

Matéria orgânica e fertilidade do solo em cultivos consorciados de couve com leguminosas anuais¹.

Edmilson Evangelista da Silva^{2*}
Helvécio De-Polli³
Arcângelo Loss²
Marcos Gervasio Pereira²
Raul de Lucena Duarte Ribeiro²
José Guilherme Marinho Guerra³

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do cultivo de couve, solteira e consorciada com leguminosas anuais, sobre os teores totais de carbono orgânico do solo (COS), nitrogênio, frações húmicas e macronutrientes, sob manejo orgânico. Iniciou-se o trabalho em junho de 2003 com a rotação couve/milho/couve por dois anos, em delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 3 x 2 x 2, com quatro repetições. O primeiro fator constituiu-se de couve/milho/couve em monocultivo; couve consorciada com mucuna anã/milho consorciado com mucuna cinza-couve consorciada com mucuna anã; couve consorciada com *Crotalaria spectabilis*/milho consorciado com *Crotalaria juncea*/couve consorciada com *C. spectabilis*. O segundo fator constituiu-se da aplicação ou não de N em cobertura utilizando como fonte cama de aviário. As épocas de coleta das amostras de solo, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, no início e no final do segundo cultivo de couve constituíram o terceiro fator. Os maiores valores de COS (22,67 g kg⁻¹) foram detectados no sistema mucuna anã e, para P, o sistema *Crotalaria spectabilis* apresentou os menores valores (154,75 mg dm⁻³) na profundidade de 0-5 cm. Em relação à adubação, apenas K e FAF não apresentaram diferenças de 0-5 cm, possuindo os demais nutrientes valores superiores no tratamento com 100 kg ha⁻¹ de N. Os valores de Ca, Mg, COS, HUM (0-5 cm) e COS (5-10 cm) aumentaram no final do ciclo de couve. O uso de leguminosas em consórcio e de adubação orgânica em cobertura aumentou os teores de carbono nas duas profundidades avaliadas no final do ciclo de couve.

Palavras chave: carbono orgânico do solo, *Brassica oleracea* var. *acephala*, manejo orgânico, humina, ácido fúlvico e ácido húmico.

ABSTRACT

Organic matter and soil fertility in collard greens intercropped with annual legumes.

The objective of this work was to evaluate the effect of collard greens in monoculture or intercropped with annual legume plants, in the contents of organic carbon (OCS), nitrogen, C in humic substances and macronutrients such as Ca, Mg, N, K and P of the soil, in the Agroecological farm named "Fazendinha Agroecológica do km 47", Seropédica, Rio de Janeiro State. The work started in may 2003, with the rotation collard greens-corn-collard greens for two years. The treatments consisted of: collard greens crop system in monoculture, intercrop with "mucuna anã" (*Mucuna*

Recebido para publicação em dezembro de 2007 e aprovado em janeiro de 2009

¹ Parte da dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), para obtenção do grau de Mestre em Ciências.

² UFRRJ, BR 465, km 07, 23890-000, Seropédica, RJ. E-mail: edmilson@cnpab.embrapa.br, arcangeloloss@yahoo.com.br, gervasio@ufrj.br. *Autor para correspondência.

³ Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia, BR 465, km 07, 23890-000, Seropédica, RJ. E-mail: depolli@cnpab.embrapa.br, gmguerra@cnpab.embrapa.br

deeringiana) or *Crotalaria spectabilis*, with or without N fertilization, applied as poultry bed manure. The experiment was arranged in a complete randomized block design, in factorial scheme 3 (crop system) x 2 (fertilization or not) x 2 (soil avaluations), with four replications. Soil samples were collected at 0-5 and 5-10 cm depth, in the beginning and at the end of collard green cycle, to quantify the soil chemical characteristics and chemical fractions of humic substances. Results showed significant differences ($p < 0,05$) for OCS and P at 0-5 cm depth between the crop system. The highest OCS value (22,67 g kg⁻¹) was detected in the "Mucuna anã" system, and, for P, *C. spectabilis* showed the lowest value (154,75 mg dm⁻³). Regarding fertilization, only K and humic acid fraction (VAH) did not show difference ($p < 0,05$) for this depth (0-5 cm). Higher values were found for the other nutrients with fertilization. Values for Ca, Mg, OCS, humine (HUM) (0-5 cm) and OCS (5-10 cm) increased at the end of collard greens cycle. Overall, the use of intercropped legume and organic cover fertilization increased, mainly, carbon levels, at the two evaluated depths, at the end of collard greens cycle.

Key words: Organic carbon in the soil, *Brassica oleracea* var. *acephala*, organic management, humine, humic acid, fulvic acid

INTRODUÇÃO

Os sistemas plantio direto e cultivo mínimo, quando associados à rotação de culturas anuais, podem promover modificações nas propriedades químicas do solo, decorrentes do aumento dos teores de matéria orgânica (Fontana *et al.*, 2006; Moreti *et al.*, 2007; Scherer *et al.*, 2007) em relação ao sistema convencional.

Avaliando os sistemas de semeadura direta, preparo convencional (arado de discos) e escarificação, Galdo & De Maria (2004) constataram que a semeadura direta apresentou maior acúmulo de alguns nutrientes (P, K, Ca e Mg), aumentou o pH, a saturação por bases e a capacidade de troca catiônica (CTC), sendo esse efeito mais evidente na camada superficial, principalmente para o P, em virtude da reciclagem do P orgânico e redução da fixação.

O sistema plantio direto (SPD) vem sendo apontado como capaz de se enquadrar no conceito de sustentabilidade (Darolt & Skora Neto, 2006). No entanto, o SPD sem o uso de herbicidas, como no caso da agricultura orgânica, ainda é um grande desafio e, por isso, pesquisas que viabilizem práticas culturais alternativas são necessárias.

A prática da agricultura orgânica está em crescente expansão, seja por questões de mercado, pelo fato de diferir da agricultura convencional, principalmente nos produtos, que são isentos de agroquímicos, mas também por questões de princípio, haja vista que esse sistema de produção leva em consideração a sustentabilidade ambiental (Loss, 2008).

