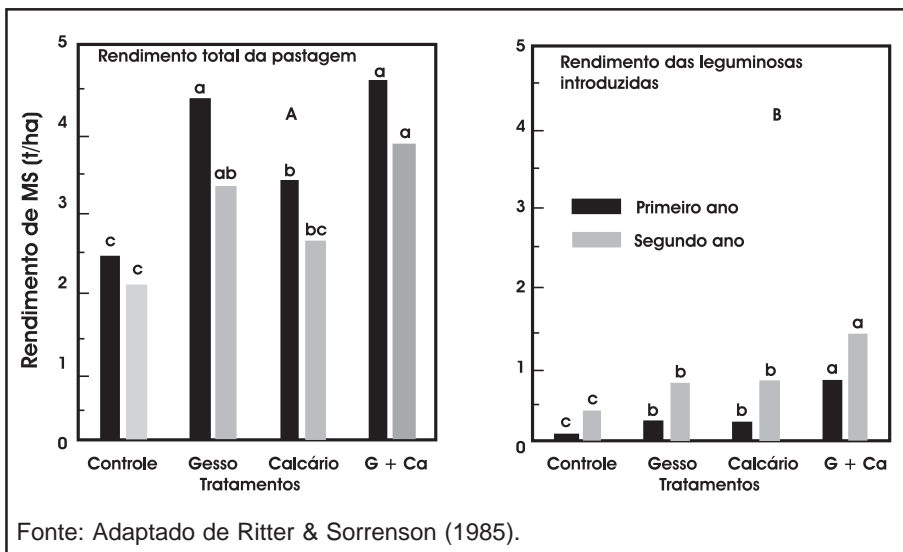


Figura 10. Resposta do (A) campo natural melhorado e das (B) leguminosas introduzidas ao calcário e ao gesso agrícola utilizados de forma isolada ou combinada num solo Cambissolo – Lages, SC

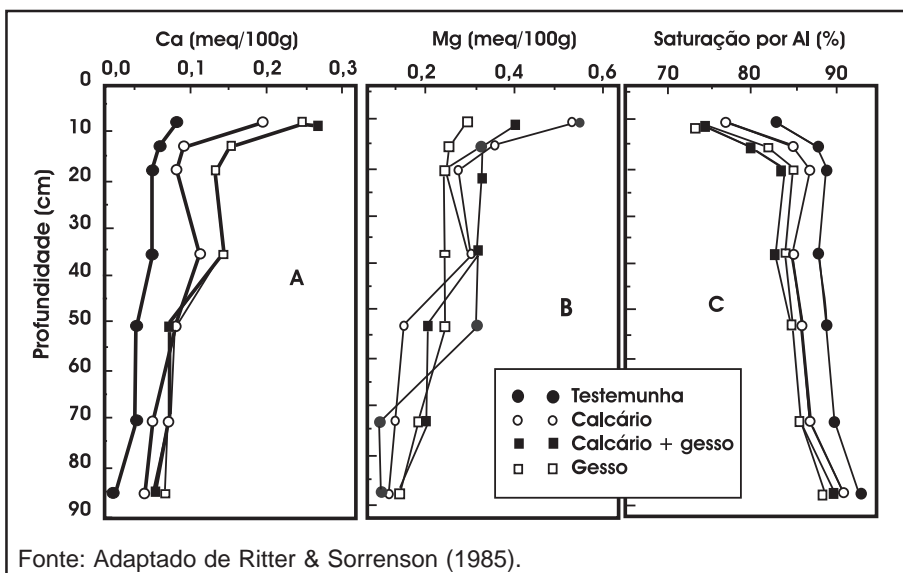


Figura 11 – Teores de (A) cálcio, (B) magnésio e (C) índices de saturação por alumínio ao longo do perfil do solo Cambissolo – Lages, SC, sob campo natural melhorado com introdução de leguminosas e aplicação de calcário e gesso agrícola de forma isolada ou combinada

