

## USO DE GESSO E SILICATOS NO CARBONO ORGÂNICO DO SOLO EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

Michely da Silva Alves<sup>1</sup> e Jéssyca Dellinhares Lopes Martins<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômica, Departamento de Produção Vegetal, Fazenda Experimental Lageado - Caixa Postal 237, Rua José Barbosa de Barros, nº. 1780, Botucatu – SP, CEP: 18610-307. E-mail: michely-alves@hotmail.com e dellinhares@hotmail.com

**RESUMO** - O acúmulo de resíduos vegetais e fertilizantes no sistema plantio direto na superfície acelera o processo de acidificação do solo. Esse processo, contínuo em solos tropicais, tem por consequência a baixa disponibilidade de nutrientes e elevados teores de  $Al^{+3}$ . Como no sistema convencional, o sistema plantio direto também exige a necessidade de aplicação de insumos, especialmente, materiais corretivos de acidez. O silicato de Ca ou Mg é uma fonte que pode ser utilizada em substituição ao calcário, pois apresentam reações semelhantes, que, além de elevar o pH, podem disponibilizar o ânion silicato ( $H_3SiO_4^-$ ). Apesar das grandes vantagens da utilização do gesso agrícola, ainda existem falta de informações quanto às doses de recomendação do produto em associação com corretivos da acidez do solo visando à correção de acidez nas camadas subsuperficiais, principalmente em regiões de inverno seco. A emissão de gases de efeito estufa pode ser compensada por um aumento do estoque de C no solo devido ao aumento da produção vegetal em solos corrigidos. O objetivo desta revisão bibliográfica foi mostrar o efeito da aplicação de gesso e silicatos no carbono orgânico do solo.

**PALAVRAS - CHAVE:** gessagem, silicatagem e manejo conservacionista

## USE OF GYPSUM AND SILICATES IN ORGANIC SOIL CARBON IN DIRECT SEEDING SYSTEM

**Abstract** - The surface accumulation of crop residues and fertilizers in no-till accelerates the soil acidification process. This continuous process in tropical soils results in low nutrient availability and high  $Al^{+3}$  levels. As in the conventional system, no-till also requires the application of agricultural inputs, especially soil acidity corrective materials. The Ca and Mg silicate is an alternative source which can be used in substitution of limestone, which have similar reactions, that in addition to raising the pH, provides the anion silicate ( $H_3SiO_4^-$ ). Despite the great advantages of using gypsum, there are still lack of information on the recommendation in association with soil correctives sources in order to alleviate the acidity in subsurface layers, especially in regions with dry winters. The emission of greenhouse gases can be offset by an increase in the stock of C in the soil due to increased crop production in limed soils. The objective of this review was to show the effect of the application of gypsum and silicates in soil carbon.

**KEYWORDS:** gypsum, silicate and conservation management

## INTRODUÇÃO

A maior limitação para a sustentabilidade do sistema plantio direto (SPD) em regiões de inverno seco na maior parte do Brasil Central, caracterizada pelo Bioma Cerrado, é a baixa produção de palhada no período de outono/inverno e inverno/primavera, tanto das espécies utilizadas para adubação verde e cobertura do solo, como das culturas graníferas, devido às condições climáticas desfavoráveis, notadamente baixa disponibilidade hídrica. Assim, ocorre a rápida decomposição da palhada de plantas graníferas leguminosas e gramíneas, como a soja, feijão e arroz, que produzem baixa quantidade de fitomassa, e a alta probabilidade de insucesso das culturas de safrinha. Logo, muitas áreas destas regiões ficam ociosas durante sete meses do ano e com baixa cobertura vegetal, comprometendo a viabilidade e sustentabilidade do sistema plantio direto.

O não revolvimento do solo no sistema plantio direto e o conseqüente acúmulo de resíduos vegetais e fertilizantes na superfície aceleram o processo de acidificação do solo (Rheinheimer et al., 1998). Da mesma forma que no sistema de cultivo convencional, nos sistemas em que não há o revolvimento do solo, também existe a necessidade de aplicação de insumos, especialmente, materiais corretivos de acidez.

As SH são compostos orgânicos que estão no estágio mais avançado de estabilização química, sendo então o produto final da ação dos microorganismos (Guerra et al., 2008). São constituídas de ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina, que se diferenciam de acordo com suas características de solubilidade. Os AH constituem a fração solúvel das SH em meio alcalino, que precipita após acidificação. Os AF permanecem em solução quando o meio é acidificado, e a humina é a fração insolúvel, independentemente, da acidez ou alcalinidade do meio (Stevenson, 1994).

