

GESSO MINERAL DO ARARIPE E SUAS IMPLICAÇÕES NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL

FERNANDO JOSÉ FREIRE¹
MARIA BETÂNIA GALVÃO DOS SANTOS FREIRE¹
ALEXANDRE TAVARES DA ROCHA²
ALEXANDRE CAMPELO DE OLIVEIRA³

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

²Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão Poço, Pará.

³Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina, Carpina, Pernambuco.

RESUMO

GESSO MINERAL DO ARARIPE E SUAS IMPLICAÇÕES NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL

Nos últimos anos houve no sistema de produção de cana-de-açúcar um enorme avanço no melhoramento genético de variedades, permitindo o desenvolvimento de plantas adaptadas as mais variadas condições climáticas, com altas resistências a pragas e doenças e potencialmente produtivas. No entanto, pesquisas na área de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas foram subestimadas e relegadas a um segundo momento. Isto fez com que, mesmo de posse de variedades potencialmente produtivas, aumentos consideráveis de produtividade não tiveram êxito, pela falta de desenvolvimento de pesquisas em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, capazes de gerar informações que pudessem nortear o manejo adequado dos solos para o pleno desenvolvimento de variedades melhoradas. Neste aspecto, ações de pesquisa que possam atuar na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar em solos distróficos e álicos da Zona da Mata do Estado, como os Latossolos e Argissolos Vermelho Amarelos e os Luvisolos, que representam 94 % dos solos cultivados com cana-de-açúcar, certamente irão proporcionar um significativo aumento de produtividade. Assim é que o cálcio pode ser o grande veículo na melhoria deste ambiente radicular, por sua capacidade eutrófica e, principalmente, pela responsabilidade deste elemento como neutralizante das atividades nocivas do alumínio em profundidade. Aumentando-se a atividade das raízes pela exploração de um maior volume de solo, aumenta-se a eficiência das adubações fosfatadas, potássicas e nitrogenadas, reduzindo-se custos com insumos. Assim, o objetivo desta Revisão é difundir informações de pesquisa com o gesso agrícola da região

do Araripe, visando contribuir para a reconversão de áreas impróprias, adaptação de variedades e o aumento da produtividade da cana-de-açúcar em Pernambuco, validando e difundindo o uso desta tecnologia na agricultura Canavieira da Zona da Mata. O desenvolvimento de projetos que se proponham a trazer informações agronômicas necessárias para a difusão do uso do gesso na agricultura canavieira, proporcionando assim, o surgimento de uma valiosa parceria entre as cadeias produtivas do gesso do Araripe e a agricultura canavieira do Estado. Esta “simbiose” sócio-agro-econômica trará inúmeros benefícios para ambas as partes, o que dará sustentabilidade ao agronegócio advindo dessa parceria.

Termos para indexação: gesso agrícola, sistema radicular, acidez.

ABSTRACT

ARARIPE'S MINERAL GYPSUM AND ITS IMPLICATIONS ON SUGAR CANE YIELD IN THE STATE OF PERNAMBUCO, BRASIL

By a few years ago, there was a huge improvement on the sugarcane production system, including a higher genetically variety, allowing the adapted plants development to a more variable weather conditions, with a stronger resistance for prags and sicknesses issues, potentially productive. In this meantime, researches at the Soil Fertility and Plants Nutrition area were underestimated and relegated at a second view. Consequently, even by the possession of this potentially productive variety, notable increasing at productivities of productiveness had no success at all, by the missing development researches at this yard of Soil Fertility and Plants Nutrition, both capable of generating information that could lead the property management of soils for the full progress of better varieties. With this special aspect, researches actions that cold act on the advance of the sugarcane roots in acid soils with high Al^{3+} concentrations of Pernambuco's Zona da Mata, as the oxisols, yellow-red ultisols, and the luvisols, that represent 94% of sugarcane cultivate soils yard, will certainly be capable to provide an expressive increase of productivity. Like that, then calcium could be a great vehicle at this project of this root zone, by its eutrophic capacity, and, principally, by the responsibility of this element as neutralizing of harmful activities of aluminum deep profundity. Increasing then this activity of the root for the exploration of a higher soil capacity, would consequently amplify the efficiency of phosphate fertilizations, reducing cost with potash and nitrogen amendments. The objective of this revision is to difunde researches information with the agricultural gypsum of Araripe's region, to contribute for the reconvention of some inappropriate areas, variety adaptations and also the increase of the productivity of the sugarcane in Pernambuco, validating and difunding the use of this special technology inside sugarcane agriculture of Pernambuco's Zona da Mata. The progress of projects that were proposing to bring agronomic information, required for the gypsum in sugarcane agriculture management, providing,

with this, the appearance of a valorous partnership between the productivity gypsum of Araripe yards, and the state's agriculture. This social-agronomic symbiosis will consequently bring countless benefits for the both parts, what will take sustainability for the agrobusiness, occurring of this partnership.