No Paraná, Pavan et al. (1987) compararam várias fontes de cálcio para macieira cultivar Gala sobre porta enxerto MM106 já implantada, aplicando-as à superfície do solo, sob as plantas, em dois tipos de solo (Cambissolo e Latossolo). Os autores verificaram aumentos significativos na densidade de raízes das plantas (Tabela 4), os quais estavam associados a aumentos nos teores de Ca^{2+} e reduções nos de Al^{3+} , simultaneamente. O gesso agrícola foi mais efetivo nas camadas de solo mais profundas (20 a 60cm). No tratamento com calcário magnesiano ocorreram reduções nas densidades das raízes ao longo do perfil dos dois solos. Os autores atribuíram o fato a um efeito combinado da baixa solubilidade do produto ou da relação Ca:Mg e alto teor de Al^{3+} .

Tabela 4. *Valores relativos à testemunha da densidade de raízes de macieira sob diferentes fontes de cálcio aplicadas na superfície de dois solos do Paraná⁽¹⁾*

| Fonte de cálcio | Camadas de solo (cm) | | |
|------------------------|-------------------------|---------|---------|
| | 0 a 10 | 10 a 20 | 20 a 60 |
| | % | | |
| Solo Cambissolo | | | |
| Calcário calcítico | 153,8 | 13,3 | 12,3 |
| Calcário magnesiano | - 35,0 | - 39,2 | - 42,9 |
| Gesso agrícola | 50,0 | 70,6 | 405,6 |
| Cloreto de cálcio | - 10,2 | - 8,3 | - 2,2 |
| Solo Latossolo | | | |
| Calcário calcítico | 61,8 | 1,9 | 12,5 |
| Calcário magnesiano | - 50,0 | - 22,0 | - 37,5 |
| Gesso agrícola | 14,6 | - 7,3 | 33,3 |
| Cloreto de cálcio | 26,4 | - 8,0 | 0,0 |

⁽¹⁾Os valores originais da testemunha foram considerados como sendo índice 100.

Fonte: Adaptado de Pavan et al., (1987).

Esses mesmos autores verificaram também nesse trabalho que a resposta na concentração de cálcio nas folhas estava de acordo com a densidade de raízes; o calcário magnesiano reduziu o teor de cálcio foliar e do fruto, enquanto que o gesso e o calcário calcítico aumentaram-no significativamente (Tabela 5). O aumento no teor de cálcio no fruto só foi observado com a aplicação de gesso no Cambissolo e calcário calcítico no Latossolo. O aumento dos frutos e da produtividade das plantas foi obtido com o gesso e o calcário calcítico no Cambissolo, enquanto que essa resposta só não foi verificada com o calcário magnesiano no Latossolo. Segundo Bangerth (1979), a expansão do fruto é restringida pela disponibilidade de água no solo.

Tabela 5. Valores relativos à testemunha da concentração de cálcio nas folhas e nos frutos, tamanho dos frutos e rendimento das plantas sob diferentes fontes de cálcio aplicadas na superfície de dois solos do Paraná⁽¹⁾

| Fonte de cálcio | Teor relativo de cálcio | | Tamanho relativo dos frutos | Rendimento relativo das plantas |
|------------------------|-------------------------|--------|-----------------------------|---------------------------------|
| | Folha | Fruto | | |
| | % | | | |
| Solo Cambissolo | | | | |
| Calcário calcítico | 36,5 | 0,0 | 53,4 | 50,0 |
| Calcário magnesiano | - 1,7 | -25,0 | - 19,6 | - 30,0 |
| Gesso agrícola | 30,8 | 20,7 | 70,8 | 71,2 |
| Cloreto de cálcio | 10,1 | - 2,9 | -1,7 | - 4,4 |
| Solo Latossolo | | | | |
| Calcário calcítico | 20,3 | 20,7 | 124,6 | 95,2 |
| Calcário magnesiano | - 12,5 | - 36,7 | - 6,8 | - 13,0 |
| Gesso agrícola | 15,5 | 0,0 | 28,5 | 31,7 |
| Cloreto de cálcio | 1,4 | 3,4 | 56,0 | 39,7 |

⁽¹⁾Os valores originais da testemunha foram considerados como sendo índice 100. Fonte: Adaptado de Pavan et al. (1987).

