Capitulo 7

Luciana da Conceição Rios[1]

Mauro da Conceição[1]

Daniel Vidal Pérez[1]

Wilson Sant´anna de Araújo[1]

ESTOQUE DE CARBONO E CARACTERIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM SOLOS SOB SERINGAIS CULTIVADOS E VEGETAÇÃO NATURAL

[1] Pesquisadores da Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. CEP 22460-000, Rio de Janeiro, RJ. e-mails: luciana_rios@ig.com.br; mauro@cnps.embrapa.br daniel@cnps.embrapa.br, wilson@cnps.embrapa.br

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) é resultante principalmente da deposição de resíduos de origem animal e vegetal. Esses resíduos, ao serem depositados, sofrem, inicialmente decomposição parcial pela mesofauna e, posteriormente, pela ação decompositora dos microorganismos. Parte do carbono presente nos resíduos é liberado para a atmosfera como CO_2, e o restante passa a fazer parte da matéria orgânica como um componente do solo (BAYER e MIELNICZUK, citados por Santos e Camargo, 1999). Por essas razões, a matéria orgânica tem grande importância para o fornecimento de nutrientes às culturas, a retenção de cátions, a complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, a estabilidade da estrutura, a infiltração e retenção de água, a aeração, a atividade e biomassa microbiana (ibid.).

A matéria orgânica é responsável pela sustentabilidade de muitos agroecossistemas porque torna o solo resistente e elástico. É, portanto, o componente chave de qualquer ecossistema terrestre, e qualquer alteração na sua quantidade e composição produz importantes efeitos na dinâmica de armazenamento de carbono.

O conhecimento dos teores da matéria orgânica e sua dinâmica nos diferentes processos naturais tem sido objeto de muitos estudos, uma vez que há enorme preocupação dos cientistas no que se refere à atenuação dos efeitos negativos do efeito estufa sobre os processos naturais do globo terrestre.

A matéria orgânica do solo tem sido reconhecida como uma importante fonte de imersão no ciclo do carbono global, em razão de os solos conterem cerca de três vezes mais carbono que a atmosfera. O balanço entre a adição e perda de carbono no solo tem uma severa influência sobre a concentração de CO_2 atmosférico e possivelmente no clima global (POST et al., 1990, citados por Conceição et al., 2001).

Um dos maiores compartimentos terrestres de carbono está na matéria orgânica, bem como uma das principais fontes de emissão de CO_2, CH_4 e outros GEE para a atmosfera (SILVA et al., 2000). Dependendo do tipo de manejo adotado, o solo também pode funcionar como fonte de emissão ou como sumidouro de carbono extra. De modo geral, há maior preservação da matéria orgânica em áreas sob vegetação natural, havendo perdas consideráveis de carbono quando são convertidas em áreas de cultivo, principalmente nos locais onde há revolvimento freqüente do solo. Estudos têm demonstrado que práticas de manejo conservacionistas (PMC) têm grande potencial em aumentar o seqüestro de carbono no solo e diminuir o fluxo de GEE para a atmosfera. Entre essas práticas, podem-se citar a diminuição do desmatamento, o aumento de áreas cultivadas sob sistema de plantio direto, o incremento no aporte de carbono ao solo, a permanência de restos culturais nas áreas de plantio, o controle da erosão, os reflorestamentos, as culturas perenes e o aumento dos índices de produtividade como fator restritivo à expansão da fronteira agrícola.

Os fragmentos orgânicos de uma floresta, ao caírem sobre o solo, formam a serrapilheira, considerada o principal agente responsável pela ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tropicais (SWAMY et al., 1994). Por sua vez, a formação da serrapilheira depende do aporte de resíduos orgânicos da parte aérea das plantas e da taxa de decomposição desses materiais (VITOUSEK et al., 1986). Assim, para uma análise comparativa do seqüestro de carbono, torna-se necessário quantificar a produção de serrapilheira, o seu teor de nutrientes, sua composição orgânica e a velocidade de decomposição relativa em dada condição edafoclimática, ao longo do tempo, já que, para Galston et al. (1972), a senescência de partes da planta é função das mudanças metabólicas associadas à fisiologia de cada espécie e de estímulos provenientes do ambiente, como o fotoperíodo, a temperatura, o estresse hídrico, etc.