Index terms: gypsum, root zone, acidity.

1. INTRODUÇÃO

Diversas regiões brasileiras apresentam problemas com solos ácidos, que são resultantes, muitas vezes, do processo de acidificação progressiva dos solos, principalmente em se tratando de solos de região tropical, a exemplo dos da Zona da Mata do Estado de Pernambuco. Esses solos apresentam acentuado processo de intemperização, condicionado por condições climáticas que propiciam elevada lixiviação de bases, resultando em solos cada vez mais ácidos. De acordo com Koffler (1986) estima-se que no Brasil 70 % das áreas cultivadas com cana-de-açúcar encontram-se em solos ácidos, com baixa disponibilidade de bases trocáveis.

Nessas condições, um dos fatores que tem limitado o aumento de produtividade da cultura é o pequeno volume de solo explorado pelo sistema radicular, devido a presença de uma barreira química provocada pela elevada saturação por alumínio em sub-superfície, impedindo o desenvolvimento das raízes. Em solos de baixa fertilidade constata-se que o sistema radicular da cana-de-açúcar explora efetivamente cerca de 60 cm de solo, embora existam resultados experimentais mostrando que a cana é capaz de explorar profundidades de 120 a 200 cm quando não houver barreiras químicas.

A presença de níveis altos de alumínio ou extremamente baixos de cálcio podem ser fatores limitantes ao aprofundamento do sistema radicular, especialmente danoso em épocas de déficit hídrico. Caires *et al.* (1999), em revisão sobre o assunto, relataram que as limitações causadas pela acidez do subsolo à produtividade agrícola da cana têm sido amplamente divulgadas na literatura e esses resultados mostraram que as limitações se dão, sobretudo, no crescimento do sistema radicular, com efeitos diretos na absorção de água e nutrientes.

O teor de alumínio nos solos da Zona da Mata, freqüentemente, apresenta-se em níveis tóxicos para as plantas. O efeito danoso do alumínio pode se manifestar pela limitação do desenvolvimento das raízes que, inicialmente, torna-se mais lento em se alongar e, posteriormente, em engrossar e, também, não se ramificam

normalmente, dificultando consideravelmente à adequada absorção de nutrientes e água pelas plantas (Raij, 1988).

Com relação à presença de alumínio dificultando uma adequada absorção de água pela planta, Shigaki *et al.* (2003), relataram que a cultura da cana pode ser severamente afetada pela baixa exploração do sistema radicular em solos álicos, uma vez essa gramínea é planta de elevado consumo hídrico, necessitando de 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca. Assim, em regiões onde ocorre estresse hídrico, um fator de grande importância para o aumento da disponibilidade de água para as raízes das plantas é o manejo químico do solo, visando à eliminação de barreiras químicas, provocadas por alumínio, que impossibilitam à exploração de maior volume de solo e, conseqüentemente, maior volume de água pelas raízes da cana.

Para correção de problemas de acidez, sobretudo ocasionados por elevados teores de alumínio trocável, usualmente utilizam-se corretivos químicos à base de carbonato de cálcio (calcário). Contudo, os efeitos de tais aplicações ficam restritos à camada arável ou superficial do solo, pouco excedendo 15 a 20 cm de profundidade, em vista das dificuldades encontradas para incorporação mecânica dos corretivos a profundidades mais elevadas. Segundo Quaggio (2000), nesta situação, o uso do gesso agrícola surge como solução para o problema devido à sua rápida mobilidade na camada arável, indo se movimentar para abaixo desta.

Por ser relativamente móvel, o gesso agrícola aplicado na superfície do solo movimentam-se ao longo do perfil sob influência do excesso de umidade e, como conseqüência, obtêm-se aumento no suprimento de cálcio e redução da toxidez ocasionada por alumínio no subsolo. Os efeitos positivos do gesso agrícola observados nas mais variadas condições de solo e clima são indicativos de que seu emprego pode constituir boa alternativa para melhoria do ambiente radicular em camadas sub-superficiais dos solos (Sumner, 1995).