Considerando que os tratamentos que resultaram no aumento do tamanho dos frutos foram os mesmo que apresentaram aumentos nas densidades de raízes, Pavan et al. (1987) inferiram que o aumento na produtividade das plantas esteve relacionado com a absorção de água.

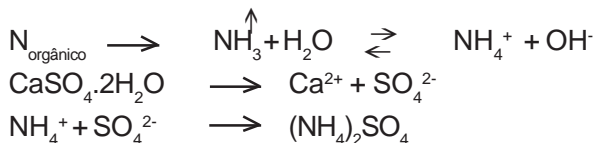
Em trabalho similar, Pavan (1997) observou que a concentração de alumínio no solo foi reduzida nas parcelas que receberam o cloreto de cálcio e os calcários. Essa redução apresentou uma correlação positiva significativa com o aumento no rendimento de frutos. Contudo, nas parcelas que receberam o gesso agrícola a correlação observada foi inversa: o rendimento de frutos das plantas aumentou com o aumento na concentração de alumínio no solo. O autor concluiu que o método de análise do solo (KCl 1M) não é adequado e recomenda a determinação da atividade do alumínio no solo em vez da concentração, como é procedido na análise de rotina; sugere ainda que o método de laboratório em uso quantifica espécies de alumínio que não são tóxicas às raízes das plantas, como por exemplo o $\text{Al}(\text{SO}_4)^+$ que se forma com a reação do Al^{3+} com o gesso agrícola. Isto significa que a interpretação dos resultados da análise do solo, no que se refere ao teor de alumínio, deve ser feita com cautela pois os valores de análise de Al^{3+} pelo método do KCl pouco podem significar. Para se ter segurança nos resultados é conveniente proceder-se à determinação da atividade do alumínio.

3.3 Condicionador de compostos e esterco

Nos dias atuais, a "agricultura orgânica" vem se tornando uma exigência por parte dos consumidores de produtos vegetais e a compostagem de resíduos orgânicos e esterco vem retomando a sua importância. No processo de compostagem, normalmente ocorrem perdas, principalmente de nitrogênio por volatilização da amônia (NH_3). O fertilizante superfosfato simples, que contém 50% de gesso em sua composição, tem sido empregado para capturar a amônia, evitando, assim, a sua perda. Segundo dados apresentados por Vitti (2000), essas perdas, durante o processo de cura de esterco, podem ser reduzidas de 56% de um esterco sem cobertura com superfosfato simples em pó para 3% em um coberto com este adubo.

Outra alternativa no processo de compostagem e cura de esterco é o uso do gesso agrícola, o qual pode apresentar resultados semelhantes aos obtidos com a aplicação de superfosfato simples. O sulfato de cálcio, ao reagir com o íon amônio (NH_4^+), forma sulfato de amônio ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, diminuindo a reação do NH_4^+ com a oxidrila (OH^-), para a formação da

amônia, a qual volatiliza-se. Esse processo pode ser esquematizado pelas seguintes reações:



Um composto ou esterco tratado com gesso agrícola, além de ter seu teor de nitrogênio aumentado, torna-se enriquecido por enxofre (S) e cálcio (Ca) e tem seu odor bastante reduzido. A literatura não é unânime quanto à dosagem a ser adicionada; contudo, encontram-se recomendações da ordem de 100kg de gesso por tonelada de esterco (Vitti, 2000). Há também inferências de que o enriquecimento do esterco com S seria a característica responsável no controle de certas enfermidades dos animais presentes.

Com o crescimento das cidades, muitos aviários que outrora eram distantes estão, nos dias atuais, sendo ameaçados pela pressão que os moradores adjacentes fazem por causa do mau cheiro (liberação de amônia). A aplicação de gesso agrícola em camas-de-aviários pode contribuir na redução do mau odor de forma significativa. Em alguns testes preliminares, efetuados em alguns aviários na periferia de Florianópolis, além do controle do mau cheiro e da melhoria da composição química da cama-de-aviário, têm-se observado aumento de peso dos lotes, diminuição de coriza e do índice de mortalidade. Contudo, ainda são necessários mais resultados de pesquisa para uma conclusão definitiva sobre o assunto.