A seringueira é uma espécie de hábito decíduo, isto é apresenta senescência e renovação foliar anual, cujos fragmentos vegetais ao cair no solo formam uma camada espessa de serrapilheira que se acumula nos horizontes superfíciais do solo, ano após ano. Este trabalho avalia a contribuição desta camada, na qualidade da matéria orgânica do solo.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A MATÉRIA ORGÂNICA

As condições ambientais são fatores que determinam a marcha de mineralização da matéria orgânica do solo, exercendo sua influência de maneira decisiva sobre os produtos formados através da primeira fase dessa transformação, fase esta que constitui a etapa de humificação (DOROFEEFF, 1960). Todos os produtos transformados são chamados de húmus.

Kononova (1966), citado por Conceição (1989), diz que a matéria orgânica do solo é um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diferentes naturezas e pela contínua transformação que sofre sob ação dos fatores biológicos, químicos e físicos.

Por definição de Tibau (1978), o húmus é formado por agrupamento de compostos orgânicos de mistura com minerais e sais, ou seja, os compostos inorgânicos em proporções indefinidas, quando se trata apenas de mistura. Na presença, entretanto, do ácido húmico e seus congêneres (ácido lignoúmico, ácido humoligno, etc.), entra em jogo a lei das proporções definidas, regulando as combinações com cátions do solo (cálcio, potássio, magnésio, etc.).

Segundo Cheng (1976), o húmus se constitui de substâncias amorfas, ácidas, poliméricas, tridimensionais, de peso molecular elevado e de natureza aromática, sendo os ácidos fúlvicos, os ácidos húmicos e as huminas seus principais componentes.

Algumas características físicas e químicas fazem parte das substâncias húmicas, um importante constituinte do solo: cor, estrutura característica, peso por volume, propriedades de coesão e adesão, peso específico, capacidade de retenção de água, permeabilidade, capacidade de troca catiônica, poder de tamponamento e odor específico (WAKSMAN, 1936).

Processo de formação da matéria orgânica

Segundo Flaig et al. (1975), a formação da matéria orgânica ocorre principalmente sob condições aeróbicas. Animais que vivem no solo podem inicialmente reduzir o tamanho dos resíduos orgânicos frescos, e transformações posteriores são promovidas por enzimas extracelulares de bactérias e fungos que habitam o solo, formados tanto de constituintes mais complexos de plantas e animais quanto de substâncias simples, bem como de compostos ou elementos simples a compostos mais complexos.

Esquema da evolução da matéria orgânica nos solos (MOS). HR: humina residual; HI: humina de insolubilização; HM: humina de neo-síntese microbiana (JACQUIN, 1980, citado por Santos e Camargo, 1999).

Classificação e caracterização das frações húmicas

Distintos grupos de compostos são obtidos com diferentes formas de fracionamento do húmus.

Kononova (1966), citado por Conceição (1989), propõe a classificação dos compostos orgânicos em dois grupos:

1°grupo: resíduos de plantas e de animal fresco e incompletamente decomposto são fontes primárias de húmus, podendo ser separados por métodos mecânicos (peneiramento ou agrupamento de resíduos, isolamento por meios de líquidos de densidades diferentes, dispersão ultra-sônica, etc.).

2°grupo: húmus do solo, incluindo dois subgrupos:

a) substâncias húmicas: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, huminas e ácidos hematomelânicos;

b) produtos diversos da decomposição avançada de resíduos orgânicos e também produtos de ressíntese microbiana (substância de natureza protéica, carboidratos e seus derivados, ceras, resinas, gorduras, taninos, ligninas, etc.).

Essas substâncias são parte integrante do solo e não podem ser separadas por métodos mecânicos.