2. ORIGEM E POTENCIAL DE USO DO GESSO NA AGRICULTURA

O gesso agrícola pode ser considerado importante insumo para agricultura, mas, devido suas características, o emprego tem sido limitado a situações particulares bem definidas, uma vez que o uso indiscriminado, e sem critérios, pode acarretar problemas em vez de benefícios para o agricultor (Nascimento, 2003). Apesar de diversas pesquisas demonstrarem o potencial da utilização do gesso na agricultura

existe ainda, por parte de extensionistas e agricultores, muitas dúvidas no que se refere à utilização deste insumo. Especialmente em Estados como Pernambuco, aonde a utilização de gesso na agricultura ainda é muito incipiente, apesar do elevado potencial para uso, o desconhecimento dessa potencialidade tem sido um dos fatores restritivos à sua aplicação no campo.

Inicialmente, é importante distinguir o mineral gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e suas formas menos hidratadas ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ e CaSO_4), que podem ser encontrados em depósitos sedimentares em diferentes regiões do mundo, do gesso oriundo de processos industriais.

No caso do processo industrial, o denominado gesso agrícola é o sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), obtido como subproduto da fabricação de fertilizantes fosfatados. Para produção de ácido fosfórico, as indústrias de fertilizantes utilizam como matéria prima rocha fosfática (apatita, especialmente a fluorapatita) que, ao ser atacada pelo ácido sulfúrico mais água, produz, como sub-produto da reação, sulfato de cálcio e ácido fluorídrico, o gesso (Malavolta, 1992).

Por este motivo, visando reduzir o acúmulo de resíduos e comercializá-los em forma de insumo agrícola, há vários anos, algumas indústrias de fertilizantes vêm estimulando o uso de gesso agrícola também denominado, neste caso, de fosfogesso. Este tipo de gesso tem sido o mais comumente utilizado na agricultura, sendo largamente aplicado e estudado em diversas regiões do país, especialmente a Sudeste.

O mineral gesso, o qual pode apresentar ótimas condições para utilização na agricultura, é encontrado em depósitos sedimentares de diversas regiões do mundo. O Estado de Pernambuco possui na região do Pólo Gesseiro em Araripina, uma produção de 2,6 milhões de toneladas/ano, representando 95 % de todo o gesso brasileiro. Entretanto, menos de 1 % deste total é utilizado para fins agrícolas (Nascimento, 2003).

O gesso agrícola é um sal pouco solúvel em soluções aquosas (2,5 g/L), mas que pode atuar significativamente sobre a força iônica da solução do solo, de modo que haja contínua liberação do sal para solução por longos períodos de tempo. Tal característica, aliada aos teores de Ca (17 a 20 dag/kg) e de S (14 a 17 dag/kg), possibilitam o uso do gesso para diferentes finalidades na agricultura (Alvarez V. & Dias, 1994).

3. EFEITOS BENÉFICOS DA UTILIZAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA EM SOLOS

3.1. Correção de camadas sub-superficiais de solo visando melhoria do ambiente radicular

A prática da calagem visando à correção da acidez e neutralização do Al trocável do solo é realizada incorporando-se o material corretivo à camada arável do solo que fica em torno de 20 centímetros. Sendo assim, seus efeitos normalmente restringem-se à essa profundidade. Aspectos relacionados à textura do solo, granulometria do corretivo e intensidade pluviométrica podem, ao longo do tempo, determinar que a calagem corrija camadas mais profundas, com baixos teores de Ca e, ou, elevados teores de Al trocável.

A presença de camadas subsuperficiais com baixos teores de Ca^{2+} e, ou, elevados teores de Al^{3+} pode determinar perda de safras, principalmente em regiões com ocorrência de períodos de estiagem, uma vez que conduzem ao menor aprofundamento do sistema radicular, refletindo-se em menor volume de solo explorado, ou seja, menos nutrientes e água disponíveis para a cultura.

O gesso agrícola tem despertado interesse por possibilitar o fornecimento de Ca e a redução da saturação de alumínio em camadas subsuperficiais do solo, devido à sua maior solubilidade e mobilidade no solo relativamente ao calcário, permitindo que a cultura desenvolva melhor sistema radicular e explore maior volume de solo.