Uma das formas de adubação orgânica mais empregada é a aplicação de compostos de origem animal e vegetal. Essa prática pode aumentar a produtividade das culturas, a CTC, o teor de nutrientes disponíveis e melhorar as características da matéria orgânica humificada. Além do efeito imediato, também possui efeito residual, podendo beneficiar culturas subseqüentes (Canellas *et al.*, 2005).

Algumas experiências sobre plantio direto com oleráceas, em manejo orgânico, foram relatadas por Silva

(2002), trabalhando com a cultura de brócolis; por Pontes (2001), com tomateiro; por Oliveira (2001), com repolho e por Castro *et al.* (2005), com berinjela, todas no Estado do Rio de Janeiro, indicando possibilidades vantajosas no cultivo orgânico sob SPD.

Em áreas de cultivo orgânico, estudos sobre a matéria orgânica do solo (MOS) por meio de trabalhos de fracionamento químico têm sua utilização ainda restrita, principalmente em locais de cultivo orgânico sob plantio direto.

Em condições tropicais, em que a dinâmica da matéria orgânica é relativamente rápida, são poucos os estudos que visam determinar os efeitos da adubação mineral ou orgânica nos compartimentos da MOS (Kanchikerimath & Singh, 2001; Leite *et al.*, 2003; Loss, 2008).

A MOS é a principal fonte de carbono (1600 x 10¹⁵ g C) do total da reserva terrestre deste elemento (em torno de 2200 x 10¹⁵ g C). A adição de materiais orgânicos é fundamental à qualidade do solo, caracterizando-se pela liberação gradativa de nutrientes, que reduz processos como lixiviação, fixação e volatilização, embora dependa essencialmente da taxa de decomposição, controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da composição química do material orgânico utilizado (Zech *et al.*, 1997).

Além do carbono orgânico do solo (COS), existem outros atributos para a avaliação do efeito das práticas de manejo da terra sobre a qualidade do solo. Entre eles podem-se destacar as substâncias húmicas (Silva *et al.*, 2004; Cunha *et al.*, 2005). Essas substâncias são polifenóis remanescentes da lignina, a unidade base combinada com aquelas sintetizadas pelos microrganismos que, em função da sua solubilidade relativa em álcali e ácidos, são grosseiramente separados em ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina (Moreira & Siqueira, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do cultivo de couve, solteira e consorciada com leguminosas anuais, sobre os teores totais de carbono orgânico do solo, nitrogênio, frações húmicas e macronutrientes, em cultivo orgânico no Sistema Integrado de Produção Agroecológica, em Seropédica, RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi iniciado em junho de 2003 com o plantio de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.), seguido pelo de milho (*Zea mays* L.) em dezembro do mesmo ano, e, posteriormente, por um novo plantio de couve, em junho de 2004, na área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA, denominado "Fazendinha Agroecológica do km 47". O SIPA está localizado em Seropédica, Estado do Rio de Janeiro (22° 45'S, 43° 41'W, altitude 33 metros). Seu clima, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo Aw (Neves *et al.*, 2005).

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006), sendo rotineiramente cultivado com hortaliças. A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química do solo antes da implantação do experimento no ano de 2003. Durante todo o experimento (couve-milho-couve) foram realizadas irrigações, sendo estas suspensas somente no intervalo entre cultivos.

As leguminosas utilizadas para adubação verde foram: mucuna cinza (*Mucuna pruriens*) de hábito volúvel, mucuna anã (*Mucuna deeringiana*) com hábito de crescimento determinado, *Crotalaria spectabilis* de hábito subarbuscivo e *Crotalaria juncea* de hábito arbustivo (Costa *et al.*, 1993). Mucuna anã e *C. spectabilis* foram cultivadas em consórcio com a couve comum, por serem espécies de menor agressividade que a mucuna cinza e *C. juncea*, que foram semeadas em consórcio com o milho. O cultivar de couve comum utilizado foi o híbrido HS-20, e a variedade de milho a Nitrodente, cuja população apresenta grãos dentados, amarelos com segregação para branco (Machado, 1995).

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo os tratamentos dispostos em arranjo fatorial 3 (sistemas de cultivos) x 2 (adubações) x 2 (épocas de amostragem), com 4 repetições. O sistema de rotação de culturas iniciou-se com a implantação da cultura da couve,

conforme apresentado na Figura 1. Os tratamentos constaram da combinação de três fatores: sistemas de cultivo, presença ou ausência de nitrogênio em cobertura e época de amostragem. Os sistemas de cultivo foram: couve/milho/couve em monocultivo; couve consorciada com mucuna anã/milho consorciado com mucuna cinza/couve consorciada com mucuna anã; couve consorciada com *C. spectabilis*/milho consorciado com *C. juncea*/couve consorciada com *C. spectabilis*. Quando realizado, para o fornecimento de 200 kg ha⁻¹ N no primeiro cultivo de couve e 100 kg ha⁻¹ N no segundo, utilizou-se cama de aviário. Foram coletadas amostras de solo no início e no final do segundo cultivo da couve.

