

# SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

## ALTERAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO AMARELO ÁLICO DE CRUZ DAS ALMAS (BA), PELO CULTIVO COM FRUTÍFERAS PERENES E MANDIOCA<sup>(1)</sup>

A. L. BORGES<sup>(2)</sup> & J. C. KIEHL<sup>(3)</sup>

### RESUMO

Avaliaram-se as alterações da quantidade e da qualidade da matéria orgânica de um latossolo amarelo álico argiloarenoso, submetido a vários anos de cultivo com banana, citros, manga e mandioca, no município de Cruz das Almas, na região do Recôncavo Baiano. Abriram-se três trincheiras, em 1991, em cada uma das quatro glebas cultivadas e em uma gleba com mata nativa. Coletaram-se amostras dos horizontes A, AB, BW1 e BW2 e submeteram-nas à determinação do carbono total e da densidade e do cálculo do estoque de carbono de cada horizonte. Carbono orgânico foi também determinado nas frações granulométricas 0,2-2, 0,05-0,2 mm e 0-0,05 mm, obtidas por peneiramento em água. Ácidos fulvicos livres (AFL), ácidos fulvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HU) foram determinados na fração <0,05 mm. Os resultados indicaram que os cultivos reduziram o estoque de carbono do solo, exceto no de citros. No horizonte superficial, os solos cultivados com banana e mandioca não diferiram daquele sob mata. A fração <0,05 mm conteve a maior parte da matéria orgânica do solo, formada predominantemente por HU, e a gleba com manga apresentou os teores mais baixos. O cultivo do solo reduziu os teores de AFL, mas não afetou os de AF.

**Termos de indexação:** matéria orgânica do solo, fracionamento do húmus, ácidos fulvicos livres, ácidos fulvicos, ácidos húmicos, huminas.

**SUMMARY:** *CHANGES OF ORGANIC MATTER OF A YELLOW LATOSOL INDUCED BY PERENNIAL FRUIT TREE AND CASSAVA CROPPING AT CRUZ DAS ALMAS, STATE OF BAHIA, BRAZIL*

*This study evaluated changes in the amount and composition of organic matter in an alic sandy-clay yellow latosol subjected to several years of banana, citrus, mango and cassava cropping. The study was conducted at Cruz das Almas, State of Bahia, Brazil. In 1991, three trenches were opened in each of the four cultivated areas, as well as in a fifth area covered by native wood. Samples of the A, AB, BW1 and BW2 horizons were collected and subjected to determination of total carbon and bulk density and estimation of carbon stock for each horizon. Organic carbon was also determined in the granulometric fractions of 0.2-2 mm, 0.05-0.2 mm and 0-0.05 mm, obtained by screening in water. The free fulvic acids (FFA), fulvic acids (FA), humic acids (HA) and humines (HU) were determined for the fraction < 0,05 mm. Results indicated that the cropping reduced the carbon stock of the soil, except for the citrus area. In the*

<sup>(1)</sup> Parte do trabalho de Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor ao Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas - ESALQ/USP. Apresentado no XXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Goiânia (GO), em 25-31 de julho de 1993. Recebido para publicação em novembro de 1994 e aprovado em abril de 1996.

<sup>(2)</sup> Pesquisadora do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical - CNPMF/EMBRAPA, Caixa Postal 7, CEP 44380-000 Cruz das Almas (BA).

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP).

*upper horizon, there was no difference between soils cultivated with banana and cassava and the native wooded soil. Most of the soil organic matter was found in the finest fraction, and consisted mostly of HU; the lowest contents were observed in the soil of the mango crop. Soil cultivation reduced the content of FFA, but did not affect the amount of FA.*

*Index terms: soil organic matter, humus fractionation, free fulvic acids, fulvic acids, humic acids, humines.*

## INTRODUÇÃO

A substituição das matas naturais por culturas comerciais é uma prática que se vem tornando cada vez mais comum, principalmente nos Estados das regiões Centro, Norte e Nordeste. É largamente reconhecido o fato de que mudanças na vegetação causam desequilíbrios que levam, com o tempo, a alterações no conteúdo e na natureza da matéria orgânica do solo (Kononova, 1966; Godefroy & Jacquin, 1975a; Nascimento et al., 1991).