Resultados obtidos por Cáires *et al.* (1999), objetivando avaliar a correção de subsolo ácido com aplicação de gesso agrícola e seus reflexos na produtividade do milho, mostraram que houve redução dos teores de alumínio trocável nas camadas 40 – 60 e 60 – 80 cm por meio da aplicação de doses de gesso e que essas doses elevaram os teores de cálcio trocável em todo o perfil do solo. Os reflexos na produção foram bastante favoráveis, uma vez que resultaram em aumentos na produção da ordem de 1.100 kg/ha de colmo.

Uma vez na solução do solo, o íon Ca^{2+} pode reagir no complexo de troca do solo, deslocando cátions como Al^{3+} , K^+ e Mg^{2+} para a solução do solo, que podem, por sua vez, reagir com o SO_4^{2-} formando AlSO_4^+ (menos tóxico às plantas) e os pares iônicos neutros: K_2SO_4^0 e MgSO_4^0 , além do CaSO_4^0 . Em função da sua neutralidade, os pares iônicos apresentam grande mobilidade ao longo do perfil, ocasionando a descida de cátions para as camadas mais profundas do solo (Soprano & Alvarez V., 1989).

Dentre os cátions que mais se movimentam de forma associada ao sulfato

destacam-se o K^+ e o Mg^{2+} . De maneira geral, pode-se dizer que diferentes fatores condicionam maior ou menor movimentação dos cátions de caráter básico pelo perfil do solo, entre os quais destacam-se: quantidade de gesso aplicado ao solo, capacidade de troca catiônica do solo, condutividade elétrica da solução do solo, capacidade do solo em adsorver sulfato, textura do solo e volume de água que se aporta ao solo (Alvarez V. & Dias, 1994).

Desta forma, para um solo de textura arenosa, com baixa CTC e pequena capacidade de adsorver sulfato, a movimentação de bases seria, potencialmente, maior que aquela para um solo de textura argilosa, com alta capacidade de adsorção de sulfato e elevada CTC (Nascimento, 2003). Portanto, nesses solos aonde o potencial de movimentação de bases é elevado, o cuidado com a quantidade de gesso aplicada deve ser maior, para se evitar o risco de movimentação além das camadas exploradas pelo sistema radicular da planta cultivada.

Dentre os cátions de caráter básico, deve ser dada ao K uma maior atenção, pois, entre os demais, é o elemento retido com menor força pelos colóides do solo. A lixiviação do magnésio tem sido uma resposta freqüente nos estudos com aplicação de gesso nos solos. Assim, Wadt & Wadt (1999) recomendaram que, quando a aplicação de gesso for realizada em doses elevadas no solo, devem ser desenvolvidas estratégias para minimizar perdas de magnésio trocável. Por esta razão, o uso isolado do gesso não tem sido recomendado, mas sim, em conjunto com o calcário.

Os resultados obtidos por Dal Bó *et al.* (1986), quando estudaram o efeito da adição de calcário e gesso sobre a movimentação de bases em colunas de solos, mostraram que nos tratamentos com gesso isolado o deslocamento de magnésio em profundidade foi muito mais acentuado do que o do cálcio, provavelmente porque a associação do sulfato com o magnésio é mais solúvel do que a associação do sulfato com o cálcio. O deslocamento do potássio também se apresentou bastante acentuado. Foi possível, também, constatar que nos tratamentos com aplicação de gesso de forma isolada houve elevado aumento da relação cálcio/magnésio nas camadas superficiais do solo. É importante ressaltar que esse efeito pode causar desequilíbrio entre cálcio e magnésio na planta e constituir-se em sério problema agrônômico.

Trabalho realizado por Morelli *et al.* (1992), mostrou que aplicação de doses combinadas de calcário e gesso agrícola em solo cultivado com cana-de-açúcar, resultou em aumentos de produção, com incrementos da ordem de 18 t ha^{-1} em cana planta. Os dados de produção indicaram que ao longo de quatro cortes, as melhores produções obtidas foram com a associação calcário/gesso, devido ao reflexo das

melhores condições químicas do solo em sub-superfície.

Medina & Brinholi (1998), estudando os efeitos da aplicação de gesso e calcário no comprimento e diâmetro médio dos colmos, no número de colmos e na produção de cana-de-açúcar, constataram que os maiores incrementos de produção foram obtidos com a associação gesso/calcário. Os resultados mostram ainda que as menores produtividades foram obtidas quando se fez uso isolado do gesso. Esse efeito negativo do uso isolado do gesso agrícola na produção das culturas, certamente, está relacionado com a perda de cátions das camadas superficiais, que acompanham o sulfato do gesso em seu movimento descendente ao longo do perfil do solo.