A parcela experimental constou de cinco linhas de 4 m de comprimento, espaçadas de 1 metro. A densidade de plantio da couve foi de 8 plantas por linha (1,00 x 0,50 m, totalizando 20.000 plantas ha⁻¹). As espécies empregadas para adubação verde foram semeadas no transplantio da couve, em ruas alternadas, para que ao longo do ciclo pudessem ser realizadas as colheitas e tratos culturais. A semeadura da *C. spectabilis* foi realizada em duas linhas espaçadas de 0,25 m da linha de couve e de 0,50 m entre si, na densidade de 30 sementes por metro linear (240.000 plantas ha⁻¹). A mucuna anã também foi semeada com o mesmo critério, com uma densidade, porém, de 15 sementes por metro linear (120.000 plantas ha⁻¹). Por ocasião do transplantio da couve, na cova de plantio, foi realizada uma adubação uniforme com esterco bovino em todos os tratamentos, na dose equivalente a 100 kg ha⁻¹ de N. Como adubação de cobertura foi aplicada cama de aviário, no primeiro ciclo de couve, na 6ª e 16ª colheitas no ano de 2003 (2 x de 100 kg ha⁻¹ de N) e no segundo ciclo de couve na 10ª colheita no ano de 2004 (100 kg ha⁻¹ de N). As colheitas de couve tiveram início aos 20 dias após o transplantio, seguindo-se ininterruptamente por 21 semanas até o final do ciclo, para ambos os anos. A caracterização química da cama de aviário e do esterco bovino encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Análise química e caracterização granulométrica do solo em diferentes profundidades realizadas no início do cultivo da couve em 2003.

Profundidade (cm)	Características químicas avaliadas							
	pH em água	Al	Ca+Mg			Mg	P	K
			cmol _c dm ⁻³					
0-10	6,8	0,0	5,3			1,5	136	170
10-20	6,8	0,0	4,7			1,4	95	75
20-30	6,9	0,0	4,2			1,0	90	205
Caracterização granulométrica (g kg ⁻¹)								
	AT	AG	AF	Argila	Silte	Classe textural		
0-5	733	502	231	222	45	Franco-argiloarenosa		
5-10	702	463	239	193	105	Franco-arenosa		

Prof = profundidade; AT = areia total; AG = areia grossa; AF = areia fina;

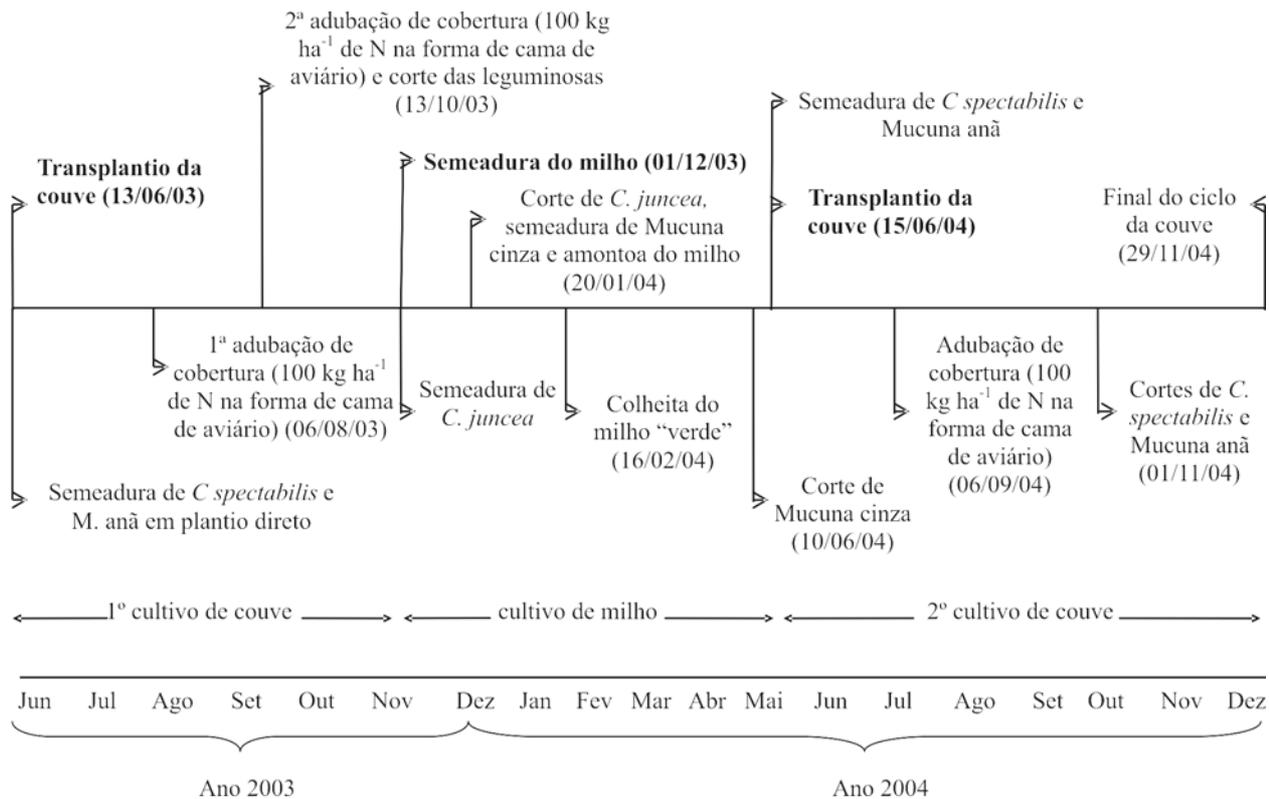


Figura 1. Esquema e cronograma de rotação adotados para couve e milho, sob manejo orgânico e sistema plantio direto, em monocultivos ou consorciados com diferentes leguminosas (Seropédica/RJ).

Para o cultivo de milho, o arranjo da parcela foi o mesmo da couve, com cinco linhas de 4 metros de comprimento, espaçadas de 1 metro. A densidade de plantio do milho foi de 16 plantas por linha (1,00 x 0,25 m totalizando 40.000 plantas ha⁻¹). A *C. juncea* foi semeada simultaneamente ao milho em duas linhas entre as do milho, sendo que cada uma ficou a 0,25 m das plantas de milho e entre si com um espaçamento de 0,5 m. A mucuna cinza obedeceu ao mesmo esquema, exceto no plantio, que foi feito 50 dias após o plantio do milho e com cinco plantas por metro linear, na base da planta de milho. Vale ressaltar que os três cultivos (couve-milho-couve) foram realizados na forma de plantio direto, ocorrendo o mínimo possível de revolvimento do solo.