Nos trópicos úmidos, a substituição da mata nativa por culturas acarreta redução da matéria orgânica do solo. Comparando áreas cultivadas com banana e abacaxi com áreas sob floresta, na Costa do Marfim, Godefroy & Jacquin (1975a,b) verificaram rápida diminuição do teor de matéria orgânica nos solos cultivados nos dois primeiros anos, seguida de perdas menores nos anos seguintes, até o estabelecimento de nova condição de equilíbrio. A diminuição do teor de matéria orgânica no solo sob cultivo, segundo Stevenson (1982), não se deve unicamente à redução da quantidade de resíduos adicionada, mas também ao aumento da atividade microbiana causado por melhores condições de aeração, temperaturas mais elevadas e alternância mais freqüente de umedecimento e secação do solo.

A natureza do húmus do solo pode variar substancialmente com o clima, vegetação e condições do próprio solo. Estudando o húmus de solos brasileiros, Volkoff & Cerri (1988) concluíram que a acidez, a aeração e a temperatura, nessa ordem de importância, são os principais fatores que determinam a natureza do húmus. A distribuição das frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas em função das condições ambientais foi estudada por Volkoff et al. (1984), Volkoff & Cerri (1988). Martins et al. (1990), trabalhando com a matéria orgânica sob cultivo e pousio, constataram que naquele sistema o húmus é caracterizado por um equilíbrio, comportando mais ácidos fúlvicos. Em latossolo vermelho-escuro de cerrado, Nascimento et al. (1991) observaram, sob diferentes sistemas de manejo, que os ácidos húmicos foram os mais afetados, enquanto a alteração da fração humina foi desprezível.

A área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (CNPMF), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e localizada no município de Cruz das Almas (BA), possui glebas com latossolo amarelo álico, cuja fração argila é predominantemente sesquioxídica e caulinítica. Essas frações apresentam baixa reserva de nutrientes e baixa capacidade de retenção de água, sendo, portanto, a matéria orgâ-

nica, mesmo em quantidades limitadas, um componente de grande importância para a produtividade de tal solo. Apesar da remoção da mata nativa, as glebas vêm sendo cultivadas, há muitos anos, principalmente com banana, citros, manga e mandioca, e, apesar disso, nenhum estudo ainda foi realizado para verificar as consequências desses longos períodos de cultivo sobre a matéria orgânica do solo.

Constata-se, portanto, que essas glebas constituem um valioso material de estudo, sobretudo dos efeitos do cultivo de diferentes espécies sobre o conteúdo e a qualidade da matéria orgânica; com essas informações, por sua vez, é possível conhecer os sistemas de cultivo, a longo prazo, mais adequados à manutenção da matéria orgânica do solo e, consequentemente, da produtividade daquelas áreas.

Este trabalho objetivou avaliar as alterações na quantidade e na qualidade da matéria orgânica do solo, quando submetido a anos de cultivo com banana, citros, manga e mandioca.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo está localizada no município de Cruz das Almas, na região do Recôncavo do Estado da Bahia, no planalto pré-litorâneo, próximo da latitude de 12°40'19" S, longitude de 39°06'22" WGr e altitude de 220 metros.

O clima da região é seco e subúmido (EMBRAPA, 1981), com umidade relativa do ar de 80%, temperatura média anual de 24°C e precipitação média de 1.200 mm ano<sup>-1</sup>. Os meses mais chuvosos são abril e maio (150 mm) e, os mais secos, setembro e outubro (60 mm).

O solo estudado foi o latossolo amarelo álico, textura franco-argiloarenosa, com horizonte superficial mais arenoso (740 g kg<sup>-1</sup> areia) e teor de argila aumentando em profundidade e horizontes subsuperficiais coesos.

Abriram-se três trincheiras em 1991, em cada uma das cinco glebas, cultivadas com banana (15 anos), citros (38 anos), manga (15 anos) e mandioca (14 anos) e sob mata nativa, transição floresta subrenifólia/subcaducifólia. As glebas apresentam áreas de aproximadamente 1 ha e se situam em um raio de 3 km. Coletaram-se amostras dos horizontes A (0-9 cm), AB (9-38 cm), BW1 (38-72 cm) e BW2 (72-100 cm), de um lado da trincheira.