4 Equipamentos para aplicação

A experiência acumulada pelos usuários de gesso agrícola no Brasil central mostra que os equipamentos do tipo dosador volumétrico com esteira e distribuidor centrífugo são os mais indicados.

5 Avaliação econômica do gesso agrícola

Em Santa Catarina existe apenas um depósito de gesso agrícola, localizado em Ibituba, originado pelo acúmulo de resíduo da Indústria Carboquímica Catarinense – ICC –, do processo de fabricação do ácido

fosfórico, cujas atividades foram encerradas no início da década de 90. A quantidade de gesso disponível é de cerca de 4,1 milhões de toneladas, depositadas a céu aberto, num processo de acomodação natural das partículas. O resultado econômico dependerá de diversos fatores, destacando-se a distância em que o gesso deve ser transportado, a ocorrência de estiagem prolongada durante o período crítico da cultura e, principalmente, a resposta econômica das culturas. Em Santa Catarina não existem estudos de avaliação econômica do gesso, tampouco recomendações quanto à dosagem.

Para ilustrar de forma esquemática a avaliação econômica dos dados de rendimento de milho e soja apresentados na Figura 12, transformaram-se os dados de produção em valor monetário, com base na soma do preço da saca de milho e soja de dezembro de 2000. Considerando-se apenas o custo da tecnologia – aplicação de gesso na superfície do solo –, no valor de R\$ 30,00 por tonelada aplicada, obteve-se uma estimativa do ponto de maior retorno econômico, ou seja, a maior distância entre a linha dos valores das produções (somadas) e a linha que representa os custos variáveis. Assim, verificou-se, para este exemplo, que o maior retorno para estas duas culturas está ao redor das 6t de gesso. Avaliações deste tipo podem ser efetuadas a qualquer tempo e local; contudo, sempre lembrando que a resposta ao gesso pode levar vários anos para se manifestar de forma econômica.

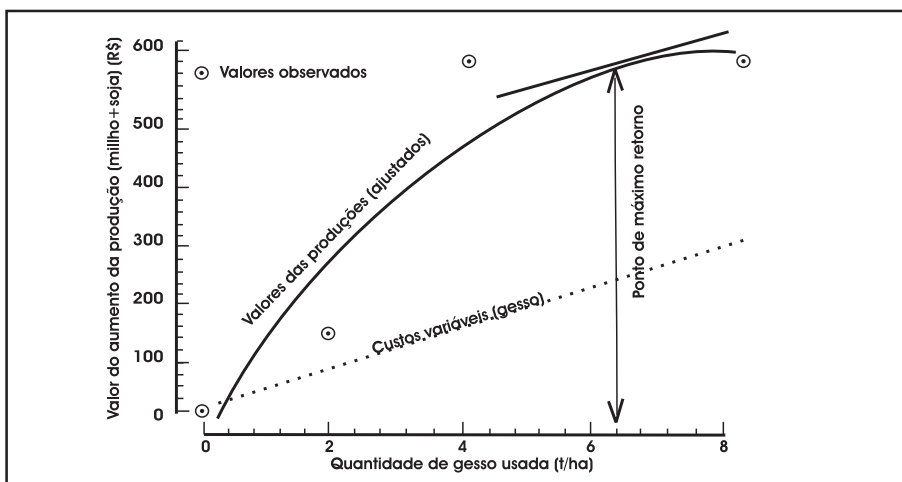


Figura 12. Modelo esquemático de análise econômica utilizando-se a resposta do milho e da soja sob plantio direto ao gesso agrícola, cujas doses de zero, 1, 2 e 4t/ha foram aplicadas na superfície do solo em 1994 e replicadas em 1996

6 Recomendações e dosagem de gesso

Antes de optar-se pelo uso do gesso agrícola, sugere-se fazer uma coleta do solo nas camadas de zero a 20, de 20 a 40 e de 40 a 60cm de profundidade e proceder à análise química do teor de cálcio, principalmente. Sugere-se, ainda, que na amostragem do solo sejam registradas:

- a presença de camada compactada;
- a distribuição das raízes das culturas ao longo das camadas amostradas.