A melhoria do subsolo ácido com uso de doses combinadas de calcário e gesso se faz sentir na melhoria do ambiente radicular das culturas (Figura 1), seja pela eliminação do alumínio tóxico ou pelo fornecimento de cálcio para as camadas mais profundas, e próximas ao sistema radicular das culturas. A presença de cálcio na solução do solo em contato com as raízes é essencial para sua sobrevivência e bom desenvolvimento, uma vez que não há translocação do nutriente da parte aérea para as porções mais novas das raízes em crescimento.

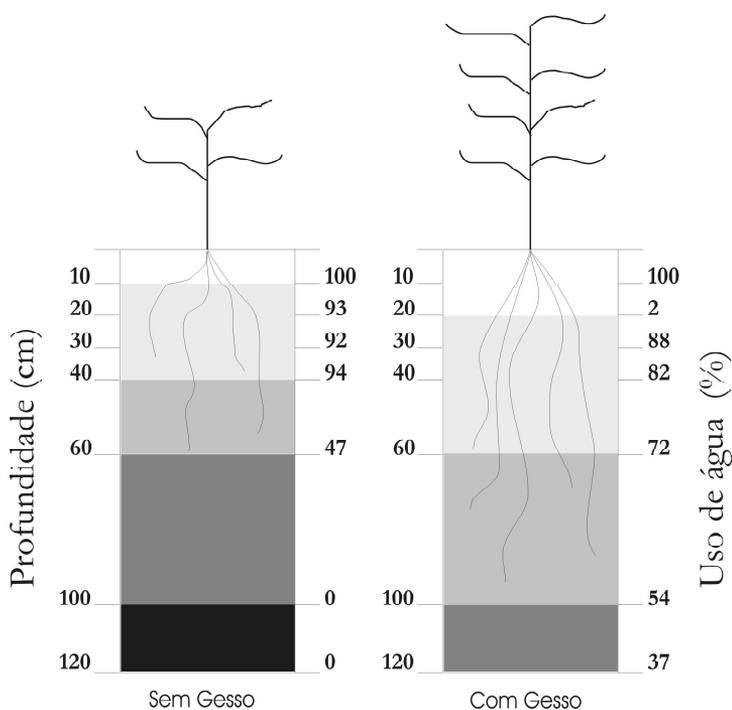


Figura 1. — Distribuição do sistema radicular em solos com e sem aplicação de gesso (Raj, 1988).

Normalmente, aplicação de gesso agrícola não provoca alterações significativas no pH do solo. Ensaio de campo e de laboratório têm demonstrado que, caso haja aumento do pH do solo a magnitude desse aumento é da ordem de 0,2 a 0,3 unidade (Nascimento, 2003). Portanto, pode-se inferir que existirá alteração de pH em função de duas reações básicas que ocorrem entre o gesso e a superfície dos colóides no solo. Na primeira, o Ca^{2+} desloca Al^{3+} (cuja hidrólise produz H^+) e na segunda, o SO_4^{2-} desloca OH^- pela troca de ligantes. O pH resultante dependerá da extensão dessas duas reações em cada caso particular de solo. Em solos com alto teor de Al, o H^+ liberado pela hidrólise pode exceder o OH^- liberado, causando decréscimo no pH. Para solos muito intemperizados, mas com baixos teores de Al, pode ocorrer o inverso. Para horizontes ricos em óxidos e hidróxidos de Fe e Al, que condicionam alta capacidade de adsorção de sulfato, possivelmente ocorrem pequenas elevações de pH pela maior liberação de hidroxilas à solução.

Outro aspecto que colabora para que as alterações de pH sejam mínimas baseia-se no fato de que na faixa de pH dos solos agrícolas o íon sulfato não é um forte receptor de prótons, a exemplo dos íons bicarbonato e hidroxila, produtos da dissociação do carbonato de cálcio presente nos calcários (Alvarez V. & Dias, 1994).

Contrariamente à sua reduzida capacidade de alteração do pH do solo, aplicação de gesso pode proporcionar significativa redução no teor de Al e em sua saturação (m %). A neutralização do alumínio trocável pela adição de gesso ocorre, basicamente, devido às seguintes reações:

- 1) Precipitação na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$ decorrente da liberação de OH^- para a solução em decorrência da adsorção de sulfato
- 2) Formação do complexo AlSO_4^+ que é menos tóxico às plantas
- 3) Precipitação de minerais de sulfato de Al, a exemplo da alunita e basaluminita, decorrente do aumento da concentração de sulfato na solução.