Determinou-se o carbono total pelo método da combustão (via seca) descrito por Cerri et al. (1990), utilizando-se o equipamento Carmograph 12 A "Wosthoff". Em função desse valor e da densidade do solo,

estimada com anel volumétrico, calculou-se o estoque de carbono ( $\text{kg de C m}^{-2}$ ) em cada horizonte. Mediante peneiramento em água, separaram-se três frações granulométricas (0,2-2 mm; 0,05-0,2 mm e menor que 0,05 mm), nas quais se determinaram também os teores de carbono total. Por agitação e centrifugação (Cerri et al., 1990), o húmus contido na fração menor que 0,05 mm, onde se encontra o complexo argilo-húmico, foi fracionado em ácidos fúlvicos livres (AFL), ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HU). Os AFL foram extraídos com ácido fosfórico 2 mol  $\text{L}^{-1}$ ; AF e AH, com solução de pirofosfato de sódio 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$  e, posteriormente, com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$ ; o tratamento do extrato com ácido sulfúrico 1 mol  $\text{L}^{-1}$  permitiu a separação dos AF, que permaneceram em solução, dos AH, que se precipitaram. As HU corresponderam ao resíduo no tubo da centrífuga, pois não são solúveis em ácidos nem em bases. O teor de carbono total de cada fração foi determinado por via úmida, isto é, por oxidação pelo bicromato de potássio em banho-maria e titulação com sulfato ferroso amoniacial (Cerri et al., 1990).

Os dados obtidos das 60 amostras foram analisados como delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 4 (glebas x horizontes), com três repetições. Efetuou-se a análise da variância (teste F) para cada variável, aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% para comparação de médias do fator glebas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estoque de carbono

O estoque de carbono total no horizonte superficial não diferiu entre as glebas (Figura 1). Em todos os horizontes, o estoque de carbono no solo cultivado

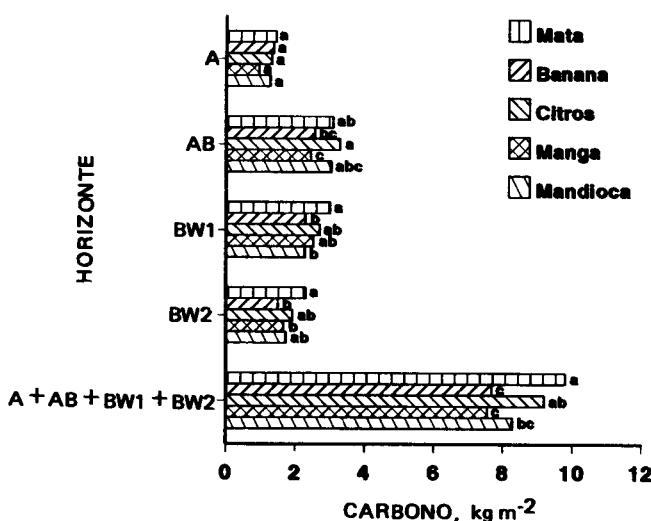
com citros não diferiu do estoque originalmente existente no solo sob mata, mostrando que, mesmo após quase 40 anos, o cultivo de citros não alterou significativamente a quantidade e a distribuição da matéria orgânica no perfil.

Considerando-se o carbono acumulado em todo o perfil (Figura 1), observa-se que as glebas, exceto aquela com citros, apresentaram estoques menores que o solo sob mata, depreendendo-se que os cultivos com banana, manga e mandioca não proporcionaram ganhos de matéria orgânica suficientes para compensar as perdas, como ocorreu no solo cultivado com citros.

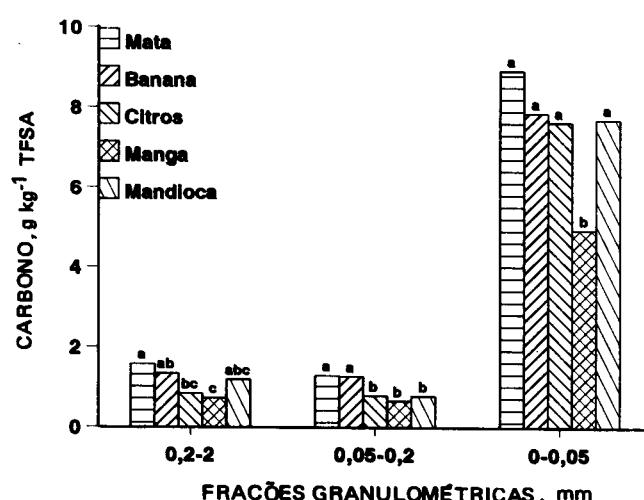
### Distribuição do carbono nas frações granulométricas