A substituição do calcário pelo silicato pode ser uma alternativa promissora, resultando em uma menor liberação de carbono na atmosfera e maior sequestro de C nos perfis dos solos. Por outro lado, aplicações de calcário e de gesso agrícola, assim como de silicatos, promovem modificações químicas no perfil que podem melhorar o ambiente de desenvolvimento radicular das plantas (Caires et al., 2001). O maior crescimento radicular em profundidade pode aumentar a matéria orgânica do solo e, com a presença constante do ciclo de crescimento e morte de raízes, aumentar o estoque de carbono orgânico no solo (Santos et al. 2011). Já foi observada alta complexação do carbono orgânico dissolvido no solo com os cátions Ca e Mg com o uso do gesso (Zambrosi et al. 2007).

A partir dessas premissas, levanta-se a hipótese de que a aplicação de silicato junto ao gesso em sistema de produção agrícola possa ser eficiente em melhorar o balanço de carbono

em relação ao uso somente de calcário. Com a correção do pH do solo ocorre aumento da mineralização do N, aumentando a concentração de nitrato e, no processo de nitrificação/desnitrificação, pode haver produção de  $N_2O$ . Além disso, o fluxo de  $CH_4$  no solo está relacionado com os processos microbianos ocorridos em situação de aerobiose ou anaerobiose no ciclo do C.

### **SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

A intensa exploração agrícola e a falta de preservação dos recursos naturais tende a agravar os problemas de degradação do solo. Dentre as tecnologias desenvolvidas para minimizar os processos degradativos, destaca-se a implantação de sistemas conservacionistas, em especial o SPD, pois é seguramente uma das práticas que têm apresentado melhores resultados em comparação aos demais sistemas de produção (Calegari, 2001).

Devido os benefícios observados, a tecnologia conservacionista do SPD tem sido amplamente aceita na América do Sul, onde alguns países, tais como Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai adotam este sistema em cerca de 70% da área agrícola (Derpsch; Friedrich, 2009). De acordo com FEBRAPDP (Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação), a área agricultável sob SPD no Brasil corresponde a 25,5 milhões de hectares (Derpsch, Friedrich e Kassam, 2010), atualmente isso representa 55% do sistema de manejo aplicado para produção de grãos no Brasil, esses resultados são justificados em razão dos princípios conservacionistas, que proporcionam ótimas condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas, além de garantir maior sustentabilidade no sistema produtivo (Silva et al., 2009). O SPD apresenta inúmeras características peculiares, que por consequência, exigem um manejo específico, principalmente em relação à fertilidade do solo. Essas características são decorrentes dos fundamentos deste sistema agrícola, que dentre eles destaca-se o mínimo revolvimento do solo, o incremento de resíduos vegetais e a prática de rotação de culturas.

### **ACIDEZ DO SOLO COMO FATOR LIMITANTE PARA O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS**

A acidez do solo é um dos fatores que mais limitam a produtividade das culturas. Cerca de 17% da África, 6% da Austrália e Nova Zelândia, 10% da Europa, 26% da Ásia e 41% da América possuem solos ácidos (Von Vexkull e Mutert, 1995). Estas áreas ácidas representam parte significativa de pelo menos 48 países em desenvolvimento localizados principalmente em áreas tropicais, sendo mais freqüentes em Latossolos e Argissolos na

América do Sul e em Latossolos africanos (Narro et al., 2001). Na América do Sul, 85% dos solos são ácidos, e aproximadamente 850 milhões de hectares desta área não são devidamente aproveitados (Fageria e Baligar, 2001). O cerrado brasileiro, principal região produtora de grãos do país, possui 205 milhões de hectares, sendo a maioria dos solos desta região representados por Latossolos (46%), Argissolos (15%) e Neossolos (15%), solos estes caracterizados por possuírem baixa fertilidade natural, alta saturação de alumínio e alta capacidade de fixação do P (Fageria e Stone, 1999).

A expansão de áreas sobre SPD ocorre de maneira mais rápida na América do Sul, onde países como Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai utilizam este sistema em aproximadamente 70% do total de sua área agricultável (Derpsch e Friendrich, 2009). Este sistema tem se destacado como uma das estratégias mais eficientes para melhorar a sustentabilidade do sistema agrícola em regiões de clima tropical e subtropical, reduzindo as perdas de solo e nutrientes por erosão (Hobbs et al, 2008). No entanto, a não movimentação do solo no SPD promove modificações químicas no solo em função do acúmulo de resíduos vegetais, corretivos e fertilizantes na sua superfície e, segundo Rheinheimer et al. (1998), estas modificações ocorrem de forma gradual e progressiva, a partir da superfície do solo, e afetam tanto a disponibilidade de nutrientes quanto o processo de acidificação do solo.