Mantendo-se a rotação cultural, após o cultivo de milho foi implantada novamente a cultura da couve, caracterizando dois cultivos de couve e um cultivo de milho em rotação, sendo o delineamento experimental mantido como descrito anteriormente. Foram realizadas três roçadas durante os dois ciclos da couve, sendo uma roçada no momento do corte

das espécies consorciadas e uma roçada durante o ciclo do milho, aos 50 dias de plantio, no corte da *C. juncea* e no plantio da mucuna cinza, utilizando roçadeira costal.

Todas as leguminosas foram cortadas no momento de máximo florescimento, que, segundo Franco & Souto (1984), é a época em que ocorre o maior acúmulo de nutrientes na planta. Foram determinados os teores de nutrientes presentes na palhada das leguminosas após o corte (Bataglia *et al.*, 1983) e sua massa de matéria seca, após secagem em estufa a 65 °C até peso constante.

Foram coletadas amostras de solo com auxílio de trado nas entrelinhas da couve, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, no início e no final do segundo ciclo da couve, com intervalo de 5 meses (Figura 1) para determinação dos atributos químicos do solo e realização do fracionamento químico da MOS.

Em cada parcela, foram coletadas 20 amostras simples de solo, formando uma amostra composta. O material foi seco ao ar e passado em peneira de malha 2 mm. Em seguida foi realizada a análise granulométrica e a quantificação

Tabela 2. Teor de nutrientes dos adubos orgânicos utilizados no experimento.

Adubo orgânico	N	Ca	Mg	P	K
	g kg ⁻¹				
Cama de aviário	37,25	50,03	6,23	22,68	23,93
Esterco bovino	15,20	9,68	3,43	2,24	5,80

do COS, Ca, Mg, P, K e Al, segundo Embrapa (1997). O nitrogênio total do solo foi determinado segundo Bremner & Mulvaney (1982).

O fracionamento químico da MOS foi realizado segundo a técnica da solubilidade diferencial, separando-se as frações em: fração ácido fúlvico (FAF), fração ácido húmico (FAH) e a humina (HUM), de acordo com os conceitos estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996), segundo modificações propostas por Benites *et al.* (2003).

Foram calculadas as relações entre os teores de carbono das frações ácido fúlvico e húmico (FAH/FAF) e entre as frações solúveis, no extrato alcalino (EA = FAF + FAH) e a humina (EA/HUM).

Os resultados dos teores de COS, dos macronutrientes e das frações húmicas para os diferentes tratamentos estudados, foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade da variância dos erros, sendo posteriormente submetidos ao teste F e a correlação de Pearson a 5% de probabilidade. Constatada significância, as médias foram comparadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso das leguminosas em consórcio com a couve promoveu aportes significativos de matéria seca, de 1612 kg ha⁻¹ de *C. spectabilis* e 1782 kg ha⁻¹ de mucuna anã, no cultivo de 2003; 2830 kg ha⁻¹ de *C. juncea* e 5560 kg ha⁻¹ de mucuna cinza, no cultivo consorciado com o milho, no período de 2003/2004; 1390 kg ha⁻¹ de *C. spectabilis* e 1460 kg ha⁻¹ de mucuna anã, no cultivo de 2004.

Em pomar de figueira, a quantidade de matéria seca de folhas provenientes da deiscência natural da cobertura viva de solo formada pelo siratro (*Macroptilium atropurpureum*) chegou a 2000 kg ha⁻¹, acarretando num estoque de 50 kg ha⁻¹ de N provenientes do resíduo dessas folhas (Almeida & Guerra, 2008).

Em experimento com a cultura do quiabeiro, consorciado com *C. juncea*, sendo um com a leguminosa roçada e

outro podada, Ribas *et al.* (2003) observaram que a crotalária produziu 4,4 e 3,9 t ha⁻¹ de matéria seca, no 1º corte, e acumulou 130 e 116,5 kg ha⁻¹ N, respectivamente.

Os valores médios de nutrientes presentes na palhada das leguminosas após o corte da rotação couve-milho-couve são apresentados na Tabela 3. No ano de 2003, verificaram-se maiores teores de Mg, P e K na palhada proveniente da *C. spectabilis*, quando comparado à mucuna anã. Em 2004, porém, estes nutrientes apresentavam-se semelhantes entre as duas leguminosas, sendo apenas observados maiores teores de N na palhada de mucuna anã. No cultivo de milho (2003/2004), na palhada de mucuna cinza, encontravam-se maiores teores de todos os nutrientes analisados em comparação a *C. juncea*, devido à produção de matéria seca diferenciada desse consorte, indicando que os maiores teores de nutrientes verificados na palhada de mucuna cinza (2003/2004) e de N (2004) favorecem provavelmente a produção das culturas comerciais.

Houve aumento no conteúdo de COS na camada de 0 a 5 cm, no final do ciclo da couve (Tabela 4), sendo os maiores valores observados na área de mucuna anã/cinza em relação às áreas com *C. spectabilis/juncea* e ao monocultivo. Isto pode ser explicado pelos efeitos residuais dos cultivos anteriores de couve, em 2003, e de milho, em 2003/2004, sendo observados neste último cultivo (2003/2004) maiores teores de nutrientes na palhada de mucuna, com destaque para 187,99 kg ha⁻¹ de N (Tabela 3). A prática da adubação verde pode aumentar os teores de COS quando estes são introduzidos junto às culturas principais (Duda *et al.*, 2003). Também se deve considerar o aporte de palhada e resíduos vegetais da cultura do milho, sendo a couve plantada sobre esse material.

Ao analisar a interação entre época e adubação (Tabelas 4 e 5), constata-se que também ocorreu aumento do COS ao final do cultivo, nos locais onde foi realizada adubação em cobertura com cama de aviário, demonstrando o efeito positivo desse tipo de adubação no aumento do

Tabela 3. Quantidades de nutrientes totais (kg ha⁻¹) presente na palhada das leguminosas utilizadas.