Na fração granulométrica mais fina do solo, houve efeito da cobertura vegetal sobre o teor de carbono em quase todos os horizontes, mas, nas frações mais grosseiras, o efeito da cobertura vegetal foi significativo somente para o horizonte superficial (dados não apresentados). Na fração 0,2-2 mm desse horizonte, o teor de carbono na gleba sob mata ( $1,57 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi significativamente superior aos das glebas com citros ( $0,83 \text{ g kg}^{-1}$ ) e manga ( $0,72 \text{ g kg}^{-1}$ ), mas não diferiu dos teores encontrados nas áreas com banana ( $1,33 \text{ g kg}^{-1}$ ) e mandioca ( $1,18 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Figura 2). Na fração intermediária, o teor de carbono na gleba sob mata ( $1,28 \text{ g kg}^{-1}$ ) mostrou-se superior aos das áreas com citros ( $0,78 \text{ g kg}^{-1}$ ), mandioca ( $0,77 \text{ g kg}^{-1}$ ) e manga ( $0,65 \text{ g kg}^{-1}$ ), e não diferiu daquele existente no solo cultivado com bananeira ( $1,26 \text{ g kg}^{-1}$ ).

O maior teor de carbono observado na fração 0,2-2 mm, no horizonte A no solo sob mata, em relação aos das glebas com citros e manga, deve estar relacionado à elevada deposição de folhas e ramos que se



**Figura 1.** Estoque de carbono total em cada horizonte e em todo o perfil do latossolo amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo horizonte não diferem significativamente entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey).

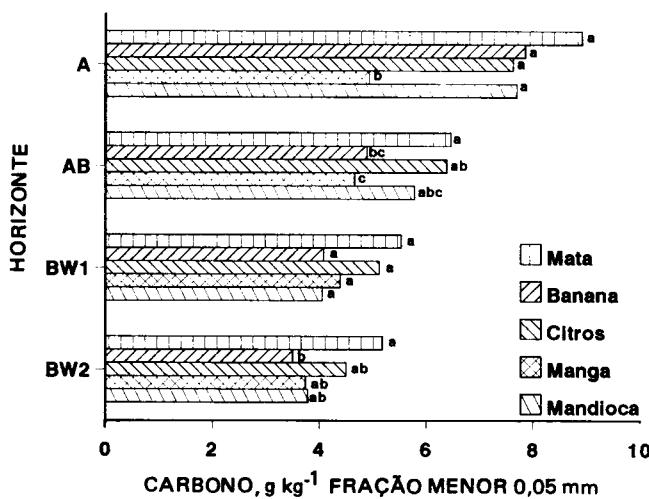


**Figura 2.** Teores de carbono total em três frações granulométricas do horizonte superficial (A) do latossolo amarelo (médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma fração não diferem significativamente entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey).

verifica na superfície de terrenos sob florestas, como também às menores taxas de decomposição causadas por temperaturas mais baixas do solo (Godefroy & Jacquin, 1975a,b). Nas glebas cultivadas com bananeira e mandioca, os teores de carbono não diferiram daquele sob mata. No caso da bananeira, provavelmente, seja devido ao sistema radicular fasciculado que se concentra nas camadas mais superficiais do solo e à grande quantidade de resíduos vegetais que vão ao solo em razão das desfolhas e colheitas periódicas. A cultura da mandioca, apesar de não restituir grande quantidade de resíduos vegetais ao solo, possui 100% das raízes assimilatórias, nos 30 cm de profundidade, e propiciou, no horizonte superficial, maior proporção de agregados com diâmetro superior a 2 mm (Borges, 1993).

Em todos os horizontes, a fração granulométrica mais fina (0-0,05 mm) apresentou a maior quantidade de carbono, possivelmente sob a forma do chamado complexo argilo-húmico do solo. Esse fato pode ser visualizado para o horizonte superficial, na figura 2. Martins et al. (1990) também constataram maior acúmulo de carbono na fração 0-0,05 mm de um latossolo-podzólico amarelo alterado da floresta Amazônica.