3.2. Gesso agrícola como fonte de cálcio e enxofre para as culturas

Considerando a concentração de S presente no gesso agrícola, doses de 100 a 250 kg/ha deste insumo seriam suficientes para corrigir deficiências desse elemento para grande parte das culturas (Alvarez V. & Dias, 1994). Deve-se levar em consideração o emprego de outros fertilizantes que possuem S em sua formulação, tais como superfosfato simples (12 % de S) e sulfato de amônio (24 % de S). Outro aspecto a considerar na recomendação de adubação com S é que, da mesma forma

como observado para adubação fosfatada, a textura do solo deve ser considerada; solos argilosos tendem a apresentar maior capacidade de adsorção de sulfatos, portanto, maiores quantidades de S são exigidas para uma adequada disponibilidade do elemento para plantas.

Com relação ao uso de gesso como fonte de Ca para nutrição de plantas, deve-se considerar alguns aspectos importantes, segundo Malavolta (1992) existem diferenças entre culturas quanto à demanda por cálcio. Plantas como café e tomate são muito responsivas ao elemento, ao passo que espécies florestais a exemplo do eucalipto apresentam baixas exigências de cálcio. As características do solo que podem permitir maior movimentação de cálcio pelo perfil e, igualmente, devem ser consideradas, uma vez que excesso de movimentação pode arrastar o elemento para camadas além daquelas onde se encontra o maior volume de raízes. A descida do cálcio pelo perfil modifica o padrão de distribuição das raízes das plantas, aumentando o volume de solo a ser explorado em nutrientes, especialmente em relação à água (Figura 1).

No entanto, um aspecto importante que não se pode refutar refere-se ao aumento de cálcio no complexo de troca, promovendo a redução da saturação de Al, que, para vários autores tem papel mais importante na toxidez em plantas do que a concentração de Al ou sua atividade.

3.3. Recomendação para aplicação de gesso ao solo

Apesar de boa parte dos mecanismos que envolvem a dinâmica do gesso no solo ser conhecida, existem ainda dúvidas quanto aos critérios a serem utilizados para sua recomendação e para se chegar à quantidade do produto a ser recomendada. Na literatura, podem ser encontrados diferentes critérios, alguns mais empíricos que outros, mas, que de certa forma, podem auxiliar na resolução do problema.

Com relação aos critérios de quando recomendar sua aplicação visando a correção de camadas sub-superficiais ou melhoria do ambiente radicular das plantas, a Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais (1999) sugeriu que o gesso deve ser utilizado quando a camada sub-superficial (20 a 40 cm ou 30 a 60 cm) apresentar menos que $0,3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca^{2+} e, ou, mais que $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Al^{3+} e, ou, mais que 30% de saturação de Al^{3+} (m).

Para se calcular a quantidade a ser aplicada do produto, existem, atualmente, algumas fórmulas fundamentadas nas características químicas e físicas do solo. No

entanto, essas fórmulas ainda necessitam ser amplamente avaliadas em ensaios de campo, nas mais diversas condições de solo e culturas. Portanto, existe, apesar de algum fundamento teórico, certo grau de incerteza na utilização das fórmulas.

As principais fórmulas utilizadas atualmente são:

1) Petrofertil (citado por Alvarez V. & Dias, 1994) – Para correção da camada de 20 a 40 cm usar uma das seguintes fórmulas:

$$NG = (2 - Ca^{2+}) \times 2,5 = \text{t/ha de gesso, ou}$$

$$NG = (Al^{3+} - 0,5) \times 2,5 = \text{t/ha de gesso.}$$

2) Malavolta (1992) – A necessidade de gesso é dada pelas seguintes expressões:

$$NG = (0,4 \times CTC \text{ efetiva} - \text{cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ de } Ca^{2+}) \times 2,5 \text{ t/ha de gesso, ou}$$

$$NG = (\text{cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ de } Al^{3+} - 0,2 \times CTC \text{ efetiva}) \times 2,5 \text{ t/ha de gesso.}$$

Este critério baseia-se na premissa de que para se elevar o teor de Ca ou diminuir o teor de Al^{3+} em $1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ são necessárias cerca de 2,5 t de gesso/ha e que o solo deve apresentar, na camada de 20 a 40 cm, teor de Ca^{2+} superior a 40 % de sua CTC efetiva ou teor de Al^{3+} inferior a 20 % da CTC efetiva.