Leguminosas	N	Ca	Mg	P	K
Cultivo de couve (2003)					
Mucuna anã	66,29	7,93	1,57	1,84	7,77
<i>C. spectabilis</i>	54,31	8,10	1,68	2,18	10,81
Cultivo de milho (2003/2004)					
Mucuna cinza	187,99	54,81	13,64	13,65	65,35
<i>C. juncea</i>	19,39	6,26	2,18	1,74	12,19
Cultivo de couve (2004)					
Mucuna anã	53,51	12,41	2,60	3,35	16,19
<i>C. spectabilis</i>	36,76	13,96	2,82	3,26	15,04

Tabela 4. Valores médios e análise de variância (ANOVA) dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-5 cm, em cultivos consorciados de couve com leguminosas anuais, com adubação orgânica em duas épocas sob plantio direto.

Fatores	Ca	Mg	P	K	N	COS	HUM	FAF	FAH	FAH/FAF	EA/HUM	
	cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³			g kg ⁻¹						
Sistema de cultivo – S												
Monocultivo	4,80a	1,59a	184,46a	151,50a	1,41a	21,52b	8,18a	1,92a	2,31a	1,20a	0,52a	
<i>C. spectabilis/juncea</i>	4,19a	1,59a	154,75b	122,47a	1,25a	21,00b	7,91a	1,90a	2,12a	1,12a	0,51a	
M. anã/cinza	4,21a	1,45a	172,39a	132,06a	1,38a	22,67a	8,29a	1,96a	2,24a	1,14a	0,51a	
Adubação – A												
Ausência de adubação	3,91b	1,44b	153,37b	128,88a	1,26b	20,73b	7,75b	1,83a	2,05b	1,12a	0,50a	
Adubação com 100 kg ha ⁻¹ de N	4,89a	1,65a	187,7a	141,81a	1,43a	22,73a	8,50a	2,02a	2,40a	1,19a	0,52a	
Época – E												
Início do cultivo de couve	4,75a	1,51a	169,06a	156,31a	1,37a	20,30b	7,84b	2,05a	2,21a	1,08a	0,54a	
Final do cultivo da couve	4,04b	1,58a	172,01a	114,37b	1,33a	23,16a	8,41a	1,80a	2,24a	1,24a	0,48a	
Fatores	G.L.	F-significância										
Bloco	3	1,46 ^{ns} a	0,58 ^{ns}	3,62 *	7,24 **	4,63 **	8,18 **	1,46 ^{ns}	1,68 ^{ns}	3,34 *	0,15 ^{ns}	0,33 ^{ns}
A	1	14,20 **	7,51 *	15,91 **	1,55 ^{ns}	7,68 **	25,51 ***	7,70 **	1,33 ^{ns}	5,74 *	0,15 ^{ns}	0,38 ^{ns}
S	2	2,31 ^{ns}	1,60 ^{ns}	4,02 *	2,70 ^{ns}	2,28 ^{ns}	6,24 **	0,70 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,71 ^{ns}
S x A	2	0,50 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,62 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,47 ^{ns}	1,77 ^{ns}	1,58 ^{ns}
E	1	10,52 **	2,33 ^{ns}	0,08 ^{ns}	6,39 *	0,50 ^{ns}	52,17 ***	4,56 *	2,40 ^{ns}	0,06 ^{ns}	3,02 ^{ns}	1,62 ^{ns}
E x S	2	0,38 ^{ns}	2,33 ^{ns}	0,05 ^{ns}	3,17 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,57 ^{ns}	1,29 ^{ns}
E x A	1	1,16 ^{ns}	0,43 ^{ns}	5,72 *	0,37 ^{ns}	1,09 ^{ns}	6,90 **	0,18 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,27 ^{ns}
E x S x A	2	1,26 ^{ns}	3,91 *	0,22 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,20 ^{ns}
Erro	15											
C.V.%		15,41	9,42	13,54	32,75	16,01	6,31	11,42	29,86	22,75	35,26	36,49

^a Níveis de probabilidade - ^{ns} (não-significativo); *, ** e *** (significativo a 5; 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

conteúdo do COS. Para a profundidade de 5-10 cm, somente foi observado aumento do COS no final 2º ciclo de couve (Tabela 6).

Os teores de COS no final do ciclo da couve nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, quando comparados aos teores iniciais nessas mesmas profundidades (Tabelas 4 e 6), refletem aumento no seu conteúdo com o decorrer do tempo. Esse comportamento pode ser atribuído ao mínimo revolvimento e a conseqüente não-incorporação do esterco e dos resíduos vegetais ao solo, fazendo com que ocorresse mineralização mais lenta e gradual dos compostos orgânicos nos primeiros centímetros superficiais do solo. Esses resultados são corroborados por Scherer *et al.* (2007), avaliando as propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos.

O fracionamento químico da MOS foi realizado somente na camada de 0-5 cm (Tabela 4), pois não foram verificadas diferenças significativas para o COS pelo teste F a 5%, na profundidade de 5-10 cm para os sistemas de cultivo (Tabela 6). Para a FAF, não houve diferenças significativas para nenhum dos fatores analisados (Tabela 4). Esse comportamento também ocorreu quando se correlacionou essa fração com as demais frações (HUM e FAH) e os macronutrientes, com exceção dos elementos K e N, onde se verificaram correlações positivas com a FAF (Tabela 7).

Foram verificados maiores valores da fração HUM em relação às outras frações, para os três fatores avaliados

(Tabela 4). Estudando o estoque total de carbono orgânico e seus compartimentos, em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob floresta e milho cultivado com adubação mineral e orgânica, em Viçosa (MG), Leite *et al.* (2003) também encontraram maiores valores da fração humina em detrimento das FAF e FAH.

