



IMPACTO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA SOBRE OS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO E A QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Victor Maurício da Silva¹, Michelle Machado Rigo^{2*}, Camila Aparecida da Silva Martins³, Eduardo de Sá Mendonça⁵

¹Biólogo, Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES, Brasil.

²Bióloga, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES, Brasil.

³Engenheira Agrônoma, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES, Brasil.

⁵Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES, Brasil.

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

Há muito tempo os agricultores vêm adubando suas terras com esterco, restos de culturas diversas, camas de animais e outros materiais conhecidos como resíduos orgânicos. Apesar da disseminação dos fertilizantes minerais nos últimos anos, a adubação orgânica continua sendo importante para a produtividade dos solos e das culturas agrícolas. A adubação orgânica utilizando compostos orgânicos e/ou esterco provoca impactos importantes nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo que, indiretamente, geram alterações na sua qualidade. O presente trabalho teve o objetivo de discutir o tema “Impacto da adubação orgânica (composto orgânico e esterco animal) sobre os estoques de C e N, e a qualidade da matéria orgânica do solo”. Essa revisão bibliográfica aborda aspectos práticos do uso da adubação orgânica sobre a qualidade do solo, com ênfase na matéria orgânica. Alguns estudos indicam que fontes de MO de origem animal são mais promissoras do que as de origem vegetal na promoção do desenvolvimento de gramíneas. Outros destacam os efeitos benéficos da compostagem na melhoria de áreas degradadas com substâncias tóxicas e patógenos. O uso de longa duração de esterco animal pode promover melhorias em vários fatores edáficos. Contudo pode correr o efeito “priming” em alguns ambientes devido à carência de C e N a ser metabolizado pelos microrganismos. Nessa revisão serão apresentados dados numéricos importantes no manejo da matéria orgânica em agroecossistemas tropicais para manutenção da sustentabilidade dos solos.

PALAVRAS-CHAVE: compostagem, esterco, mineralização, potencial redox, manejo do solo.

IMPACT OF ORGANIC FERTILIZATION ON CARBON AND NITROGEN STOCKS AND QUALITY OF SOIL ORGANIC MATTER

ABSTRACT

Long ago, farmers have their land with manure composting, the remains of diverse cultures, animal bedding and other materials known as organic waste. Despite the spread of mineral fertilizers in recent years, organic fertilizer remains important to the productivity of soils and crops. The organic fertilization using organic and / or manure causes major impacts on the physical, chemical and biological soil properties that indirectly produce changes in its quality. This study aimed to discuss the topic "Impact of organic manure (compost and animal dung) on the stocks of C and N, and the quality of soil organic matter." This literature review discusses practical aspects of using organic manure on soil quality, with emphasis on organic matter. Some studies indicate that sources of organic matter of animal origin are more promising than those of plant origin in promoting the development of grasses. Others highlight the benefits of composting effects in improving degraded areas with toxic substances and pathogens. The long-term use of animal manure can promote improvements in several soil factors. However, it can take effect "priming" in some environments due to lack of C and N to be metabolized by microorganisms. In this review we presented figures important in the management of organic matter in tropical agroecosystems to maintain the sustainability of the soil.

KEYWORDS: compost, manure, mineralization, redox potential, soil management.

1 INTRODUÇÃO

Apesar da disseminação do uso de fertilizantes minerais de alta solubilidade, os agricultores continuam adubando suas terras com esterco, restos de culturas diversas, camas de animais e outros materiais conhecidos genericamente como resíduos orgânicos. A garantia de boas colheitas, em épocas passadas, repousou exclusivamente na adubação orgânica (KIEHL, 2008). Ainda segundo esse autor, para os antigos agricultores não era possível aumentar ou manter os níveis de fertilidade do solo sem incorporar esterco de animais e restos vegetais diversos. De maneira geral, pode-se considerar que até o ano de 1842, os adubos aplicados aos solos eram praticamente os de origem orgânica. Após essa data, foi lançada a "teoria mineralista" no livro "Organic Chemistry in its application to agriculture and physiology", obra do químico alemão Justus Von Liebig, pautada na nutrição mineral através de fertilizantes inorgânicos.