De acordo com Duchaufor (1982), citado por Benites et al. (2003), os ácidos fúlvicos são os compostos húmicos de maior solubilidade por apresentar maior polaridade e menor tamanho molecular; são os principais responsáveis por mecanismos de transporte de cátions dentro do solo, por meio de complexos organometálicos, o que caracteriza o processo de queluviação. Os ácidos húmicos apresentam pouca solubilidade em solos ácidos; são responsáveis pela maior parte da CTC de origem orgânica em camadas superficiais do solo. A humina consiste em um aglomerado de materiais húmicos e não-húmicos (ibid.). Apesar de apresentar baixa reatividade, é responsável por mecanismos

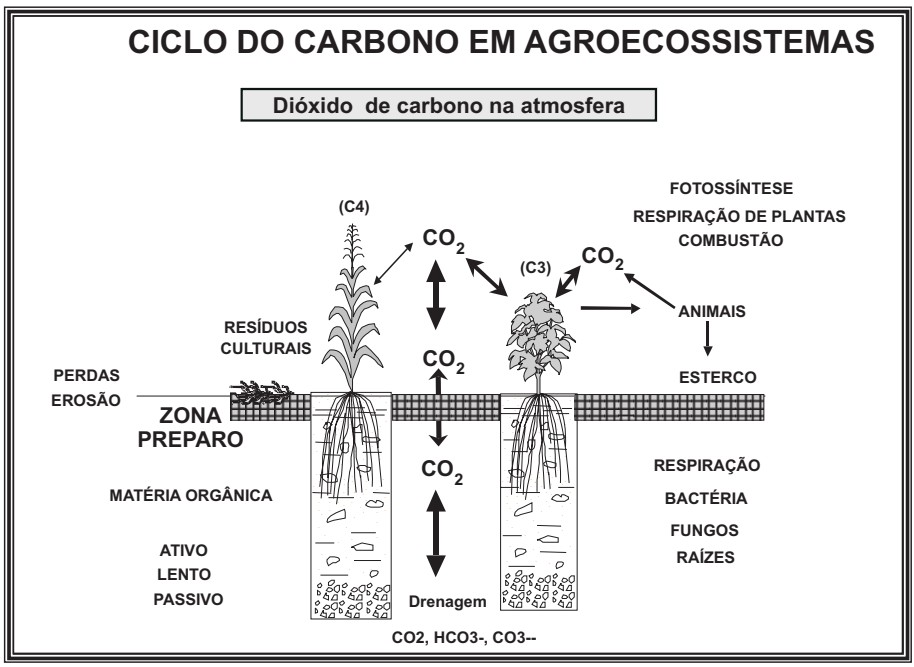
de agregação de partículas e, na maioria dos solos tropicais, representa a maior parte do carbono humificado do solo.

O solo como reservatório de carbono

Bruce et al. (1999), citado por Amado (2003), relatam que o carbono é um importante elemento da constituição dos seres vivos e que se encontra distribuído na natureza em vários reservatórios, sendo os principais os oceanos, a atmosfera, a biosfera e o solo.

O solo é considerado o maior reservatório terrestre de C, e pode ser uma fonte ou um depósito de CO_2 para a atmosfera, dependendo do sistema de manejo adotado (BAYER et al., 2001). As plantas, através da fotossíntese, são o elo entre o carbono que se encontra na atmosfera e o do solo, na forma de matéria orgânica. Dependendo das práticas agrícolas que são utilizadas, o solo age como um dreno ou como uma fonte de CO_2 para a atmosfera (AMADO, 2003).

Segundo Lal (1999), citado por Silva e Machado (2000), a magnitude e a taxa de diminuição de C do solo é aumentada pela degradação e pelo declínio da qualidade do solo. Entre os principais processos de degradação do solo, citam-se a física e a biológica. Há, todavia, uma grande necessidade em reverter esses processos de degradação e, ao mesmo tempo, aumentar o seqüestro de C no solo. Para isso, devem-se manejar adequadamente os solos, corrigir os problemas de acidez e aplicar fertilizantes de forma correta. Com isso, há sempre ganho em produtividade das culturas.



Esquema do ciclo do carbono em agroecossistemas
(REICOSKY,1998, citado por Amado, 2003).

Emissões de CO_2 associadas ao preparo do solo

Um dos processos-chave para a adição de carbono ao solo é a fotossíntese, na qual o CO_2 é combinado com água, utilizando a energia solar para formar carboidratos. O carbono acumulado nas plantas é ciclado no ecossistema terrestre e uma parte é armazenada temporariamente no solo, na forma de MO, da qual é o principal constituinte com 58% (REICOSKY, 1999, citado por Amado, 2003).