### UTILIZAÇÃO DE GESSO NA AGRICULTURA

Em razão dos carbonatos não serem incorporados no solo em SPD e pela baixa solubilidade e mobilidade do corretivo, são detectados níveis extremamente baixos de  $\text{Ca}^{2+}$  e elevados teores de  $\text{Al}^{3+}$  tóxico no subsolo, esses fatores são considerados os principais responsáveis pela limitação do rendimento e produtividade das culturas cultivadas em solos ácidos. Uma estratégia adotada para aliviar esses fatores limitantes na produção agrícola, é a utilização do gesso agrícola em associação com o calcário (Caires et al., 2003; Caires et al. 2005; Soratto e Crusciol, 2008; Caires et al., 2011).

O gesso agrícola é caracterizado como uma importante fonte de cálcio e enxofre para as plantas. O cálcio, acompanhado de sulfato, tem-se revelado uma fonte diferenciada por aumentar os teores de cálcio em plantas em proporção maior do que as observadas quando são utilizadas quantidades equivalentes de carbonato de cálcio. O sulfato de cálcio promove o desenvolvimento radicular em solos deficientes em cálcio ou com saturação por alumínio elevada, nos quais reduz a atividade do alumínio, aliviando sua toxidez, podendo o gesso ter importante efeito complementar à calagem (Raij, 2008).

A alta mobilidade do gesso no perfil do solo tem sido atribuída a sua solubilidade e à presença de um ânion estável ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Este ânion forma um par iônico neutro com o  $\text{Ca}^{2+}$ , e com isto leva o íon até a subsuperfície do solo, além disso, a presença do íon  $\text{SO}_4^{2-}$  na solução pode reduzir a atividade do  $\text{Al}^{3+}$  trocável pela reação e formação do  $\text{AlSO}_4$ . (Pavan et al., 1982 e Pavan et al., 1984). Diante do pressuposto, a aplicação superficial de gesso agrícola no SPD, demonstra-se uma prática eficiente para incrementar os teores de Ca e S em todas as camadas do perfil de solo, além disso, promove o deslocamento de cátions como  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  para as camadas inferiores, promovendo melhorias nos atributos químicos em subsuperfície, o que favorece maior proliferação e desenvolvimento de raízes em profundidade (Rampim et al., 2011). Os efeitos positivos do gesso agrícola na neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  tóxico e no aumento na disponibilidade de nutrientes em subsolo têm sido demonstrados por diversos autores (Raij et al., 1998; Caires et al., 2003; Caires et al., 2005; Cremon et al., 2009; Soratto; Crusciol, 2010; Caires et al., 2011). O subsolo possuindo condições químicas ideais promove maior aprofundamento do sistema radicular, favorecendo a absorção de água das camadas mais profundas do solo, conferindo às culturas maior resistência à seca em condições de limitação hídrica (Raij, 2008).

Soratto e Crusciol (2008), obtiveram resultados mostrando que a aplicação de gesso agrícola promoveu incrementos nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  trocável e  $\text{S-SO}_4^{2-}$ , além de reduzir o teor de  $\text{Al}^{3+}$  trocável no solo. Os resultados demonstram que a aplicação do calcário superficial associado ao gesso agrícola em solo sob SPD, favorece o desenvolvimento radicular e consequentemente o rendimento de grãos, refletindo em uma maior rentabilidade econômica para o agricultor. Esses resultados são justificados principalmente em razão do incremento nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e pela neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  tóxico em subsuperfície, os quais favorecem o crescimento e desenvolvimento das plantas, e consequentemente, o acúmulo no teor de MOS que é justificado pelo maior aporte de resíduos culturais no sistema agrícola (Caires, Churka e Joris, 2011).

Apesar do grande potencial de uso do gesso agrícola na melhoria dos atributos químicos das camadas subsuperficiais dos solos, diversos resultados científicos também tem ressaltado benefícios da utilização deste insumo nos atributos físicos do solo (Cremon et al., 2009; Silva et al., 2013). Souza et al. (2012) ao avaliarem a ação residual de gesso na estabilidade de agregados de um Latossolo manejado em SPD, constataram que a combinação entre o sistema conservacionista e o efeito residual do gesso agrícola, proporcionou maior estabilização dos agregados do solo, reduzindo a desintegração dos mesmos em partículas menores. Rosa Junior et al. (2006) demonstraram que o gesso também exerce influencia

significativa na quantidade de argila dispersa em água, sendo que os menores valores foram observados na dose de 2000 kg ha<sup>-1</sup>. Portanto, os resultados demonstram que a aplicação de gesso agrícola em superfície, podem favorecer a estruturação do solo, além disso, podem exercer efeito indireto sobre a física do solo à medida que favorecem a produção de fitomassa das culturas, levando a uma maior adição de MOS, incrementando a atividade microbiana e a estabilidade dos agregados (Costa et al., 2004; Griève et al., 2005; Soratto e Crusciol, 2008; Soratto, Crusciol e Melo, 2010).