A despeito disso, a adubação orgânica continua sendo muito importante para a produtividade dos solos e das culturas agrícolas. Porém, vale ressaltar a diversidade existente de adubos orgânicos que, por suas características químicas diversificadas, vão possuir efeitos distintos nas propriedades químicas dos solos (ARAÚJO et al., 2008). Alguns, com baixo teor de elementos nutritivos, tais como o nitrogênio, o fósforo e o potássio (exemplos: palhadas, bagaços, capins etc.), atuam mais como fonte de substâncias húmicas (MALAVOLTA et al., 2002). Por outro lado, os que possuem concentrações elevadas desses elementos (exemplos: esterco animal, alguns compostos orgânicos etc.) funcionam também, como fonte de nitrogênio, fósforo e potássio na relação solo-planta.

Como demonstrado por ARAÚJO et al. (2008), estudando seis fontes de MO (esterco de galinha - EG, esterco bovino - EB, serragem de madeira - SG, resíduo de leguminosa (*Calopogonium mucunoides*) - LG, serrapilheira - SE e resíduo de capim-

Mombaça - CM, além da testemunha-TE) em Nitossolo Vermelho eutroférico, sobre a produção de matéria seca total (MST) da parte aérea do capim - Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), determinou que o esterco bovino e o de galinha foram os que mais influenciaram a MST deste capim quando comparados com as fontes de origem vegetal (CM, SE, SG e LG) e a TE. Ainda segundo estes autores, o EG proporcionou a maior produção de MST, chegando a 9,63 Mg.ha⁻¹ aos 35 dias de rebrota. SILVA et al. (2005), obtiveram resultados semelhantes quando avaliaram a produção de MST ha⁻¹ em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, utilizando EG, EB e composto orgânico, comprovando a superioridade das fontes de MO de origem animal sobre as de origem vegetal, além da maior produção MST proporcionada pelo esterco de galinha.

Os adubos orgânicos, entretanto não merecem mérito apenas pelos nutrientes que contém, mas também por efeitos benéficos sobre outras propriedades dos solos. BASTOS et al. (2005) demonstraram que a aplicação de moléculas orgânicas com fortes características hidrofóbicas e hidrofílicas, como os ácidos húmicos, são capazes de melhorar a agregação do solo. THEODORO et al. (2003), comparando diferentes manejos de solo para cafezais em produção, registraram incrementos no pH, CTC, e diminuição do Al trocável no manejo orgânico em comparação ao convencional. Além disso, sabe-se também que a matéria orgânica funciona como fonte de energia para os microrganismos do solo (SEVERINO et al., 2005). Conseqüentemente, a redução excessiva da matéria orgânica pode causar sérios prejuízos sobre os seus atributos físicos, químicos e biológicos, refletindo na diminuição da produção das culturas implantadas (MALAVOLTA et al., 2002).

Assim, adubação orgânica utilizando compostos orgânicos e/ou esterco provoca impactos importantes nas propriedades do solo que, indiretamente, gera alterações na sua qualidade. O presente trabalho teve o objetivo de discutir o tema "Impacto da adubação orgânica (composto orgânico e esterco animal) sobre os estoques de C e N, e a qualidade da matéria orgânica do solo" através de revisão bibliográfica.

2 ASPECTOS GERAIS DO USO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA

A inserção de animais nas propriedades agrícolas justifica-se não somente pela geração direta de renda que a comercialização de seus produtos proporciona, mas também pelo fornecimento de esterco para a adubação alternativa ou complementar dos cultivos (TEIXEIRA & SILVA, 2010; BORCHARTT et al., 2009).

A adubação orgânica com esterco ou restos culturais é uma prática comum na condução das lavouras de agricultores familiares, como observado por SEVERINO et al. (2006) na região semi-árida brasileira. Embora comum na agricultura familiar, a quantidade de esterco produzida nas propriedades rurais ainda é insuficiente para adubar todas as áreas cultivadas. Como exemplo, GARRIDO (2005) observou que todo o esterco produzido no semi-árido só seria capaz de adubar 12% das áreas agrícolas desta região, sendo necessária a combinação de esterco com outras fontes orgânicas para ampliar a área adubada.

Uma das alternativas para minimizar este problema é a utilização de adubos verdes em conjunto com o esterco. Desta forma, não só aumenta o volume de adubo orgânico, mas melhora também sua qualidade, pois, geralmente, estes adubos verdes são ricos em nitrogênio, sobretudo no caso das leguminosas (GARRIDO, 2005). Dentre os adubos verdes, destaca-se a gliricídia (*Gliricidia sepium*), que além de grande capacidade de produzir biomassa com baixa disponibilidade hídrica, tem boa capacidade de fixar nitrogênio atmosférico uma vez que se trata de uma

leguminosa (BARRETO & FERNANDES, 2001).