As atividades de preparo podem estimular a mineralização da matéria orgânica e a liberação do CO_2 que se encontrava nos poros, reduzindo a permanência do carbono no solo (BRUCE et al.,1999; REICOSKY e LINDNSTOM,1993, citados por Amado, 2003). Clima, vegetação, topografia e tipo de solo condicionam o tamanho do estoque de carbono armazenado no solo.

Segundo Silva e Machado (2000), há maior preservação da matéria orgânica, de modo geral, em áreas sob vegetação natural, havendo perdas consideráveis de carbono quando essas são convertidas em área de cultivo. No caso de plantios de seringueiras, principalmente em áreas acidentadas, não há revolvimento do solo com a muda plantada diretamente na cova, o que permite a manutenção da matéria orgânica do solo.

OBJETIVO

Este estudo foi conduzido com a finalidade de quantificar o efeito do manejo da matéria orgânica e seus componentes – substâncias húmicas – em solo sob cultivo dos clones de seringueira IAN 873 e RRIM 600, com 20 e 15 anos de idade, respectivamente. Uma área de cerca de 35 ha com uma capoeira com 38 anos também fez parte do estudo e serviu como testemunha.

A área está localizada na Fazenda Experimental Vale do Piranga, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, no município de Oratórios, Minas Gerais. A Fazenda se encontra a, aproximadamente, 20°30’ de latitude sul e 43°00’ de longitude oeste, sendo a altitude média de 500 m em relação ao nível do mar. As temperaturas médias anuais variam entre a máxima de 21,8°C e a mínima de 19,5°C, enquanto a precipitação média anual é de 1150mm. Apresenta um período mais seco, de

abril a setembro. Segundo a classificação de Köppen (SETZER, 1946), o clima da região varia do tipo Cwa, tropical úmido, a Aw, semi-úmido de verões quentes.

A coleta de solo foi realizada segundo Embrapa (2003). O estudo da matéria orgânica do solo foi realizado por fracionamento químico, uma vez que permite observar as variações qualitativas da matéria orgânica, podendo ser avaliadas através da distribuição do C entre frações separadas quimicamente (DABIN, 1971). Esse fracionamento químico tem sido feito classicamente com base nas características de solubilidade em ácidos e álcalis das frações da matéria orgânica do solo. Três compostos principais são obtidos: humina, ácido fúlvico e ácido húmico. As relações entre a matéria orgânica (C total) e o equilíbrio das frações húmicas influenciam as características do solo, como estrutura, capacidade de troca catiônica e disponibilidade de nutrientes (DABIN, 1982). As alterações no uso do solo também podem alterar esse equilíbrio.

A extração e o fracionamento das substâncias húmicas foram realizados segundo Kononova (1966). Este método baseia-se na extração da matéria orgânica com pirofosfato de sódio e hidróxido de sódio. A base forte é utilizada para promover a solubilização do húmus do solo e o pirofosfato atua como quelante dos metais presentes, aumentando a eficiência das extrações. A extração inicial das amostras com solução de ácido ortofosfórico tem o intuito de separar o material não-humificado do material humificado, através de diferenças na densidade específica, e promover um ataque inicial do material, livrando-o principalmente dos metais retidos eletrostaticamente.

RESULTADOS

Para compreender a possível influência do povoamento de clones diferentes na distribuição das substâncias húmicas do solo, foi realizado um teste de médias (teste t) entre os grupos representados pelos clones IAN 873

e RRIM 600, tendo uma capoeira de 38 anos como testemunha. Em princípio, as avaliações foram realizadas separando-se os horizontes A e B em função dos tipos diferenciados de influência esperados nos processos de humificação que ocorrem em superfície, onde a concentração de microorganismos, nutrientes e oxigênio é maior do que em subsuperfície (STEVENSON, 1994).

As tabelas 1 e 2 apresentam os graus de significância observados para as comparações realizadas nos horizontes A e B, respectivamente .