Como os efeitos da aplicação de corretivos sobre os mecanismos que interferem na formação e estabilização de agregados do solo em SPD não são claramente detalhados, é de extrema importância a realização de estudos mais aprofundados nessa linha de pesquisa. A melhoria nas propriedades físicas do solo inerentes ao SPD, associados às condições de clima e solo, podem favorecer a movimentação vertical dos corretivos no perfil do solo, favorecendo a neutralização da acidez e proporcionando maior concentração de nutrientes nas camadas subsuperficiais do solo após períodos relativamente curtos da aplicação (Amaral et al., 2004; Briedis et al., 2012).

Apesar das grandes vantagens da utilização do gesso agrícola, ainda existem falta de informações quanto às doses de recomendação do produto em associação com calcário visando à correção de acidez nas camadas subsuperficiais, principalmente em regiões de inverno seco.

### **SILICATOS COMO CORRETIVO DA ACIDEZ DO SOLO**

De acordo com Prado et al. (2001), as fontes de Si mais indicadas para a agricultura são as escórias siderúrgicas, que têm sido utilizadas em alguns países como Japão e Estados Unidos.

No Brasil, as siderúrgicas estão localizadas, em maior proporção, na Região Sudeste, que coincide com a região de maior produção agrícola, portanto, a utilização da escória na agricultura não aumenta significativamente os custos quando comparado ao calcário, apesar deste ser mais bem distribuído no país.

Essas escórias são constituídas, basicamente, de silicato de cálcio e de magnésio (Amaral et al., 1994), o que lhes confere propriedade corretiva da acidez do solo semelhante à do calcário (Prado et al., 2001). Embora o calcário seja considerado um eficiente corretivo de acidez, sua ação neutralizante não ultrapassa o pH em CaCl<sub>2</sub> de 6,5, devido à redução de sua solubilidade nesse nível de pH, sendo menor que a dos silicatos, sua base (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) é mais

fraca ( $K_{b1} = 2,2 \times 10^{-4}$ ) que a base dos silicatos ( $\text{SiO}_3^{2-}$  - ( $K_{b1} = 1,6 \times 10^{-3}$ ), ou seja, apresenta uma liberação mais lenta de hidroxilas para o meio (Alcarde e Rodella, 2003).

Conforme observado por Ramos et al. (2006), os silicatos (silicato de Ca, silicato de Ca e Mg e termofosfato) promoveram a correção da acidez do solo com maior eficiência que o calcário, até à camada de 0–15 cm de profundidade na dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> de Ca. A aplicação de silicatos ao solo pode liberar Ca e, ou, Mg em solução e ânions ( $\text{SiO}_3^{2-}$ ) (Nolla, 2004).

O mecanismo de correção da acidez pela escória resulta na formação de  $\text{SiO}_3^{2-}$ , que reage com a água e libera íons  $\text{OH}^-$ , que neutralizam o  $\text{Al}^{3+}$  fitotóxico, conforme Alcarde e Rodella (2003). De modo geral, a capacidade corretiva da acidez do solo das escórias é semelhante à do calcário. Entretanto, esses dois tipos de corretivos diferem quanto à superfície específica (área de contato) e quanto ao poder de neutralização (PN). O poder corretivo das escórias pode ser superior à do calcário, conforme a maior superfície específica de suas partículas. Quando se aplicam calcário e escória com granulometrias semelhantes (mesma reatividade - Re), no entanto, as escórias são menos eficientes na elevação do pH do solo. Essas pequenas diferenças de eficiência são atribuídas ao valor neutralizante mais baixo da escória (Louzada, 1987; Prado et al., 2001).