A utilização eficiente de esterco e de outros resíduos orgânicos para a adubação de cultivos agrícolas requer o conhecimento da dinâmica de mineralização e imobilização de nutrientes pelos microrganismos do solo, visando otimizar a sincronização da disponibilidade de nutrientes no solo com a demanda pelas culturas, evitando a imobilização ou a rápida mineralização de nutrientes durante os períodos de alta ou de baixa demanda (HANDAYANTO et al., 1997 *apud* MENEZES & SALCEDO, 2007). Por exemplo, em trabalho em que se objetivou estudar a mineralização da torta de mamona comparada ao esterco bovino e bagaço de cana através de técnica de respiração microbiana, observou-se destacada atividade microbiológica do solo que recebeu a torta de mamona, apresentando menor taxa de decomposição e mineralização (SEVERINO et al., 2005). Este fato foi atribuído pelos autores às grandes concentrações de nutrientes presentes na torta, que proporcionaram maior densidade e atividade dos microrganismos.

A compostagem orgânica é um processo de reciclagem de nutrientes, além disso, é uma forma de acelerar a decomposição da matéria orgânica em relação ao que ocorreria no ambiente, através da potencialização da atividade dos microrganismos (ORRICO JÚNIOR et al. 2009). Diversas são as vantagens deste processo, sendo que ZHU (2007) destacou: reciclagem de resíduos de interesse, degradação de substâncias tóxicas e patógenos e redução do volume inicial de resíduos.

Se tratando de dosagens, as recomendações variam de acordo com o tipo de composto orgânico, com o solo e a cultura de interesse (VILLAS BÔAS et al., 2004). MAIA et al. (2004) demonstraram que a adição de matéria orgânica compostada aumenta a disponibilidade de água no solo, proporcionando economia e mais água para as plantas. SOUZA (1998), trabalhando com olerícolas, demonstraram a eficiência da adubação com composto orgânico na produção dessas culturas durante dez anos consecutivos, obtendo-se produtividades econômicas e padrão comercial para 16 culturas diferentes. Do mesmo modo, outros estudos corroboram a importância da incorporação da compostagem e outras práticas em sistemas orgânicos de produção, principalmente para a melhoria das propriedades dos solos, manejo e reciclagem da matéria orgânica disponível e a nutrição de diversas culturas (MAGRO et al., 2010).

Além das vantagens agronômicas apontadas acima, a compostagem demonstra ser um processo interessante para a eliminação de substâncias indesejáveis e patógenos (PRIMO et al., 2010; ORRICO JÚNIOR et al., 2009), sendo a qualidade de um composto orgânico fator preponderante para a “saúde do sistema solo-água-plantas” (ABREU JUNIOR et al., 2005).

2.1 OS ESTOQUES DE C E N, E A QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Há correlação direta entre a quantidade de matéria orgânica no solo e os seus estoques de carbono e nitrogênio (PEGORARO et al., 2010; PULROLNIK et al., 2009; LOVATO et al., 2004). Esses dois elementos são os principais componentes da matéria orgânica do solo e os seus estoques irão variar em função das taxas de perda, dentre elas, as decorrentes da erosão e da oxidação pelos microrganismos do solo, e de adição, por resíduos vegetais ou animais (SOUZA et al., 2009). Segundo esses autores, em sistemas agrícolas, os estoques de CO e de N total no solo são influenciados pelo manejo adotado. Daí a importância da incorporação de práticas conservacionistas de manejo que promovam o aumento da matéria orgânica

do solo, como a compostagem orgânica e a utilização dos esterco animais.