Tabela 1 - Significâncias obtidas pelo teste t aplicado a dois conjuntos de dados, de variâncias diferentes, no horizonte A

	IAN 873 x RRIM 600	IAN 873 x Capoeira	RRIM 600 x Capoeira
C org.	*	NS	NS
AFLivre	**	**	NS
AFLigado	*	NS	NS
AFTotal	**	NS	NS
AH	NS	NS	NS
Humina	NS	*	NS
SH	*	*	NS
SNH	*	NS	NS

NS – não-significativo; * - 5% (P < 0,05); ** - 1% (P< 0,01).

Tabela 2 - Significâncias obtidas pelo teste t aplicado a dois conjuntos de dados, de variâncias diferentes, no horizonte B

	IAN 873 x RRIM 600	IAN 873 x Capoeira	RRIM 600 x Capoeira
C org.	NS	*	NS
AFLivre	NS	NS	NS
AFLigado	NS	NS	NS
AFTotal	NS	NS	NS
AH	NS	*	**
Humina	NS	NS	NS
SH	NS	NS	NS
SNH	NS	NS	NS

NS – não-significativo; * - 5% (P < 0,05); ** - 1% (P< 0,01).

No que diz respeito ao horizonte A, observa-se uma nítida tendência de diferenciação entre os dois clones com respeito à distribuição das substâncias húmicas, notadamente para a concentração de ácidos fúlvicos. A Tabela 3 indica que as maiores concentrações foram observadas no clone RRIM 600.

Tabela 3 - Média e desvio-padrão dos grupamentos de manejo para o horizonte A

	IAN 873		RRIM 600		Capoeira	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
C org.	20,0	4,6	27,6	6,0	35,64	16,0
AFLivre	0,84	0,14	1,38	0,26	1,92	0,57
AFLigado	1,97	1,05	3,63	1,46	3,30	2,20
AFTotal	2,81	1,17	5,01	1,42	5,22	2,73
AH	0,77	0,77	1,47	0,71	1,48	1,81
Humina	7,01	1,64	9,20	1,50	11,78	3,83
SH	10,60	3,38	15,68	4,72	18,48	7,66
SNH	9,37	1,75	11,87	2,76	17,16	8,65

Como conseqüência, a soma das frações húmicas (SH) e das não-húmicas (SNH) também apontou diferenças significativas, indicando que o solo sob o clone RRIM 600 apresenta um estado de humificação maior que aquele sob o clone IAN 873. Assim mesmo, há de se observar que a quantidade de material não-humificado é bem elevada nos dois clones. É interessante observar, também, o maior acúmulo de carbono orgânico e, por conseguinte, de matéria orgânica nas amostras sob o clone RRIM 600. Carmo et al. (2003) observaram que o aporte de carbono derivado do clone RRIM 600 é bem superior ao oriundo do IAN 873 (125,5 contra 105,4 kg.árvore^{-1}, respectivamente), o que pode estar influenciando as diferenças relatadas. Não se pode descartar, contudo, a possível influência de uma constituição química diferente entre as partes vegetais dos dois clones. No que tange à Capoeira, em princípio, os dados obtidos para o clone RRIM 600 são os que mais se aproximam das suas características, já que não se observou diferença significativa entre essas vegetações. Com relação ao IAN 873, aparentemente a maior diferenciação ocorreu em função do menor teor de ácidos fúlvicos livre e de humina obtido no solo sob esse clone, que influenciou, conseqüentemente, a soma (SH) das substâncias húmicas (Tabela 3). A Figura 1 ilustra bem as diferenças e similaridades discutidas na distribuição húmica dos solos sob os três tipos de vegetação.