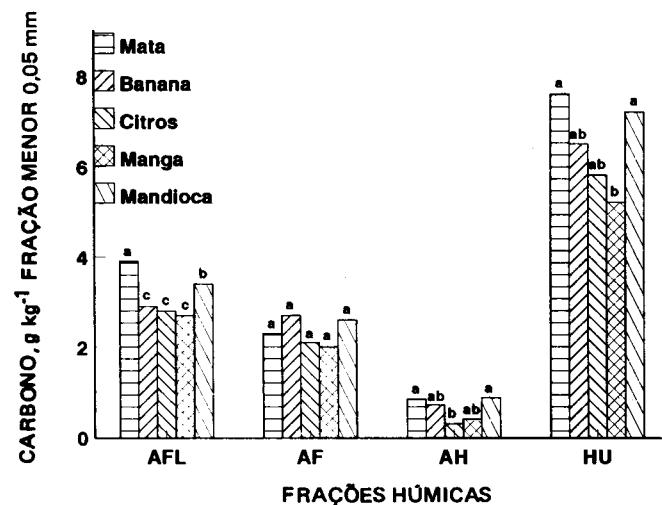
A figura 3 mostra que o teor de carbono encontrado na fração 0-0,05 mm decresceu com a profundidade em todas as coberturas vegetais. Mostra, também, que, no horizonte AB, os solos cultivados com citros e mandioca não diferiram daquele sob mata natural, enquanto os cultivados com banana e manga apresentaram teores menores de carbono. No horizonte BW1 o teor de carbono não diferiu entre todas as coberturas vegetais, enquanto no BW2 somente a área com banana apresentou teor significativamente inferior ao da mata.



**Figura 3.** Teores de carbono total na fração menor que 0,05 mm no perfil do latossolo amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo horizonte não diferem significativamente entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey).

### Fracionamento químico

O solo sob mata apresentou maior teor de ácidos fulvicos livres (AFL) que os cultivados (Figura 4). O solo sob floresta, por conter maior quantidade de resíduos na superfície e proporcionar restituição permanente de matéria orgânica fresca, favorece sua decomposição constante e menos rápida, propiciando a formação de maior quantidade de fração facilmente biodegradável (Godefroy & Jacquin, 1975a).



**Figura 4.** Concentração média de carbono nos ácidos fulvicos livres (AFL), ácidos fulvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HU) presentes na fração menor que 0,05 mm dos quatro horizontes do latossolo amarelo (médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma fração não diferem significativamente entre si, ao nível de 5% pelo teste de Tukey).

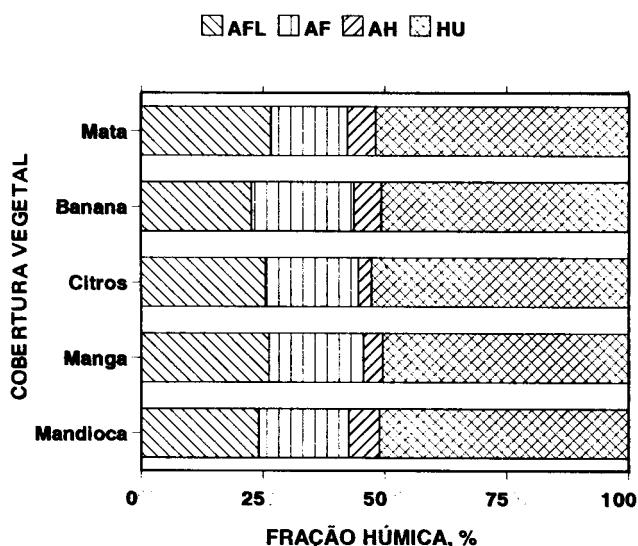
Quanto aos ácidos fulvicos (AF), não houve diferenças significativas entre as coberturas vegetais, sendo o teor médio de carbono (C) de 2,3 g kg<sup>-1</sup> da fração menor que 0,05 mm ou 1,8 g kg<sup>-1</sup> de solo (TFSA) (Figura 4).

Quanto aos ácidos húmicos (AH) – Figura 4 – os solos sob mata e mandioca revelaram teores mais elevados que o do cultivado com citros. O menor teor encontrado no solo cultivado com citros pode ser atribuído ao uso freqüente de grade, pois esta intensifica a mineralização da matéria orgânica, favorecendo a síntese de substâncias húmicas de baixo peso molecular em detrimento dos AH (Duchaufour, 1976; Dormaar, 1979). Por outro lado, nessa cobertura vegetal, observaram-se estoques de C no horizonte AB, bem como acumulado em todo o perfil, significativamente superiores aos das áreas sob banana e manga (Figura 1). Os AH foram a fração encontrada em menor quantidade, ou seja, constituíram a parte menos expressiva do húmus do solo.