Em estudo de longa duração NYIRANEZA et al. (2009), realizado em solo de textura franco-argilosa com a remoção de resíduos das colheitas, tendo como fator principal a aplicação anual de esterco bovino (0 e 20 Mg ha⁻¹ em peso úmido) e como subfator a adubação mineral (controle, PK e NPK), demonstraram, após 28 anos, que todos os tratamentos, exceto o controle com esterco tiveram concentração de carbono orgânico do solo (COS) inferior ao nível inicial (28 g kg⁻¹). Por outro lado, REDDY et al. (2003) e HATI et al. (2007) relataram aumento significativo no COS à longo prazo (28 e 30 anos, respectivamente) com aplicação de esterco em taxas relativamente baixas (15 Mg ha⁻¹) em solo arenoso e argiloso, respectivamente. No entanto, nestes dois últimos estudos, os solos utilizados apresentavam menor teor inicial de COS (6,6 e 11,4 g kg⁻¹, respectivamente) comparado ao primeiro, o que pode ter contribuído para diferentes respostas às entradas de C via aporte externo. Além disso, ao contrário do primeiro estudo (NYIRANEZA et al., 2009), os resíduos das colheitas foram devolvidos aos solos nos dois últimos estudos (REDDY et al., 2003; HATI et al., 2007), contribuindo para o armazenamento de C no solo.

O aumento da mineralização do N orgânico do solo causado pela adição de substratos orgânicos tem sido relatado como um fenômeno designado efeito “priming” ou “Added Nitrogen Interaction” (SILVA & MENEZES, 2007). As explicações para este fenômeno foram bem descritas por JENKINSON et al. (1985). Segundo ALFAIA (1997), a intensidade deste efeito depende do tipo de solo e do substrato orgânico adicionado. As leguminosas, por exemplo, apresentam fitomassa bastante lábil (caracterizada, em geral, como de baixa relação C/N), favorecendo a atividade microbiana quando adicionadas ao solo – conseqüentemente, a mineralização da matéria orgânica pré-existente – e disponibilizando o N, reduzindo a imobilização deste no solo pela microbiota (PALM et al., 2001). SILVA & MENEZES (2007) realizaram estudo em casa-de-vegetação com solo classificado Neossolo Regolítico de textura franco-arenosa, onde foram utilizadas dosagens de resíduos orgânicos no plantio do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), a saber: 7,19 g de esterco caprino + 1,94 g de ervas espontâneas (E); 3,59 g de esterco + 1,21 g de crotalária (CE); 0,89 g de crotalária (C); e 0,93 g de ervas espontâneas (T). Neste trabalho, foi demonstrado que no tratamento C, a possível fixação biológica de N₂ pela crotalária proporcionou a incorporação de biomassa lábil com baixa relação C/N, e isso, segundo os autores, favoreceu a mineralização da matéria orgânica nativa do solo, proporcionando maior disponibilidade e absorção de nutrientes pelo capim. Por outro lado, o efeito “priming” também levou a balanços negativos de P, indicando que esse tratamento poderia levar à redução do estoque de P nativo do solo (SILVA & MENEZES, 2007).

A matéria orgânica constitui a fonte principal de elétrons para as propriedades redox do solo (reações de oxidação e redução) e os processos oxidativos são responsáveis pelo controle do balanço de carbono (CANELLAS et al., 2008). Segundo STUMM & MORGAN (1996), oxidação é a transferência de elétrons de uma espécie química (redutor) para outra (oxidante). Dentre outros parâmetros, uma substância pode ter seu “status redox” caracterizado pela capacidade de oxidação (COx), definida como o número de mols de carga por unidade de massa que um composto é capaz de transferir para um forte oxidante (mol_e kg⁻¹) (STRUYK & SPOSITO, 2001; CANELLAS et al., 2008). Ainda segundo estes autores, a COx pode ser utilizada para determinar a quantidade de elétrons transferíveis nas reações redox.

A estabilização química do C no solo ocorre com a formação de substâncias húmicas, por meio do processo de humificação (CANELLAS et al., 2001;

FAVORETTO et al., 2008). Segundo CANELLAS et al. (2008), substâncias húmicas mais humificadas e hidrofóbicas apresentam, geralmente, maior valor de COx, ou seja, maior capacidade de transferir elétrons numa reação redox. BALDOTTO et al. (2007), estudando ácidos húmicos (AH) isolados de seis adubos orgânicos (I. vermicomposto; II. composto de esterco de curral; III. composto de esterco de aviário; IV. composto da mistura em partes iguais, de esterco de curral e de aviário; V. composto de torta de filtro; VI. composto de resíduos orgânicos de lixo urbano), através de titulações redox com I₂ (iodimetria), determinou o valor da COx pelo número de mols de I₂ reduzidos a I⁻ na reação por unidade de massa de AH (mol_c kg⁻¹), usando equação específica segundo STRUYK & SPOSITO (2001). As titulações realizadas a pH 7,0 resultaram em incrementos médios na COx dos AH de 64% sobre os valores a pH 5,0, indicando que tal propriedade é dependente do pH (BALDOTTO et al., 2007). Ainda segundo estes autores, o tipo de adubo orgânico também modificou a COx dos AH, que variou de 3,88 a 4,39 mol_c kg⁻¹ nas titulações redox a pH 5,0 e de 5,35 a 7,89 mol_c kg⁻¹ a pH 7,0. Os valores da COx decresceram na ordem: vermicomposto > composto de esterco de curral e de aviário > composto de torta de filtro > composto de lixo urbano.