Posteriormente, pesquisadores, citados por Alvarez V. & Dias (1994) propuseram para a cultura de café que a participação mínima do Ca^{2+} na CTC efetiva da camada de 20 a 40 cm deva ser de 60 %, ou seja:

$$NG = (0,6 \times CTC \text{ efetiva} - \text{cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ de } Ca^{2+}) \times 2,5 \text{ t/ha de gesso}$$

3) Comissão de Fertilizante do Estado de Minas Gerais (1999) – Após serem satisfeitas as condições que justifiquem a necessidade de utilização de gesso, a quantidade a ser aplicada toma como base o teor de argila do solo, ou seja, segundo quadro a seguir.

Teor de argila	Gesso
< 15 %	0,5 t/ha
de 15 a 35 %	1,0 t/ha
de 36 a 60 %	1,5 t/ha
> 61 %	2,0 t/ha

4) Pesquisadores, citados por Alvarez V. & Dias (1994), após desenvolverem amplo estudo com amostras de 13 solos de cerrado, propuseram o uso de fórmulas que têm como base algumas das características anteriormente citadas como determinantes de maior ou menor movimentação de bases pelo perfil. Essas equações

foram geradas a partir das premissas de que deva existir em solução, na camada de 20 a 60 cm, uma concentração de S da ordem de 10 mg/dm^3 ou de $0,0788 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca^{2+} .

A primeira premissa fundamenta-se na experiência dos citados autores que afirmaram que essa quantidade de S em solução seria suficiente para que, já no primeiro ano agrícola, ocorra lixiviação de sulfato e de cátions para a camada de 20 a 60 cm. A segunda parte do pressuposto de que existe relação entre o S- SO_4^{2-} retido e o Ca^{2+} retido (retenção simultânea) e que a quantidade de Ca^{2+} retida que equivale a 10 mg/dm^3 de S em solução após a adsorção do S- SO_4^{2-} é da ordem de $0,0788 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

5) Dias (1992) utilizando-se de estudo de lixiviação em colunas de solo, constatou correlações estreitas entre quantidades de Ca e Mg lixiviadas com diferentes formas de S no solo. Dentre as formas analisadas, o S disponível em NH_4OAc $0,5 \text{ mol/L}$ e HOAc $0,25 \text{ mol/L}$ apresentou os valores mais altos de coeficiente de correlação. Assim, sua determinação no solo pode predizer maior ou menor potencial de movimentação de bases. Restou para a pesquisa atual a busca de valores ou concentrações mínimos para que a movimentação exista.

Em Pernambuco e no Nordeste em geral, os critérios para recomendação das doses de gesso a aplicar não estão ainda estabelecidos. A carência de pesquisas para nossas condições de solo e clima é o principal motivo para essa indeterminação no melhor critério a ser adotado.

Neste sentido, algumas considerações devem ser ponderadas para escolha do método a ser utilizado. De modo geral, dependendo das características do solo, as duas primeiras fórmulas tendem a recomendar quantidades de gesso superiores a $2,0 \text{ t/ha}$, o que dado às características do produto e as considerações aqui discutidas, pode acarretar problemas de perdas excessivas de cátions do solo. Neste sentido, critérios que levam em consideração as características físico-químicas que normalmente encontram-se associadas à textura do solo e que podem condicionar movimentação de bases, tais como CTC e capacidade máxima de adsorção de sulfato. Por outro lado, como as quantidades a serem aplicadas não são muito grandes, para que ocorra uma completa correção da camada, possivelmente deva-se considerar um programa de correção com aplicações anuais.

Sempre que possível, o gesso deve ser aplicado juntamente com calcário magnesiano ou dolomítico, conforme discutido anteriormente. Amostragens periódicas das camadas sub-superficiais devem ser realizadas com a finalidade de

acompanhar a movimentação de bases pelo perfil, procurando-se evitar que ocorra uma drástica remoção dessas no volume de solo explorado pelo sistema radicular das plantas.

Para solos onde existe um bom manejo de resíduos orgânicos e sem a presença de camadas sub-superficiais com elevado teor de Al^{3+} e, ou, baixo teor de Ca^{2+} o potencial de utilização de gesso seria muito pequeno. Situação semelhante poderia ser considerada para plantas de ciclo curto com sistema radicular pouco profundo, do tipo de muitas hortaliças. Por outro lado, para culturas perenes já implantadas como, por exemplo, café e citrus, ou para pastagens e cana-de-açúcar, quando cultivadas em solos declivosos e ácidos, a mistura gesso+calcário deve ser encarada como uma possibilidade de carrear cátions para camadas mais profundas, uma vez que a incorporação de calcário nesses sistemas é problemática.