Quanto à fração huminas (HU), presente em maior quantidade na matéria orgânica do solo, é mais abundante nos solos sob mata e mandioca que no

cultivado com manga (Figura 4). Provavelmente, naqueles solos as substâncias húmicas estejam estabelecendo ligações químicas mais fortes com a fração mineral do solo, tornando-se mais resistentes.

Em todas as coberturas vegetais, as HU constituem a fração presente em maior quantidade, correspondendo a aproximadamente 50% da fração húmica (Figura 5). Dabin (1980) encontrou valores dessa magnitude em solos tropicais do Brasil e da África. Segundo Felbeck Junior (1965), Duchaufour (1970) e Stevenson (1982), o acúmulo de HU no solo possivelmente esteja relacionado à ligação estável que existe entre esse componente e a parte mineral do solo, como também à maior resistência à decomposição.

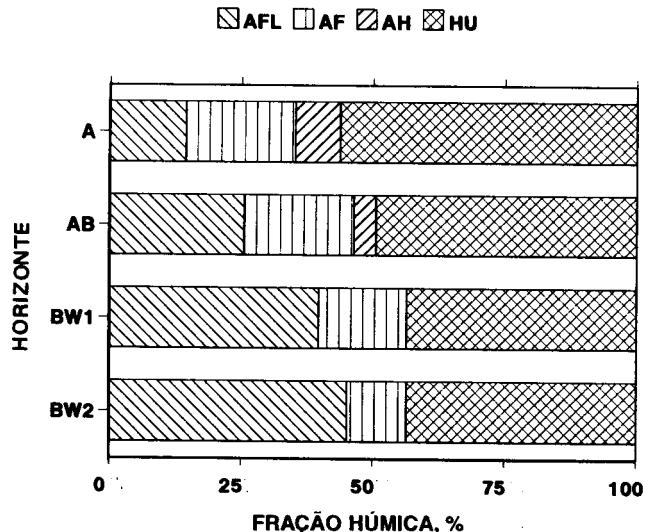


**Figura 5. Distribuição das frações húmicas no latossolo amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes).**

Observa-se, na figura 5, que, em todas as coberturas vegetais, aproximadamente 25% do carbono da fração 0-0,05 mm estão sob forma de AFL, 20% sob a forma de AF e de 3 a 5% como AH.

Embora o teor de AFL decresça com a profundidade em valores absolutos, sua proporção na fração húmica do solo aumenta de 14% no horizonte superficial para 48% no BW2 (Figura 6); esses valores correspondem, respectivamente a 11 e 38% do carbono total do solo. Isso está de acordo com Volkoff & Andrade (1976), segundo os quais os compostos húmicos pouco polimerizados mineralizam-se lentamente, mas migram a grandes profundidades.

Verifica-se que a percentagem de AF na fração húmica decresceu com a profundidade, passando de 20% nos horizontes superficiais para aproximadamente 8% no BW2 (Figura 6). O teor de AH também decresceu em profundidade; além disso, a partir do horizonte BW1, essa fração não foi mais detectada no solo. Volkoff & Andrade (1976) também constataram, em latossolos do Estado da Bahia, que os AH se



**Figura 6. Distribuição das frações húmicas no perfil de latossolo amarelo (médias das coberturas vegetais).**

encontram sobretudo nas camadas mais superficiais, sendo quase inexistentes em profundidade; os autores acreditam que essa fração se despolimeriza muito rapidamente em profundidade. Por outro lado, Nascimento et al. (1991) verificaram, em latossolo vermelho-escuro distrófico, fase cerrado, que a variação do teor de AH com a profundidade não era bem definida, atribuindo o fato ao caráter bastante mutável desse componente húmico.

Houve decréscimo do teor de HU em profundidade (Figura 6), podendo essa variação estar associada à diminuição das proporções de humina herdada, pois esta, segundo Flexor, (apud Volkoff et al., 1978), desaparece totalmente nos horizontes mais profundos, enquanto as outras frações das HU, humina de precipitação e humina residual, são muito estáveis.

Observa-se, na figura 6, que, no horizonte superficial, o carbono humificado mais de 50%, está, na forma de HU, enquanto nos horizontes BW1 e BW2, é de cerca de 44%.