Entre os sistemas de cultivo avaliados, não foram constatadas diferenças para a fração Humina, entretanto, para adubação (100 kg ha⁻¹ de N) e época (final do cultivo) observaram-se maiores teores dessa fração (Tabela 4). O aumento do carbono na fração HUM sugere o efeito benéfico da adubação orgânica, na formação de compostos mais estáveis, atuando em características físicas do solo, proporcionando melhor agregação das partículas e, que segundo Stevenson (1982), possivelmente esteja relacionado com a ligação estável que existe entre essa componente e a parte mineral do solo, como também a maior resistência à decomposição.

Para a FAH, observaram-se diferenças apenas para o fator adubação, sendo verificado o mesmo comportamento da fração HUM (Tabela 4). Esse resultado pode estar associado à qualidade do material orgânico adicionado ao solo. O aumento da FAH proporcionado pela adubação orgânica em cobertura (Tabela 4) pode favorecer maior fertilidade do solo, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC). Segundo Benites *et al.* (2003) os ácidos húmicos são responsáveis pela maior parte da CTC de origem orgânica em camadas superficiais de solos.

Tabela 5: Desdobramento das interações dupla e tripla da análise estatística dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-5 cm, em cultivos consorciados de couve com leguminosas anuais, com adubação orgânica em duas épocas sob plantio direto.

Sistema de cultivo x época						
P (mg dm ³)						
Dose de adubação	Época					
	Início do cultivo de couve			Final do cultivo de couve		
Ausência de adubação	159,86a			146,87b		
Adubação com 100 kg ha ⁻¹ de N	178,24a			197,15a		
C.V.%	13,54					
COS (g kg ⁻¹)						
Dose de adubação	Época					
	Início do cultivo de couve			Final do cultivo da couve		
Ausência de adubação	19,82a			21,64b		
Adubação com 100 kg ha ⁻¹ de N	20,78a			24,68a		
C.V.%	6,31					
Sistema de cultivo x época x adubação						
Mg (cmol _c dm ⁻³)						
Sistema de cultivo	Início do cultivo de couve			Final do cultivo da couve		
	Adubação			Adubação		
	Ausência de adubação	Adubação com 100 kg ha ⁻¹ de N	Sistema de cultivo	Ausência de adubação	Adubação com 100 kg ha ⁻¹ de N	Sistema de cultivo
Monocultivo	1,58a	1,46a	Monocultivo	1,52a	1,80a	
<i>C. spectabilis/juncea</i>	1,34a	1,70a	<i>C. spectabilis/juncea</i>	1,52a	1,78a	
M. anã/cinza	1,34a	1,61a	M. anã/cinza	1,35a	1,49b	
C.V.%	9,42					

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os teores de HUM e FAH normalmente são maiores nas camadas superficiais do solo, relacionados com o aporte de material vegetal e menor movimentação. Avaliando o comportamento das frações húmicas do solo sob manejo orgânico, com o uso de cama de aviário no plantio e em cobertura, em diferentes formas de cultivo e cobertura vegetal (preparo convencional (milho/feijão), sistema plantio direto (berinjela/milho), consórcio maracujá - *Desmodium* sp, uma área cultivada com figo e um sistema agroflorestal), Loss (2008) verificou maiores teores das frações HUM e FAH na profundidade de 0-5 cm.

Quanto aos teores de nitrogênio, foram verificadas diferenças apenas para o fator adubação, sendo os maiores valores encontrados nas parcelas que recebiam adubação em cobertura (Tabelas 4 e 6). Esse resultado é decorrente da quantidade desse nutriente presente na cama de aviário (Tabela 2).

Os teores de Ca e Mg foram maiores nos locais onde foi realizada adubação em cobertura (Tabelas 4 e 6) e ao final do ciclo da couve (Tabela 6). Para a profundidade de

0 a 5 cm verificou-se diminuição, ao final do ciclo da couve, para o Ca (Tabela 4).

O Mg foi o único elemento que apresentou interação significativa para os fatores época, sistema de cultivo e adubação, na profundidade de 0-5 cm (Tabela 5). Verificou-se que no início do ciclo da couve, entre os fatores adubação e sistemas de cultivo, não ocorreram diferenças. Entretanto, no final do ciclo da couve, os sistemas de cultivo, monocultivo e *Crotalaria* spp., apresentaram maiores teores de Mg na presença de adubação.

O K apresentou diferenças apenas para o fator época, sendo observadas maiores teores no início do cultivo, reduzindo-se os seus níveis no final (Tabela 4). Esse comportamento pode estar associado à maior mobilidade desse elemento no solo.

A realização da adubação em cobertura promoveu maiores valores de P (Tabelas 4 e 6). Entre os sistemas de cultivo, no monocultivo e nos cultivos com mucuna, os valores de P foram maiores que nos cultivos com crotalaria. Esse resultado pode ser decorrente da produção da cul-

Tabela 6. Valores médios e análise de variância (ANOVA) dos atributos químicos do solo na profundidade de 5-10 cm, em cultivos consorciados de couve com leguminosas anuais, com adubação orgânica em duas épocas sob plantio direto.

Fatores		Ca	Mg	P	K	N	COS
		cmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹
Sistema de cultivo – S							
Monocultivo		4,26a	1,41a	160,15a	80,64a	1,14a	17,26a
<i>C. spectabilis/juncea</i>		3,77a	1,36a	143,99a	74,28a	1,11a	17,66a
M. anã/cinza		4,16a	1,37a	156,72a	79,81a	1,24a	18,86a
Adubação – A							
Ausência de adubação		3,79b	1,30b	140,88b	72,96a	1,11b	17,36a
Adubação com 100 kg ha ⁻¹ de N		4,33a	1,46a	166,37a	83,53a	1,22a	18,50a
Época – E							
Início do cultivo de couve		3,86b	1,36b	145,76a	74,94a	1,14a	17,73b
Final do cultivo da couve		4,27a	1,40a	161,48a	81,55a	1,18a	18,12a