4. DIFERENÇAS ENTRE OS EFEITOS DE GESSO E DE CALCÁRIO NOS SOLOS

Embora tenham o gesso e o calcário alguns efeitos semelhantes nos solos, tais, como, fornecimento de cálcio e alívio de toxicidade de alumínio, deve-se ter em mente que estes elementos não podem ser substituídos um pelo outro aleatoriamente, pois desempenham também diferentes papéis no solo.

No caso do calcário, os íons HCO_3^- e OH^- gerados são responsáveis pela elevação do pH, devido a serem aceptores dos prótons H^+ , e pela correção do Al tóxico (Nascimento, 2003). Esses efeitos, devido a menor solubilidade do calcário, limitam-se, geralmente, à camada de solo onde houve a aplicação. Perceba-se que o íon HCO_3^- reage na solução do solo e perde-se para a atmosfera como CO_2 , o que deixa o cálcio sem um ânion acompanhante que o permite deslocar-se no perfil do solo.

O gesso, ao contrário do que se pode pensar, não deve ser utilizado para substituir o calcário na correção da acidez do solo. Devido ao fato do sulfato não ser um bom acceptor de prótons (por ser formador de ácido forte), especialmente nas condições de solo, os prótons H^+ gerados pela acidez não podem ser eliminados (Nascimento, 2003). O gesso, devido ao ânion sulfato acompanhante, possui a capacidade de deslocar Ca para camadas mais profundas de solo. Este ânion, por sua vez, pode aliviar a toxicidade de Al em subsuperfície pela precipitação do sulfato de alumínio. Um efeito adicional é o fornecimento de dois importantes nutrientes vegetais (Ca e S) a partir da dissolução do gesso no solo.

Em decorrência das deficiências cada vez mais comuns de S no campo, o gesso

apresenta-se como mais uma boa opção entre os demais fertilizantes existentes no mercado para fornecimento deste elemento às plantas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H. & DIAS, L.E. Enxofre. Viçosa. ABEAS. 1994.

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* 23:315–327. 1999.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa. Governo de Minas Gerais. 1999.

DAL BÓ, M.A., RIBEIRO, A.C., COSTA, L.M., THIÉBAUT, J.T.L. & NOVAIS, R.F. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar: I. Movimentação de bases no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 10:195–198. 1986.

DIAS, L.E. Dinâmica de formas de enxofre e de cátions trocáveis em colunas de solo tratadas com diferentes doses de fósforo e gesso. (Tese de Doutorado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 1992.

KOFFLER, N.F. A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no cerrado. Potafós. 1986. (Informações Agronômicas, 33).

MALAVOLTA, E. O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta – Perguntas e Respostas. Anais, Seminário Sobre o Uso do Gesso na Agricultura, Uberaba, MG. 1992. pp. 41–66.

MEDINA, C.C. & BRINHOLI, O. Uso de resíduos agroindustriais na produções de cana-de-açúcar, açúcar e álcool. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 33:1821–1825. 1998.

MORELLI, J.L., DALBEN, A.E., ALMEIDA, J.O.C. & DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um Latossolo de textura média Álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 16:187–194. 1992.

NASCIMENTO, C.W.A. Melhoria do ambiente radicular e fornecimento de nutrientes. Recife. Imprensa Universitária. 2003. (Apostila do Curso de Gestão Ambiental e otimização da exploração e utilização do gesso da Região do Araripe – PE).

QUAGGIO, J. A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas. Instituto Agronômico. 2000.

RAIJ, B.V. Gesso Agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. São Paulo. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. 1988.

SHIGAKI, F., FREITAS, N., BERTO, A., CEDDIA, M.B. & LIMA, E. Influência do estresse hídrico nos parâmetros de crescimento e acúmulo de N em variedades de cana-de-açúcar. Anais, Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto, SP. 2003. CDRom.

SOPRANO, E. & ALVAREZ V., V.H. Nutrientes lixiviados de colunas de solo tratados com diferentes sais de cálcio. Revista Brasileira de Ciência do Solo 13:25-29. 1989.

SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil with minimum disturbance. In: Jayawardane, N.S. & Stewart, B.A. (eds). Subsoil management techniques. Athens. Lewis Publishers. 1995. pp. 147-185.

WADT, P.G.S. & WADT, L.H.O. Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo Vermelho - Amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. Scientia Agrícola 56:1157-1164. 1999.