## CONCLUSÕES

1. O cultivo e a natureza da cultura implantada alteraram a quantidade e a qualidade da matéria orgânica do solo.

2. Nos solos cultivados, houve redução do estoque total de carbono, à exceção daquele cultivado com citros. Houve maior redução nos solos com banana e manga.

3. O teor de matéria orgânica na fração de maior tamanho (0,2-2 mm) diminuiu com o cultivo do solo e com o aumento da profundidade. No horizonte superficial, os solos cultivados com banana e mandioca não diferiram daquele sob mata. As frações de menor diâmetro (0-0,05 mm) continham a maior parte da

matéria orgânica do solo, formada predominantemente por huminas (HU); a gleba cultivada com manga apresentou os teores mais baixos de HU; as demais não diferiram da gleba sob mata.

4. O cultivo do solo reduziu os teores de ácidos fúlvicos livres (AFL), principalmente nas glebas com banana, citros e manga, mas não alterou os de ácidos fúlvicos.

5. A fração ácidos húmicos foi a menos expressiva, tendo o seu teor diminuído no solo cultivado com citros.

6. Os teores de todas as frações húmicas decresceram em profundidade, resultando em aumento dos valores percentuais de AFL.

## LITERATURA CITADA

- BORGES, A.L. Alteração das propriedades de um latossolo amarelo de Cruz das Almas, Bahia, pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'/USP, 1993. 161p. (Tese de Doutoramento)
- CERRI, C.C.; EDUARDO, B.P. & PICCOLO, M.C. Métodos de análise em matéria orgânica do solo. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 1990. 78p.
- DABIN, B. Les matières organiques dans les sols tropicaux normallement drainés. Cahiers Orstom, Paris, 18(3/4):197-215, 1980. (Sér. Pédologie)
- DORMAAR, J.F. Organic matter characteristics of undisturbed and cultivated chernozemic and solonetzic A horizons. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 59(4):349-356, 1979.
- DUCHAUFOUR, P. Humification et ecologie. Cahiers Orstom, Paris, 7(4):379-390, 1970. (Sér. Pédologie)
- DUCHAUFOUR, P. Dynamics of organic matter in soils of temperate regions: its action on pedogenesis. Geoderma, Amsterdam, 15:31-40, 1976.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. Relatório técnico anual-1980. Cruz das Almas, 1981. 209p.
- FELBECK JUNIOR, G.T. Structural chemistry of soil humic substances. Adv. Agron., New York, 17:327-368, 1965.
- GODEFROY, J. & JACQUIN, F. Influence de la végétation sur l'humification en sol ferrallitique. Cahiers Orstom, Paris, 23(3/4):279-298, 1975a. (Sér. Pédologie)
- GODEFROY, J. & JACQUIN, F. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales; comparaison avec les sols forestiers. Fruits, Paris, 30(10):595-612, 1975b.
- KONONOVA, M.M. Soil organic matter, its nature, its role in soil formation and in soil fertility. 2.ed. New York, Pergamon Press, 1966. 544p.
- MARTINS, P.F.S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. & ANDREUX, F. Consequências do cultivo e do pousio sobre a matéria orgânica do solo sob floresta natural na Amazônia Oriental. Acta Amaz., Manaus, 20:19-28, 1990.
- NASCIMENTO, E.J. do; MOURA FILHO, W.; COSTA, L.M. da; CRUZ, J.C. & REGAZZI, A. J. Dinâmica da matéria orgânica em um latossolo vermelho-escuro distrófico, fase cerrado, submetido a diferentes sistemas de manejo. R. Ceres, Viçosa, 38(220):513-521, 1991.
- STEVENSON, J.F. Humus chemistry, genesis, composition, reaction. New York, John Wiley, 1982. 443p.
- VOLKOFF, B. & ANDRADE, M.J. de. Caracterização da matéria orgânica de alguns solos ferrálíticos do Estado da Bahia: aplicação de um método de fracionamento das substâncias húmicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1976. Anais. Campinas, SBCS, 1976. p.119-126.
- VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. L'humus des sols du Brésil. Nature et relations avec l'environnement. Cahiers Orstom, Paris, 24(2):83-95, 1988. (Sér. Pédologie)
- VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. & MELFI, A.J. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campo de altitude dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 8(3):277-283, 1984.
- VOLKOFF, B.; FLEXOR, J.M.; ISABEL, L.S. & ISABEL, M.S. Natureza do húmus nos latossolos distróficos da Bahia. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 2(1):59-63, 1978.