Fatores	G.L.	F-significância					
Bloco	3	4,62 * ^a	6,17 **	2,92 ^{ns}	3,49 *	1,71 ^{ns}	2,63 ^{ns}
A	1	5,20 *	14,58 **	5,76 *	2,01 ^{ns}	5,90 *	3,58 ^{ns}
S	2	1,59 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,29 ^{ns}	2,62 ^{ns}	2,54 ^{ns}
S x A	2	0,55 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,06 ^{ns}
E	1	12,05 **	16,68 **	2,41 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,10 ^{ns}	45,02 ***
E x S	2	1,52 ^{ns}	2,50 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,17 ^{ns}
E x A	1	1,62 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,90 ^{ns}
E x S x A	2	0,75 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,14 ^{ns}
Erro	15						
C.V.%		11,45	9,18	16,23	44,10	13,94	11,63

^a Níveis de probabilidade - ns (não-significativo); *, ** e *** (significativo a 5; 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

tura da couve, sendo constatado que no monocultivo, a produtividade da couve foi de 18,40 t ha⁻¹, já no consórcio com mucuna e crotalária, 38,80 e 24,84 t ha⁻¹, respectivamente. Portanto, o maior valor de P no monocultivo pode ser devido à maior exportação desse elemento dos locais onde a couve encontrava-se consorciada com a crotalária e, no caso da mucuna, pela ciclagem de nutrientes promovida pelo grande aporte de matéria seca.

Houve interação significativa entre os fatores adubação e época para a concentração de P na camada de 0-5 cm (Tabela 5). Verificaram-se maiores teores desse elemento no final do cultivo da couve e na presença de adubação, refletindo os maiores teores deste elemento presentes na cama de aviário (Tabela 2).

Resultados similares ao deste estudo para os macronutrientes foram encontrados por Moreti *et al.* (2007), avaliando os atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo (convencional e SPD), adubações orgânica (esterco de galinha) e mineral (formula 8-28-16 de NPK) e plantas de cobertura (crotalária e milheto). Os autores encontraram maiores teores de P, Ca e Mg nas áreas com adubação de esterco de galinha, na profundidade de 0-10 e 10-20 cm. Para o K, observaram-se maiores valores somente na profundidade de 10-20 cm, também nas áreas com esterco de galinha.

Observando-se os teores de nutrientes antes da implantação do experimento na camada de 0-10 cm (Tabela 1), verificou-se que os teores de Ca, Mg e P aumentaram no final do ciclo da couve na profundidade de 0-5 cm (Tabelas 4 e 6) e somente Ca e P na profundidade de 5-10 cm (Tabela 6). Esse comportamento é decorrente das quan-

tidades desses nutrientes presentes na cama de aviário (Tabela 2) e na palhada da mucuna cinza (Tabela 3).

Na Tabela 7 são apresentados os resultados da correlação de Pearson para os atributos químicos do solo. Em ambas as profundidades verificaram-se correlações positivas entre os macronutrientes e as frações húmicas, pois na adubação orgânica existe participação de todos esses elementos na composição do fertilizante utilizado (Tabela 2) e também na palhada das leguminosas (Tabela 3).

A FAF, de maior mobilidade no solo, correlacionou-se positivamente apenas com o K e o N, que também possuem alta mobilidade, quando em forma iônica. A HUM, que é a fração que constitui a maior parte do COS, correlacionou-se principalmente com o N e C, indicando sua maior estabilidade no solo e a presença, em maior proporção, desses nutrientes na sua composição. A FAH correlacionou-se com todas as propriedades analisadas, demonstrando seu efeito benéfico no aumento da CTC do solo, conforme relatado por Benites *et al.* (2003). O nitrogênio correlacionou-se com o carbono nas duas camadas, indicando estreita relação entre os dois elementos (Tabela 7).

As correlações encontradas entre os macronutrientes e as frações húmicas podem propiciar melhorias na sua disponibilidade. Avaliando as modificações nos atributos químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistema plantio direto, Rheinheimer *et al.* (1998) concluíram que, na camada de 0-5 cm, os valores de carbono foram maiores nas frações ácidos fúlvicos e húmicos, assim como as cargas negativas também foram maiores, aumentando a disponibilidade de P, K e N.

Tabela 7. Matriz de correlação das propriedades químicas do solo em cultivos consorciados de couve com leguminosas anuais sob plantio direto, em sistema orgânico de produção.

		0-5 cm								
		Ca	Mg	P	K	N	C	HUM	FAF	FAH
Ca+Mg		0,98*** ^a	0,64***	0,39**	0,37**	0,58***	0,08 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,33**
Ca			0,50***	0,37**	0,36**	0,54***	0,03 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,30*
Mg				0,28*	0,26*	0,57***	0,27*	0,33*	0,10 ^{ns}	0,37*
P					0,40*	0,48**	0,41*	0,02 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,48**
K						0,55***	0,07 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,30*	0,38**
N							0,50**	0,40*	0,36*	0,40**
C								0,46**	0,08 ^{ns}	0,26*
HUM									0,15 ^{ns}	0,28*
FAF										0,34*

		5-10 cm					
		Ca	Mg	P	K	N	C
Ca+Mg		0,99***	0,87***	0,57***	0,38*	0,55***	0,08 ^{ns}
Ca			0,81***	0,58***	0,38*	0,52**	0,08 ^{ns}
Mg				0,42**	0,35*	0,60***	0,05 ^{ns}
P					0,46**	0,40**	0,13 ^{ns}
K						0,44**	0,32*
N							0,52***

^a Nível de significância para o teste Pearson a 5%. ^{ns} (não-significativo); *, ** e *** (significativo a 5; 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

Por meio dos valores das frações húmicas foram calculados os índices FAH/FAF e EA/HUM (Benites *et al.*, 2003). Não foram verificadas diferenças, para nenhum dos parâmetros avaliados, em relação aos índices calculados (Tabela 4). Os valores da relação FAH/FAF variaram, entre os tratamentos, de 1,20 (monocultivo) a 1,12 e 1,14 (*Crotalaria* spp. e *Mucuna* spp., respectivamente). Para a relação EA/HU foram verificados valores menores que 1, indicando que a HUM (fração mais estável) predomina sobre as demais frações (FAF e FAH).