Essa diminuição foi acompanhada pelo decréscimo das concentrações de grupos funcionais carboxílicos, fenólicos, quinonas e semiquinonas nos ácidos húmicos, apesar de existir correlação positiva e significativa entre a COx e apenas a concentração de grupos semiquinonas, quinonas e fenólicos (BALDOTTO et al., 2007). Assim, este estudo demonstrou que quanto maiores os teores de grupos funcionais quinonas, fenólicos e semiquinonas nos AH, mais elevada é a capacidade de oxidação dessas substâncias.

O declínio nos estoques e na qualidade da matéria orgânica, afeta conseqüentemente a qualidade do solo, aumenta a erosão e compactação, e causa alterações nos regimes de suprimento de água e nutrientes, além de reduzir a atividade biológica (LAL, 2001). Segundo VEZZANI et al. (2008), esses estoques de matéria orgânica podem ser alterados pelas diferentes práticas de manejo, determinando os principais atributos que definem a qualidade do solo.

PULROLNIK et al. (2009) indicam que a matéria orgânica e seus atributos que geralmente são avaliados (COT, NT, C e N na fração particulada, entre outros) são bons indicadores para discriminar a qualidade do solo induzida por sistemas de manejo.

LEITE et al., (2003), com o objetivo de quantificar os efeitos de sistemas de produção nos estoques totais de C e N e dos compartimentos de C orgânico da MOS, trabalharam com composto orgânico (produzido com palha de soja e de feijão misturadas ao esterco bovino) e adubo mineral em cultivo de milho num Argissolo Vermelho-Amarelo. Nos sistemas onde o composto orgânico foi adicionado, apresentaram maiores estoques de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) comparado aos sistemas sem adubação ou apenas com adubação mineral (Tabela 1). Nestes sistemas, a exemplo do que ocorreu com o COT e NT, o carbono da fração leve (CFL) e carbono lábil (CL) também apresentaram maiores estoques comparados aos mesmos sistemas citados a modo de comparação anteriormente, o que confirma a adubação orgânica como manejo importante para a melhoria da qualidade do solo.

Tabela 1 - Estoques de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) em

diferentes profundidades de um Argissolo Vermelho-Amarelo de acordo com a adubação mineral e orgânica.

Adubo mineral	Adubo orgânico		Média	Adubo orgânico		Média
	0	AO		0	AO	
—— COT, Mg ha ⁻¹ ——			—— NT, Mg ha ⁻¹ ——			
0-10 cm						
FA	35,00 ± 5,29			2,59 ± 0,41		
0	18,87 b ⁽¹⁾	23,35 a	21,10	1,54 b	1,98 a	1,76
AM1	21,65 b	26,50 a	24,07	1,64 b	2,11 a	1,87
AM2	20,61 b	25,91 a	23,26	1,56 b	2,09 a	1,82
10-20 cm						
FA	27,21 ± 2,00			2,19 ± 0,16		
0	18,04 b ⁽¹⁾	22,72 a	20,38	1,53 b	1,86 a	1,69
AM1	18,12 b	24,81 a	21,46	1,56 b	2,02 a	1,79
AM2	19,38 b	24,14 a	21,76	1,44 b	1,95 a	1,69
0-20 cm						
FA	63,95 ± 5,49			4,88 ± 0,51		
0	36,92 b ⁽¹⁾	48,06 a	42,49	3,07 b	3,84 a	3,45
AM1	39,71 b	51,30 a	45,50	3,20 b	4,13 a	3,66
AM2	39,98 b	50,05 a	45,01	3,01 b	4,04 a	3,52

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si a 5 % (teste F). FA: Floresta Atlântica; 0: testemunha; AM1: 250 kg ha⁻¹ de 4-14-8 + 20 kg ha⁻¹ de N em cobertura; AM2: 500 kg ha⁻¹ de 4-14-8 + 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura; AO: 40 m³ ha⁻¹.