Uma técnica alternativa para a correção da acidez do solo é a substituição total ou parcial do carbonato de Ca ( $\text{CaCO}_3$ ) e, ou, Mg ( $\text{MgCO}_3$ ) pelo silicato de Ca ( $\text{CaSiO}_3$ ) e, ou, Mg ( $\text{MgSiO}_3$ ), que apresentam reações semelhantes à do calcário, que, além de elevar o pH, podem disponibilizar o ânion silicato ( $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$ ), que, por sua vez, pode concorrer com o ânion fosfato diácido pelos mesmos sítios de adsorção (Carvalho et al., 2000). A hidrólise do ânion silicato promove a liberação de hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ), neutralizando os  $\text{H}^+$  e elevando o pH do solo. Com o aumento do pH, ocorre a precipitação do  $\text{Al}^{3+}$  na forma de hidróxido de Al ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), de baixa solubilidade e, portanto, não tóxica para as plantas, já que não se mantém ativa em solução (Kondörfer e Nolla, 2003). Após a ação alcalinizante do solo pelo  $\text{CaSiO}_3$ , há a formação do  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , que se transforma em  $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$  em pH próximo de 7, e pode ser adsorvido aos óxidos de Fe e Al da fração argila, competindo com o  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  pelos mesmos sítios de adsorção (Hingston et al., 1972). Essa competição, conforme Carvalho et al. (2000), ocorre quando se aplica o Si antes do calcário e do P das fertilizações. Na ausência do calcário, conforme se propõe neste trabalho, o  $\text{CaSiO}_3$  cumprirá primeiro o papel alcalinizante, seguido da formação de  $\text{H}_3\text{PO}_4^-$ , que parece saturar os sítios de adsorção de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , disponibilizando-o em maiores concentrações às plantas na solução do solo.

Segundo Alcarde (1985), além do calcário, outros materiais podem ser utilizados como corretivos de acidez, desde que contenham um “constituente neutralizante” ou “princípio ativo”, óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e/ou magnésio. Os silicatos de cálcio e magnésio são semelhantes aos carbonatos em sua composição, logo, estas fontes podem substituir, e com vantagens, o calcário (Carvalho-Pupatto et al., 2004; Ramos et al., 2006). De acordo com Korndörfer et al. (2002), a recomendação de aplicação dos silicatos pode ser baseada em qualquer um dos métodos utilizados para recomendação de calagem. Segundo Alcarde e Rodela (2003) o silicato de cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3 = 0,014 \text{ g dm}^{-3}$ ;  $\text{CaSiO}_3 = 0,095 \text{ g dm}^{-3}$ ), sendo uma boa opção para aplicação superficial no SPD (Carvalho-Pupatto et al., 2004).

Nas plantas, principalmente nas gramíneas, o silício é acumulado na epiderme foliar, aumentando a resistência da parede celular e assim diminuindo a perda de água por evapotranspiração, elevando a tolerância às pragas e doenças, a metais pesados e alumínio tóxico, além de aumentar a eficiência fotossintética e a disponibilidade de P (Ma e Yamaji, 2006; Goussain et al., 2002; Berni e Prabhu, 2003; Pragabar et al., 2011; Pulz et al., 2008). A maior tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos, como o déficit hídrico, confere estabilidade às culturas, visto que em regiões produtoras de grãos como o cerrado pode ocorrer períodos de seca.

### **CARBONO ORGÂNICO DO SOLO**

O carbono é encontrado no solo na forma mineral e orgânica, sendo o COS o principal componente da matéria orgânica do solo. Desta forma, o COS tem relação direta com propriedades do solo como agregação, aeração e retenção de água, além de sua importância como fonte de energia para os organismos do solo e de nutrientes para as plantas, para a capacidade de troca de cátions, tamponamento do pH, e complexação de elementos tóxicos e micronutrientes (Bayer e Mielniczuk, 2008).

Segundo Resck et al. (2008), a formação e retenção do COS são basicamente determinadas por fatores ambientais externos ao solo, como clima, topografia, quantidade e qualidade dos resíduos das plantas, e por fatores internos, que são os ligados diretamente ao solo, como o tipo e grau de agregação, textura e composição mineralógica. Nas regiões tropicais úmidas, onde os solos apresentam avançado intemperismo, com predomínio da caulinita e óxidos de Fe e Al na fração argila, a interação desses minerais com o COS humificado resulta em sua maior estabilidade química e resistência à decomposição pelos microrganismos. Por outro lado, a proteção física do COS ocorre devido à oclusão de resíduos



pouco decompostos no interior dos agregados, onde é menor a difusão de ar, e o ataque pela biota, conferindo maior estabilidade do COS total (Resck et al., 2008). Zinn et al. (2007) estudando o controle edáfico na retenção do COS no cerrado brasileiro, concluíram que o efeito textural e mineralógico são mais importantes que efeito estrutural na retenção de COS dos solos tropicais. Estes autores, após determinar a concentração de COS em cada uma das frações texturais (silte, argila e areia) em três solos com diferentes texturas, concluíram que o total de COS na fração areia não varia com muitas vezes o principal controle da retenção de COS (Stevenson, 1994; Lal e Bruce, 1999). Nos ecossistemas agrícolas, o solo sofre alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas, que ao interagir com o clima, tipo de cultura e manejo, estabelecem uma nova condição de equilíbrio do COS (Silva et al., 2009).