CONCLUSÕES

O uso de leguminosas em consórcio e adubação orgânica em cobertura aumentaram os teores de carbono, de Ca e de P (0-5 e 5-10 cm), de humina e de Mg (0-5 cm) no final do ciclo da couve.

As substâncias húmicas não foram influenciadas pelos sistemas de cultivo. Entretanto, a adubação orgânica promoveu aumento nos teores das frações humina e ácido húmico.

O sistema de cultivo com as leguminosas mucuna anã e mucuna cinza aumentou os teores de P e carbono, quando comparado às leguminosas *C. spectabilis/juncea*.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor e ao CNPq e FAPERJ pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Almeida DL, Guerra JGM (2008) Uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica: "Fazendinha Agroecológica - km 47". Disponível em: <http://www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/27_Experiencia_em_Pesquisa_Agric_Org.pdf> Acesso em: 20 de março de 2008.
- Bataglia OC, Furlani AMC; Teixeira JPF & Gallo JR (1983) Métodos de análises química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 48p. (IAC, Boletim técnico, 78).
- Benites VM, Madari B & Machado PLOA (2003) Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 7p. (Embrapa solos. Comunicado Técnico, 16).
- Bremner JM & Mulvaney CS (1982) Nitrogen Total. In: Page A.L. (Ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, Part 2, 595-624.
- Canellas LP, Busato JG & Caume DJ (2005) O uso e manejo da matéria orgânica humificada sob a perspectiva da agroecologia. In: Canellas LP & Santos GA (Eds) Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p. 244-267.
- Castro CM, Almeida DL, Ribeiro RLD & Carvalho JF (2005) No-tillage, green manure and supplementation with poultry manure on organic eggplant production. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40:495-502.
- Costa M, Baltasar B, Mondardo A & Bulisani EA (1993) Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro. ASP-TA, 346p.
- Cunha TJF, Canellas LP, Santos GA & Ribeiro LP (2005) Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: Canellas LP, Santos GA (Eds) Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p. 244 267.

- Darolt MR & Skora Neto F (2006) Sistema de plantio direto em agricultura orgânica. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/daroltsist.htm>>. Acesso em: 25 de julho de 2006.
- Duda GP, Guerra JGM, Monteiro MT & De Polli H (2003) Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. *Scientia Agricola*, 60: 139-147.
- Embrapa / Centro Nacional de Pesquisa de Solos (1997) Manual de métodos de análises de solos, 2ª ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPq. 212p.
- Embrapa / Centro Nacional de Pesquisa de Solos (2006) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2ª ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA. 412p.
- Fontana A, Loss A, Pereira MG, Cunha TJF & Salton JC (2006) Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41: 847-853.
- Franco AA & Souto SM (1984) Contribuição da fixação biológica de N₂ na adubação verde. In: Fundação Cargil (Ed) Adubação Verde no Brasil. Campinas, Fundação Cargill. p.199-215.
- Galdo MV, De Maria IC (2004) Alterações químicas em solo com plantio direto: longe dos olhos, perto do bolso. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/OAgronomico/542/542_25_et5_pdireto96.pdf> Acesso em: 26 de agosto de 2004.
- Kanchikerimath M & Singh D (2001) Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semiarid region of India. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 86:155-162.
- Leite LFC, Mendonça ES, Neves JCL, Machado PLO & Galvão JCC (2003) 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*, 27:821-832.
- Loss A (2008) Frações orgânicas e agregação do solo em diferentes sistemas de produção orgânico. Dissertação de mestrado. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 52p.
- Machado CTT (1995) Avaliação da eficiência de utilização de fósforo de variedades locais de milho (*Zea mays* L.). Tese de Mestrado. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 131p.
- Moreira FMS & Siqueira JO (2002) Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 625p.
- Moreti D, Alves MC, Filho WV & Carvalho MP (2007) Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:167-175.
- Neves MCP, Guerra JGM, Carvalho SR, Ribeiro RLD & Almeida DL (2005) Sistema integrado de produção agroecológica ou fazendinha agroecológica do km 47. In: Aquino A; Assis RL (Eds) *Agroecologia: princípios e técnica para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília, EMBRAPA. p.147-172.
- Oliveira FL (2001) Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. capitata): adubação orgânica, adubação verde e consorciação. Dissertação de mestrado. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 87p.
- Pontes KLM (2001) Avaliação da produção orgânica de tomateiro rasteiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em dois sistemas de plantio após pré-cultivo de sorgo consorciado com girassol. Dissertação de mestrado. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 165p.
- Rheinheimer DS, Kaminski J, Lupatini GC & Santos EJS (1998) Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:713-721.
- Ribas RGT, Junqueira RM, Oliveira FL, Guerra JGM & Almeida DL, Alves BJR, Ribeiro RLD (2003) Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus Esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. *Agronomia*, 37: 79-83.
- Scherer EE, Baldissera IT & Nesi CN (2007) Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:123-131.
- Silva LS, Camargo FAO & Ceretta CA (2004) Composição da fase sólida orgânica do solo. In: Meurer EJ (Ed) *Fundamentos da Química do Solo*. 2ª ed. Porto Alegre, Gênese. p.45-61.
- Silva VV (2002) Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção orgânica de brócolos (*Brassica oleracea* L. var. italica) em sistema de plantio direto. Dissertação de mestrado. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 86p.
- Stevenson FJ (1982) *Humus chemistry, genesis, composition, reaction*. New York, John Wiley & Sons. 443p.
- Swift RS (1996) Organic matter characterization. In: Sparks DL (Ed) *Methods of soil analysis*. Part 3. Madison, American Society of Agronomy. p.1011-1020.
- Zech Z, Senesi N, Guggenberger G, Kaiser K, Lehmann Miano TM; Miltner A & Schroth G (1997) Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in tropics. *Geoderma*, 79: 117-161.