Com base nas informações contidas neste Boletim mais os resultados das análises do solo e das demais anotações, o engenheiro agrônomo poderá orientar o produtor quanto ao uso do gesso.

Para melhorar a relação cálcio:magnésio sem elevar o pH e para solos cujas camadas inferiores apresentam teores baixos de cálcio e elevados de Al, Pandolfo & Baldissera (1989) sugerem adicionar cerca de 25% a 30% de gesso à quantidade de calcário recomendada. Quando o gesso for associado ao calcário, aplicar o calcário cerca de 60 a 90 dias antes da gessagem para não prejudicar as reações do calcário no solo.

Para a cultura da macieira, recomenda-se o uso de gesso agrícola quando se deseja melhorar a relação cálcio:magnésio em solos que já possuam pH próximo a 6 ou quando se deseja aumentar o cálcio disponível nas camadas mais profundas (Sociedade... 1995).

7 Teste de responsividade de solos ao gesso

Baseado nos resultados de uma série de estudos, Sumner (1990) propôs um teste rápido de laboratório para verificar a responsividade do subsolo ao gesso agrícola. Nesses estudos, os solos que respondiam ao gesso também exibiam uma substancial sorção de sais, bem como apresentavam um valor de pH maior quando medido em solução de CaSO_4 do que de CaCl_2 , ambas com a mesma molaridade. Os resultados do laboratório são introduzidos num gráfico de dispersão de pontos, conforme mostra a Figura 13. Os solos que se enquadrarem no quadrante superior direito são considerados responsivos ao gesso.

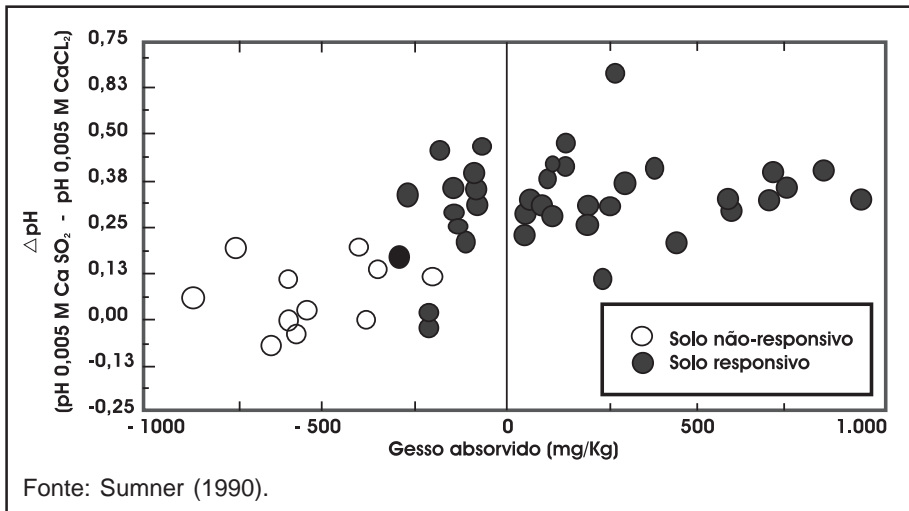


Figura 13. Responsividade de subsolos ao gesso agrícola

8 Literatura citada

1. BIANCHI, M.A.; CERETTA, C.A.; FIORESE, C.; AITA, C. *Efeitos de doses de gesso e de calcário sobre o rendimento de batatinha*. Santa Maria, RS. UFSM – Departamento de Solos. 1990. Não paginado. (Não publicado).
2. Bangerth, F. Calcium-related physiological disorders of plants. *Annual. Review. of. Phytopathology*. v.17, p.97-122, 1979.
3. BRAMLAGE, W.J. Cálcio em pomaceas: la experiência norteamericana. In: YURI, J.A.S.; RETAMALES, J.A.A. (Ed.) Cálcio em agricultura. Simposium internacional. 1995, Chile. *Anais*. Chile: Universidade de Talca, Escuela de Agronomia, 1995. p.82-90.
4. CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22., n.1, p.27-34, 1998.
5. CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das