Bayer et al. (2003), ao comparar estoques de COS em cultivo convencional (duas arações e gradagens por ano) com uma área de Floresta Atlântica, encontraram perda aproximada de 50 % no estoque de carbono no cultivo convencional, com uma taxa média anual de perda de carbono (0-20 cm) em torno de  $2,2 \text{ Mg C ha}^{-1}$ . Perdas significativas ( $9\text{-}30 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) foram verificadas por Don, Schumacher e Freibauer (2011) em uma meta-análise global sobre substituição de florestas nativas em solos tropicais por diferentes sistemas de uso. Segundo Zinn, Lal e Resck (2005), essas perdas ocorrem devido ao rompimento dos macroagregados, expondo o COS protegido fisicamente aos processos microbianos, contribuindo, dessa forma, para aumentar as taxas de emissão de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera. No Brasil, o desmatamento e a agricultura tem contribuído com cerca de 75% das emissões nacionais de  $\text{CO}_2$ , 91% de  $\text{CH}_4$  e 94% de  $\text{N}_2\text{O}$  para a atmosfera (Cerri, 2007).

Pes et al. (2011) estudando de perdas de COS em Latossolo sob dois sistemas de cultivo no Rio Grande do Sul, observaram que 65% do COS na forma de resíduos culturais, ou seja, o COP, não ocorreria protegido dentro de agregados, e seria perdido facilmente como  $\text{CO}_2$  com o cultivo do solo. Esses autores concluíram ainda que no sistema convencional a emissão de  $\text{CO}_2$  pelo solo foi 72% maior do que no sistema plantio direto. A ausência do revolvimento do solo permite certa proteção física ao COS lábil e sua permanência por mais tempo no solo.

Outra forma de perda de COS é a quebra dos agregados pelo impacto direto das gotas de chuvas sobre o solo, e consequente erosão da camada superficial mais rica em COS. Esse processo contribui com grandes perdas de COS, que é um dos primeiros constituintes removidos pela erosão, tendo em vista sua baixa densidade (Schick et al., 2000). Estas perdas comprometem a ciclagem e retenção de nutrientes, a dinâmica da água, atividade biológica e a

agregação do solo, provocando desequilíbrios no sistema e intensificando o processo de degradação ambiental (Rangel et al., 2008).

A adoção de sistemas agrícolas conservacionistas que diminuam a intensidade de preparo do solo pode garantir melhorias nas propriedades do solo, e aumentar o estoque de COS, especialmente em regiões de clima tropical, onde a taxa de decomposição orgânica é maior devido às altas temperaturas, como observado por Rangel e Silva (2007).

A MOS é resultante, principalmente, da deposição de resíduos ao solo, tanto de origem animal como vegetal. Estes, ao serem depositados, sofrem inicialmente decomposição parcial pela mesofauna e, posteriormente, a ação decompositora dos microrganismos. O carbono presente na MOS é tido como a forma mais abundante desse elemento quando se considera o seu ciclo global na superfície, excedendo o conteúdo da atmosfera e da biomassa terrestre, porque é nesses compartimentos que o carbono está prontamente disponível para participar do ciclo global (Stevenson, 1994).

A MOS é o componente do solo mais complexo, dinâmico e reativo, pois afeta as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos. Ela possui uma função nutricional, ao servir como fonte de nutrientes para o crescimento de plantas; uma função biológica, ao influir na atividade da microbiota do solo; e uma função física, ao promover uma boa estruturação e aeração do solo e aumentar a retenção de água (Stevenson, 1994). Em adição, a MOS está envolvida na agregação das partículas do solo, na quelação de metais, na bioatividade e na persistência e biodegradabilidade de agrotóxicos.

Conforme Greenland, (1971), a MOS pode ser dividida em duas frações, diferindo em estrutura e função. A fração leve "livre" é formada por resíduos de plantas e animais não decompostos e seus produtos de decomposição parcial, que possuem uma rápida taxa de movimento no solo, e serve como fonte de nutrientes para as plantas, além de apresentar densidade específica mais baixa do que dos minerais do solo. A fração "pesada" inclui produtos mais processados formando complexos organominerais, apresentando baixo movimento e alta densidade específica, devido a estar intimamente associada com os minerais do solo.

Ao estudar a MOS, o clima é assumidamente um fator de de grande importância sobre as características da matéria orgânica, devido à influência da temperatura e umidade na intensidade da decomposição microbiana (Stevenson, 1999). Já as características minerais do solo e a cobertura morta, influenciam no tipo e grau de associação entre compostos orgânicos e minerais e interferem na estabilidade e no nível de recalcitrância química que a MOS venha a apresentar (Sollins et al., 1996; Baldock e Skjemstad, 2000).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correção da acidez do solo favorece a emissão de gases de efeito estufa por meio do aumento da atividade microbiana, aumentando a emissão de CO<sub>2</sub> via respiração dos microorganismos e a emissão de N<sub>2</sub>O via atividade dos microorganismos desnitrificadores.