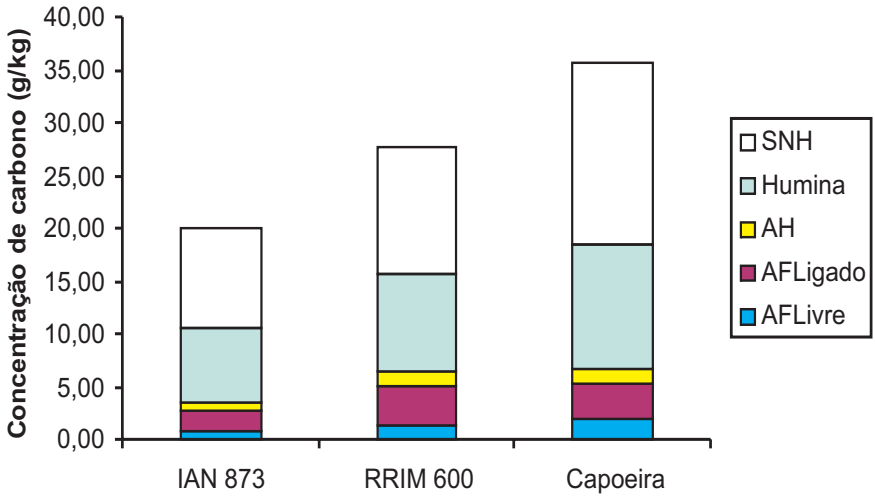


Figura 1 - Distribuição média das frações húmicas obtidas nos horizontes A dos solos sob cultivo dos clones de seringueira IAN 873 e RRIM 600 e a capoeira.

No que diz respeito ao horizonte B, como esperado, observou-se pouca influência do tipo de vegetação sobre as frações estudadas (Tabela 2). Isso, provavelmente, está relacionado ao fato de que, nos horizontes subsuperficiais, os processos e as reações inorgânicas de formação pedológica se sobrepõem à influência da atividade biológica (EMBRAPA, 1999). A única característica química que diferenciou os solos sob cultivo de seringueira dos solos sob capoeira (Tabela 2) foi o teor de ácidos húmicos menor na capoeira (Tabela 4).

Tabela 4 - Média e desvio-padrão dos grupamentos de manejo para o horizonte B

	IAN 873		RRIM 600		Capoeira	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
C org.	7,2	3,1	8,2	3,5	10,8	5,1
AFLivre	0,40	0,20	0,49	0,22	0,56	0,36
AFLigado	0,55	0,28	0,75	0,48	0,60	0,46
AFTotal	0,95	0,47	1,25	0,68	1,16	0,81
AH	0,16	0,26	0,25	0,17	0,10	0,00
Humina	2,22	1,08	2,16	1,17	2,79	1,71
SH	3,34	1,49	3,65	1,79	4,05	2,48
SNH	3,81	1,77	4,54	2,13	6,79	2,95

Além disso, é digno de se observar o menor teor de carbono nos horizontes B do solo sob cultivo do clone IAN 873, quando comparado ao solo sob capoeira. A Figura 2 ilustra os resultados obtidos para a distribuição húmica nos três solos sob as vegetações estudadas.

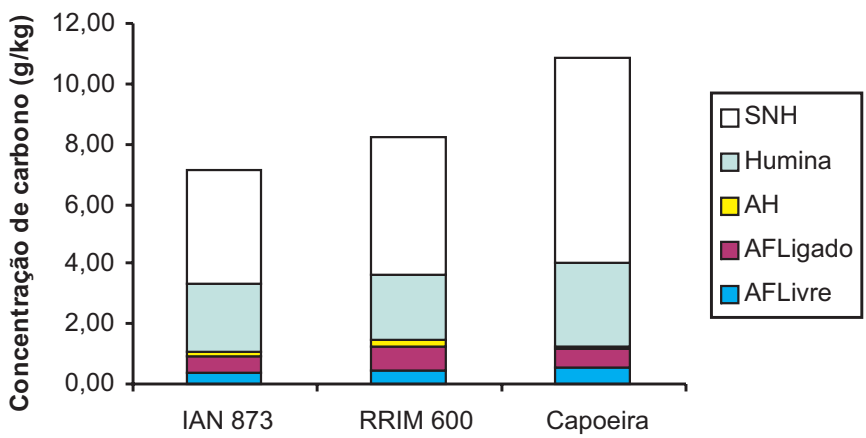


Figura 2 - Distribuição média das frações húmicas obtidas nos horizontes B dos solos sob cultivo dos clones de seringueira IAN 873 e RRIM 600 e a capoeira.

CONCLUSÃO

Os clones de seringueira RRIM 600 e IAN 873 causaram impactos diferenciados na acumulação de matéria orgânica e na distribuição das frações húmicas, principalmente nos horizontes superficiais (A).

O solo sob o clone RRIM 600 apresentou um estado de humificação maior que aquele sob o clone IAN 873, indicando maior acúmulo de carbono orgânico e, por conseguinte, de matéria orgânica.