- características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, n.2, p.315-327, 1999.
6. CASSOL, P.C.; KRUK, O.; MIQUELLUTI, D.J. *Complementação da calagem com gesso agrícola*. Lages, SC: UDESC/CAV (Relatório de atividades). 1994. 9p. (Não publicado).
 7. ERNANI, P. R.; CASSOL, P. C.; PERUZZO, G. Eficiência agronômica do gesso agrícola no sul do Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba, MG. *Anais*. São Paulo: IBRAFOS, 1992. p.263-276.
 8. MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. *Principles of plant nutrition*. Bern, Suíça: International Potash Institute, 1978. 593p.
 9. MILLER, W.P.; RADCLIFFE, D.E. Soil crusting in the southeastern United States. In: SUMNER, M.E.; STEWART, B.A. *Soil crusting: chemical and physical processes*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers. 1992. p.233-266.
 10. NUERNBERG, N.J.; MILAN, P.A.; SILVEIRA, C.A. *Manual de produção de alfafa*. Florianópolis, SC: Epagri, 1992. 102p.
 11. NUERNBERG, N.J.; PANDOLFO, C.M.; NUERNBERG, D. Resposta de milho e soja ao gesso agrícola em Latossolo Bruno Roxo, sob plantio direto. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 2., 1999, Lages, SC. *Resumos*. Lages: Udesc/Epagri, 1999. p.172-176.
 12. NUERNBERG, N.J.; PANDOLFO, C.M. *Gesso agrícola e plantio direto: unidos para reduzir os prejuízos da seca*. Florianópolis: Epagri, 2002. Folder.
 13. NUERNBERG, N.J.; PANDOLFO, C.M. Gesso agrícola e plantio direto: unidos para reduzir os prejuízos da seca. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002, Porto Alegre, RS. *Solo e Qualidade Ambiental: Resumos expandidos ...* Porto Alegre: SBCS, 2002. CD-ROM.
 14. PANDOLFO, C.M.; BALDISSERA, I.T. Gesso agrícola e calcário: potencialidades e uso adequado. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.2, n.4, p.10-12, 1989.

15. PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. Toxicity of aluminum to coffee seedlings grown in nutrient solution. *Soil Science Society American Journal*, v.46, p.993-997, 1982.
16. PAVAN, M.A.; PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PEREIRA, F. J. Influence of calcium and magnesium salts on acid soil chemistry and calcium nutrition of apple. *Soil Science Society of American Journal*, v.51, p.1526-1530, 1987.
17. PAVAN, M. A. Calcium sources for apple production in Paraná, Brasil. *Ciência e Cultura*. v.49, p.1.121-1.123, 1997.
18. RITTER, W.; SORRENSEN, W.J. *Produção de bovinos no Planalto de Santa Catarina, Brasil: Situação atual e perspectivas*. Eschborn: GTZ. 1985, p.105-109.
19. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. *Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 3.ed. Passo Fundo: SBCS/Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.
20. SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. *Uso de gesso agrícola nos solos dos Cerrados*. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1997. 20p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica 32).
21. SUMNER, M.E. *Gypsum as an ameliorant for the subsoil acidity syndrome*. Bartow, FL: Florida Institute of Phosphate Research, 1990. (Final Report).
22. SUMNER, M.E.; RADCLIFFE, D.E.; McCRAY, M.; CARTER, E.; CLARK, R.L. Gypsum as an ameliorant for subsoil hardpans. *Soil Technology*, v.3, p.253-258, 1990.
23. SUZUKI, A.; BASSO, C.; WILMS, F.W.W. O uso do gesso como fonte de cálcio em macieira. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba, MG. *Anais*. São Paulo: IBRAFOS, 1992. p.225-240.
24. VITTI, G.C. *Uso eficiente do gesso agrícola na agropecuária*. Piracicaba, SP: ESALQ/GAPE, 2000. 30p.