Porém, a emissão desses gases de efeito estufa pode ser compensada por um aumento do estoque de C no solo devido ao aumento da produção vegetal em solos corrigidos.

## REFERENCIAS

ALCARDE, J.A.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: **Tópicos em ciência do solo**. v. 3. Viçosa: SBCS, p.291-334, 2003.

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características de qualidade. In: MALAVOLTA, E. (Coord.). **Seminário sobre corretivos agrícolas**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. cap.3, p.97 – 117.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 359-367, 2004.

AMARAL, A.S.; DEFELIPO, B.V.; COSTA, L.M.; FONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1351-1358, 1994. Amsterdam, v. 117, n.1, p. 163-171, dez. 2011.

BAYER, C. et al. Incremento de carbono e nitrogênio num Latossolo pelo uso de plantas estivais para a cobertura do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n. 3, p. 469-475, jun. 2003.

BERNI, R.F.; PRABHU, A.S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de bruzone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.38, p.195-201, 2003.

BRIEDIS, C.; SÁ, J.C.M.; CAIRES, E.F.; NAVARRO, J.F.; INAGAKI, T.M.; FERREIRA, A.O. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 1007-1014, 2012b.

CAIRES, E.F.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. & BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agronomy Journal**, v. 97, p. 791-798, 2005.

CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 89, p. 3-12, 2006a.

CAIRES, E.F.; BLUM, G.; BARTH, F.J. Alterações química do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; CHURKA, S.; JORIS, H.A.W. Use of gypsum for crop grain production under a subtropical no-till cropping system. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 6, p. 1804-1814, 2011.

CAIRES, E.F.; JORIS, A.W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, p. 45–53, 2011.

CALEGARI, A. Sistemas de rotação de culturas e efeitos ambientais e econômicos no Centro-Sul do Cerrado. In: **Anais. 5º Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. (Documentos, 31)

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N. MELLO, C. R. CERRI, C. E. P.. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-290, mar./abr. 2010.

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1213-1218, 2000.

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1213-1218, 2004.

CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Agricultura e aquecimento global. Boletim da CHAVES, J.C. et al. Especificação química da solução do solo para interpretação da absorção de cálcio e alumínio por raízes de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.447-453, 1991.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Calagem e as propriedades eletro-químicas e físicas de um Latossolo em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, p. 281-284, 2004.

CREMON, C.; ROSA JUNIOR, E.J.; SERAFIM, M.E.; ONO, F.B. Análise micromorfométrica de agregados de um Latossolo Vermelho distroférrico em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, p. 139-146, 2009.

CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A. S. & ALVARES V., V.H., eds. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2003. p.291-334.

DERPSCH, R., FRIEDRICH, T., KASSAM, A. and LI, HW. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 3, p. 1-25, 2010.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. 2009. **Global overview of conservation agriculture adoption**. In: JOSHI, P.K. Proceedings of the 4th World Congress on Conservation Agriculture (Ed.), Lead Papers, New Delhi, India. p. 429-438.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. Global overview of conservation agriculture adoption. **In: Proceedings of the 4th World Congress on Conservation Agriculture**, p. 429–438. Lead Papers, New Delhi, India, 2009.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. Global overview of conservation agriculture adoption. **In: Proceedings of the 4th World Congress on Conservation Agriculture**, p. 429–438. Lead Papers, New Delhi, India, 2009.

FAGERIA, N.K.; AND STONE, L.F. **Acidity Management of Cerrado and Varzea Soils of Brazil**, Santo Antônio de Goiás, Brazil, 1999.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Improving nutrient use efficiency of annual crops in Brazilian acid soils for sustainable crop production. *Commun. Soil Science and Plant Analysis*, v.32, p.1303–1319, 2001.

GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G.; NOGUEIRA, N.L.; ROSSI, M.L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (*Lepidoptera: Noctuidae*). **Neotropical Entomology**, v.31, p.305-310, 2002.

GRIÈVE, I.C.; DAVIDSON, D.A.; BRUNEAU, P.M.C. Effects of liming on void space and aggregation in an upland grassland soil. **Geoderma**, v.125, p.39-48, 2005.

GUERRA, J.C.M.; SANTOS, G.A.; SILVA, L.S. & CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A., ed. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, p.19-26, 2008.

KORNDÖRFER, G.H. PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: GPSi – ICIAG – UFU, 2002. 23p. (Boletim Técnico).