No que tange à capoeira, em princípio, os dados obtidos para o clone RRIM 600 são os que mais se aproximam das suas características, já que não se observou diferença significativa entre essas vegetações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C., A matéria orgânica do solo no sistema de plantio direto: a experiência do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.ppi-far.org> Acesso em: 07 nov. 2003.

ANJOS, L. H. dos; PEREIRA, M. G.; RAMOS, D. P. Matéria orgânica e pedogênese. In: SANTOS, Gabriel de Araújo; CAMARGO, Flávio A de O. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** ecossistemas tropicais e subtropicais**.** Porto Alegre: Gênesis, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e Função da Matéria Orgânica** In: SANTOS, Gabriel de Araújo; CAMARGO, Flávio A de O. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênesis, 1999.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo das substâncias húmicas do solo:** um procedimento simplificado e de baixo custo. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2003. (Comunicado técnico; 16).

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; GUERRA, J. G. M. **Macromoléculas e Substânicas Húmicas.** In: SANTOS, Gabriel de Araújo; CAMARGO, Flávio A de O. (eds.). - **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais.- Porto Alegre: Gênesis, 1999.

CARMO, C. A.; MENEGUELLI, N.; LIMA, J.; MOTTA, P. E.; ALVARENGA. A. de P. Estimativa do estoque de carbono na biomassa do clone de seringueira RRIM 600 em solos da zona da mata de Minas Gerais. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br> Acesso em: 10 maio 2006.

CHENG, B.T. Soil organic matter as a plant nutrient. In: **PROCEEDINGS OF A SYMPOSIUM ON SOIL ORGANIC MATTER STUDIES,** Braunschweig, 6-10 September 1976. **Anais…** Viena: International Atomic Energy Agency, 1977**.**

CONCEIÇÃO, M. da. **Natureza do húmus e caracterização de solos em elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí, Santa Cruz – RJ**. 1989. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

CONCEIÇÃO, M. da; ARAÚJO, W. S. de; LIMA, J. A. S.; PREFIN, M. de L. M. S.; MANZATTO, C.; CUNHA, T. J. F. Estoque de Carbono em solos orgânicos do Rio de Janeiro. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 4. Viçosa, 19-22 Novembro, 2001. **Resumos de palestras e trabalhos apresentados**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos, 2001.

DABIN, B. Relação entre a evolução dos compartimentos húmicos sob cultura e os fatores físicos e químicos da fertilidade em diferentes solos tropicais. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, outubro 1982. **Anais.**.. Piracicaba, 1982. 254p.

DOROFEEFF, A. **Gênese de solos**: fatores pedogênicos. Viçosa: Escritório Técnico de Agricultura Brasil-Estados Unidos. 1960. (Curso de Solos)

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos.** Rio de Janeiro, RJ: CNPS, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA/Serviços de Produção de Informação, 1999. 412p.

FLAIG, W.; BELTELSPACHER, H.; RIETZ. Chemical composition and physical proprieties of humic substances. In: GLESEKING, J. E. (ed.). **Soil componente**. New York: Springer-Verlag, 1975.

GALSTON, A. W.; DAVIES, P. S. **Mecanismos de controle do desenvolvimento vegetal**. São Paulo: Ed. USP, 1972. 171p.

KONONOVA, M. M**. Soil organic matter**. 2. ed. New York: Pergamon Press, 1966.

SILVA, C. A.; MACHADO, P. L. O. A. **Seqüestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. (Documento, 19).

SETZER, J. **Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo**. São Paulo: Escolas Profissionais Salesianas, 1946. 239 p.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York: J. Wiley. 1994. p.325-349.

SWAMY, H. R.; PROCTOR, J. Litter fall and nutrient cycling in four rain Forest in the Sringeri area of the Indian Western Ghats. **Global Ecology and Biogeography Letters**, Osney Mead, v. 4, p. 155-165, 1994.

TIBAU, A. O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1978.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD JR., R. L. Nutrient cycling in most tropical forest. Annual Review Ecology Science, v. 17, p. 137-167, 1986.

WAKSMAN, S. A. **Humus**. Willian and Wilks Co., Baltimore, 1936.