Fonte: Leite et al. (2003).

Com relação ao monitoramento das alterações impostas por sistemas de manejo, os invertebrados do solo são sensíveis às alterações da cobertura vegetal e ao manejo adotado (CORDEIRO et al., 2004), sendo considerados, em determinadas situações, excelentes bioindicadores da qualidade do solo.

A adição de resíduos orgânicos é um fator que pode influenciar a composição das comunidades dos organismos do solo, principalmente pela modificação dos micro-habitats e pelo fornecimento de alimentos adicionais (CORREIA & PINHEIRO, 1999). Deste modo, o uso de diferentes tipos de resíduos pode levar a resultados diversos sobre a macrofauna edáfica, podendo aumentar ou diminuir a diversidade de suas comunidades, dependendo de vários fatores como, por exemplo, a composição destes resíduos.

Em estudo realizado com Latossolo Vermelho Distroférrico, utilizando doses crescentes de dejetos de suínos, adubação organomineral (composto por 1,5 t ha⁻¹ de dejetos de suínos em base seca + adubação mineral) e adubação mineral (AM) sobre a abundância e diversidade da macrofauna edáfica, verificou-se que o tratamento adubação organomineral (AOM) apresentou maior valor do índice de diversidade utilizado (Shannon) e abundância (organismos por m⁻²), evidenciando melhor “resposta” destes organismos à adição do dejetos associado à adubação mineral (ALVES et al., 2008). Ainda segundo este estudo, vale ressaltar que este índice de diversidade variou de 0,6 (tratamento AM) a 1,1 (tratamento AOM), indicando efeito negativo sobre a macrofauna, sobretudo quando se utilizou apenas adubação mineral (ALVES et al., 2008). Esse efeito negativo é deduzido pelos autores como decorrente do efeito tóxico do fertilizante nitrogenado sobre alguns grupos da fauna quando utilizado em exclusivo (sem adubo orgânico).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação orgânica promove alterações nos estoques de C e N e na qualidade da matéria orgânica que, indiretamente, geram impactos de diferentes magnitudes nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. A manutenção de trechos de florestas nativas, o plantio direto sobre a palhada, a implantação de sistemas agroflorestais e o manejo do solo com mínimo revolvimento possível, são apenas alguns exemplos importantes de sistemas e práticas que mantêm os estoques de matéria orgânica do solo e minimizam os efeitos adversos da emissão do C e N para a atmosfera.

A redução da dependência por adubo mineral para a nutrição dos cultivos através da sua substituição gradativa e racional por fontes orgânicas diversas deve ser implementada urgentemente no campo. Para isso, é importante que as agências de fomento a pesquisa incentivem projetos nessa direção e que os pesquisadores promovam ações de pesquisa aplicadas nessa área.

REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C.H. et al; **Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal**. Tópicos em Ciência do Solo, v. 4, p. 391-470, 2005.

ALFAIA, S.S. **Mineralização do nitrogênio incorporado como material vegetal em três solos da Amazônia Central**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 21, p. 387-392, 1997.

ALVES, M.V. et al. **Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 589-598, 2008.

ARAÚJO, J.B.S. et al. **Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros**. Coffee Science, Lavras, v. 3, n. 2, p.115-123, 2008.

BALDOTTO, M.A. et al. **Propriedades redox e grupos funcionais de ácidos húmicos isolados de adubos orgânicos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 465-475, 2007.

BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F. **Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, n.10, p.1287-1293, 2001.

BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ, V.H. et al. **Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 29, p.11-20, 2005.

BORCHARTT, L. et al. **Esterco bovino como uma alternativa para adubação da cultura da batata no município de Esperança – PB**. Horticultura Brasileira, v. 27, n. 2, 2009.

CANELLAS, L. P. et al. **Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, 2001.

CANELLAS, L. P. et al. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p.59-60.

CORDEIRO, F. C. et al. **Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção**. Revista Universidade Rural, v. 24, n. 2, p.29-34, 2004.