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S. & CAMARGO, M.S. Silicato de Ca e Mg na agricultura. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia - Instituto de Ciências Agrárias, **Boletim Técnico**, 115p, 2002.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S. & CAMARGO, M.S. Silicato de Ca e Mg na agricultura. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia - Instituto de Ciências Agrárias, **Boletim Técnico**, 115p, 2002.

LOUZADA, P.T.C. Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1987. 52p. Dissertação (Mestrado em Solos) Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1987

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.175-187, 2004.

MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v.11, p.342-397, 2006.

NARRO, L.; PANDEY, S.; LEON, C.D.; SALAZAR, F.; AND ARIAS, M.P. Implication of soil acidity tolerant maize cultivars to increase production in developing countries. **In: Plant Nutrient Acquisition: New Perspectives**, Springer, Tokyo, p. 447–463, 2001.

NOLLA, A. Correção da acidez do solo com silicatos. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA. 3., Uberlândia, 2004. Palestras. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2004. CDROM

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime and gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science of America Journal**, v. 48, p. 33-38, 1984.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Toxicity of aluminum to coffee (*Coffea arabica* L.) in Ultisols and Oxisols amended with amended with  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, p. 1201-1207, 1982.

PES, L. Z. et al. The primary sources of carbon loss during the crop-establishment period in a subtropical Oxisol under contrasting tillage systems. *Soil e Tillage Research*, Amsterdam, v. 117, n.1, p. 163-171, dez. 2011.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil**: estudos na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep, 2001. 67p.

PULZ AL; CRUSCIOL CAC; LEMOS LB; SORATTO RP. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1651-1659. 2008.

RAIJ, B. V. **Gesso na agricultura**. Informações Agronômicas, Campinas. n.122. p.2627. 2008.

RAIJ, B. V. Reações de gesso em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba, MG. **Anais...** Uberaba: Ibrafos, 1992. p.105-120.

RAIJ, B. V. **Uso do gesso na agricultura**. Informações Agronômicas, Campinas. n.117. p.14-15. 2007

RAIJ, B. van. **Gesso na Agricultura**. Informações Agronômicas, n. 122, 2008.

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.849-857, 2006.

RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1687-1698, 2011.

RANGEL, O. J. P. et al. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 429-437, abr. 2008.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, dez. 2007.

RESCK, D. V. S. et al. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: *Fundamentos da matéria orgânica do solo*. 2. Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 359-406.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 22, n.4, p. 713 – 721, 1998.

ROSA JUNIOR, E.J.; MARTINS, R.M.G.; ROSA, Y.B.C.J.; CREMON, C. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de Cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 37-44, 2006.

SCHICK, L. et al. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. II Perdas de nutrientes e carbono orgânico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 437-447, out. 2000.

SERAFIM, M. S.; OLIVEIRA, G. S.; OLIVEIRA, A. S.; LIMA, J.M.; GUIMARÃES, P. T. G, COSTA, J. C. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do alto São Francisco, MG: um estudo de caso. **Biosci. Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 964-977, 2011.

SILVA, A. N. S. et al. Alterações no carbono de um Latossolo sob mata nativa e pastagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 2009, Fortaleza. Anais... Fortaleza: CBCS, 2009. 1 CD-ROM.

SILVA, A.A.; GALON, L.; FERREIRA, F.A.; TIRONI, S.P.; FERREIRA, E.A.; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 46-44, jul. 2007.

SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E.L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 496-506, 2009.

SILVA, E.A.; OLIVEIRA, G.C.; CARDUCCI, C.E.; SILVA, B.M.; OLIVEIRA, L.M.; COSTA, J.C. Doses crescentes de gesso agrícola, estabilidade de agregados e carbono orgânico em Latossolo do Cerrado sob cafeicultura. **Revista Ciência. Agrária**, v. 56, p. 25-32, 2013.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; MELLO, F.F.C. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. **Bragantia**, v. 69, p. 965-974, 2010.

SOUZA, F.R.; ROSA JUNIOR, E.J.; FIETZ, C.R.; PELLIN, D.M.P.; BERGAMIN, A.C.; GELAIN, E.; ROSA, Y.B.C.J. Morphology and stability of aggregates of an Oxisol according to tillage system and gypsum application. **Revista Ceres**, v. 59, p. 859-866, 2012.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2. ed. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2. ed. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.

VON UEXKULL, H.; MUTERT, E. Global extent, development and economic impact of acid soils. **Plant Soil**, v.171, p.1–15, 1995.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.1, 2007.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 84, n. 1, p. 28-40, ago. 2005.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da. Soil organic carbon as affected by afforestation with Eucalyptus and Pinus in the Cerrado region of Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, n. 1, p. 285-294, 2002.