CORREIA, M.E.F.; PINHEIRO, L.B.A. **Monitoramento da fauna do solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção agroecológica**, Seropédica (RJ). Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 1999, 15p. (Circular Técnica, 3).

FAVORETTO, C.M. et al. **Determinação da humificação da matéria orgânica de um latossolo e de suas frações organo-minerais**. Química Nova, v. 31, n. 8, 2008.

GARRIDO, M. S. **Adubação orgânica em sistemas agroecológicos do Nordeste**. Lavras, 2005. 21p. Monografia Especialização, UFLA – Universidade Federal de Lavras.

HATI, K. M. et al. **Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring**. Agriculture, Ecosystems & Environment. v. 119, p. 127–134, 2007.

JENKINSON, D.S.; FOX, R.H.; RAYNER, J.H. **Interaction between fertilizer nitrogen and soil nitrogen. The so-called “priming” effect**. London: Journal Soil Science, v. 36, p. 425-444, 1985.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. Piracicaba-SP: 2008.

LAL, R. **World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon**. Advances in Agronomy, v. 71, p.145-191, 2001.

LEITE, L.F.C. et al. **Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.821-832, 2003.

LOVATO, T.; FERNANDES, F. F.; DEBARBA, L. **Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, p.175-187, 2004.

MAGRO, F. O. et al. **Composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis**. Revista Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 34, n. 3, p. 596-602, 2010.
MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. **Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho**. Revista Brasileira Engenharia Agrícola ambiental [online], v.8, n.1, p. 39-44, 2004.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALACARDE, J. C. **Aubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. **Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.4, p.361–367, 2007.

NYIRANEZA, J. et al. **Dairy Cattle Manure Improves Soil Productivity in Low Residue Rotation Systems**. Agronomy Journal, v. 101, p. 207–214, 2009.

ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. **Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura**. Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.3, p.483-491, 2009.

PALM, C.A. et al. **Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice**. Nutr. Cycling Agroecosy, v. 61, p.63-75, 2001.

PEGORARO, R.F. et al. **Estoques de carbono e nitrogênio em frações da matéria orgânica de solos cultivados com eucalipto nos sistemas convencional e fertirrigado**. Revista Ciência Rural, v.40, n.2, 2010.

PRIMO, D. C. et al. **Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduo de fumo**. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.7, p.742–746, 2010.

PULROLNIK, K. et al. **Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha – MG**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.1125-1136, 2009.

REDDY, K.S. et al. **Changes in amount of organic and inorganic fractions of nitrogen in a Eutrochrept soil after long-term cropping with different fertilizer and organic manure inputs**. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, v. 166, p. 232–238, 2003.

SEVERINO, L. S. et al. **Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana**. Revista de Biologia e Ciência da Terra, v. 5, n. 1, 2005.

SEVERINO, L. S. et al. **Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.14, n.5, p.879-882, 2006.

SILVA, C. C.; SILVA, A. D. D.; SILVA, H. B. **Tipos de adubos: influência sobre o desenvolvimento e produtividade do brachiaria brizantha cv. Marandu**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. [Anais eletrônicos...] Recife: CBCS, 2005. CD-ROM.

SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C. **Adubação orgânica da Batata com esterco e, ou, crotalaria juncea. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.51-61, 2007.

SOUZA, E. D. DE et al. **Estoques de carbono orgânico e nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, p.1829-1836, 2009.

SOUZA, J. L. **Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis.** Vitória, ES: EMCAPA, v. 1, 1998.

STRUYK, Z.; SPOSITO, G. **Redox properties of standard humic acids.** Geoderma, v. 102, n. 3-4, p. 329-346, 2001.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters.** Wiley-Interscience, New York, p.302,1996.

TEIXEIRA, A. F. R.; SILVA, V. M. Agroecologia como suporte para agricultura sustentável. In: HOLTZ, A. M. (Org.). **Produção agropecuária sustentável.** Vitória, ES, 2010. (No prelo).

THEODORO, V. C. A. et al. **Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.1039-1047, 2003.

VEZZANI, F. M. et al. **Matéria orgânica e a qualidade do solo.** In: SANTOS, G. A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais.** Porto Alegre: Metrópole, p.483-494. 2008.

VILLAS BÔAS, R.L. et al. **Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.1, p.28-34, jan-mar 2004.

ZHU, N. **Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice.** Bioresource Technology, Oxford, v.98, n.1, p.9-13, 2007.