

SEÇÃO IX - POLUIÇÃO DO SOLO E QUALIDADE AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DE FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO PARA CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS⁽¹⁾

**G. P. DUDA⁽²⁾, E. F. C. CAMPELLO⁽³⁾, E. S. MENDONÇA⁽⁴⁾,
J. L. LOURES⁽⁵⁾ & M. DOMINGOS⁽⁵⁾**

RESUMO

A quantificação e o fracionamento da matéria orgânica do solo em carbono solúvel, carbono solúvel em solução salina e matéria orgânica leve podem ser usados como ferramentas para caracterizar a recuperação de áreas degradadas. Para este fim, coletaram-se amostras de solos em talude, submetidos à recuperação em novembro de 1994 com vários tipos de cobertura vegetal, no município de Viçosa. Os tratamentos corresponderam a: solo sem vegetação, solo em recuperação com predomínio de leguminosas, solo revegetado com maior presença de gramíneas, solo sob pastagem natural e solo sob floresta. Os resultados mostraram que o fracionamento do carbono orgânico do solo em carbono solúvel em solução salina, matéria orgânica leve e carbono solúvel em água auxilia na caracterização de áreas degradadas. O carbono solúvel em solução salina foi o procedimento mais sensível para caracterizar áreas degradadas a partir de diferentes coberturas vegetais.

Termos de indexação: carbono solúvel em solução salina, carbono solúvel em água, matéria orgânica leve, recuperação de solo, leguminosas, gramíneas.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em abril de 1996 e aprovado em novembro de 1998.

⁽²⁾ Estudante de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa - UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG).

⁽³⁾ Estudante de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, UFV e Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia. CEP 23851-970 Seropédica (RJ). E-mail: campello@cnps.embrapa.br.

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos, UFV. E-mail: esm@mail.ufv.br.

⁽⁵⁾ Estudante de Pós-Graduação em Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, UFV.

SUMMARY: *EVALUATION OF SOIL ORGANIC MATTER FRACTIONS FOR CHARACTERIZATION OF DEGRADED AREAS*

The characterization and quantification of soil organic matter as water soluble carbon, labile carbon and light organic matter may be used to characterize the rehabilitation of degraded areas. Soil samples were thus collected on a hillside cut submitted to reclamation, presenting different types of vegetal covering during November 1994, in the district of Viçosa. The treatments consisted of areas of soils without vegetation, recovering areas with mainly legumes, recovering areas with mainly grass, soils under grass and soils under natural forest. The results have shown that the fractionation of organic carbon in soluble carbon in saline solution, water soluble carbon, light organic matter help to characterize the degraded areas. The soluble carbon in saline solution seems to be the best method to characterize the degraded areas from different vegetal covers.

Index terms: soluble carbon in saline solution, water soluble carbon, light organic matter, soil reclamation, legumes, grasses.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o surgimento de áreas degradadas é crescente. Essa degradação do ambiente é basicamente oriunda de atividades antrópicas, como construção de estradas, barragens, atividades de mineração, além de áreas agrícolas mal manejadas. O ponto em comum dessas áreas é a remoção do horizonte superficial do solo juntamente com a matéria orgânica, causando sérios problemas físicos, químicos e biológicos no solo.

A importância da matéria orgânica é tão grande ao ponto de empresas de mineração necessitarem separar as camadas superficiais das áreas exploradas, para posterior retorno, como forma de viabilizar a recuperação do ambiente (Barth, 1989). Outras técnicas podem ser utilizadas para recuperação de áreas degradadas, como o uso de sacos de anagem e plantio de leguminosas pioneiras fixadoras de nitrogênio atmosférico (Griffith et al., 1994). A primeira técnica é muito importante para taludes íngremes, por evitar o carreamento das sementes pela chuva (Silva, 1993). Segundo Montagnini & Sancho (1990) e Franco et al. (1992), o plantio de leguminosas pioneiras é uma técnica viável não só pela associação simbiótica que estas formam com o rizóbio e micorrizas, mas também pela elevada deposição de resíduos orgânicos e sementes de baixa relação C/N e intensa ciclagem de raízes e nódulos.

Apesar de toda relevância dada à matéria orgânica do solo (MOS), a maioria dos trabalhos não tem caracterizado esse componente de maneira a enfatizar sua dinâmica e compartimentalização. Embora seja difícil generalizar os efeitos isoladamente de características relativas à atividade biológica e frações de carbono orgânico, sabe-se que estes podem ser indicativos de qualidade do solo (Saginga et al., 1992).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar formas de carbono orgânico em solos sob diferentes coberturas vegetais e avaliar seu potencial para indicar a recuperação de áreas degradadas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada pertence ao campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), município de Viçosa (MG), sendo o solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo. Amostras de solo foram coletadas no horizonte B a uma profundidade de 0-10 cm, em curva de nível, numa área degradada situada em um talude com o horizonte B exposto submetido à revegetação em novembro de 1994, em outra área contígua colonizada por pastagem natural de capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) e em vertente com o mesmo tipo de solo sob floresta secundária. A floresta consiste de uma cobertura original primária que sofreu intervenção antrópica, apresentando regeneração natural de diversas espécies e se encontrando num estágio secundário de desenvolvimento. A pastagem natural e a floresta secundária foram chamadas de cobertura natural, uma vez que a colonização de plantas deu-se pela sucessão vegetal. Os tratamentos correspondem a solo degradado sem vegetação (A), solo degradado revegetado, há seis meses, com predomínio das leguminosas *Cajanus cajan*, *Mucuna pruriens*, *Dolichos lablab* e *Crotalaria juncea* (B) e com predomínio de gramínea *Brachiaria* sp (C), solo sob pastagem natural (D) e solo sob floresta (E).

Foram retiradas três amostras compostas formadas cada uma por quatro subamostras, as quais foram homogeneizadas e desta mistura foi retirada

uma amostra correspondendo a uma repetição. As amostras coletadas foram postas para secar ao ar, passadas em peneira de 2 mm de malha e submetidas à análise de carbono orgânico total (CTOT), pH em água na relação solo:água de 1:2,5 e P disponível por Mehlich-1 (Defelipo & Ribeiro, 1981).

Determinou-se o carbono solúvel em solução salina (CSS), utilizando-se como extrator NaHSO₄ 0,05 mol L⁻¹ (Medeiros & Mendonça, 1994), na relação solo:extrator 1:2, carbono solúvel em água (CSAG), na relação solo:água 1:2 (Mendonça, 1992). Tanto o CSS como o CSAG foram quantificados pelo método colorimétrico preconizado por Bartlett & Ross (1988).

Analysaram-se a matéria orgânica leve (MOL) (Anderson & Ingram, 1989), a densidade do solo (Ds) pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1979). Também foi determinado o carbono mineralizável (CMIN). Tal informação foi obtida a partir do gráfico de evolução de CO₂ (Figura 1). Para esse fim, foi montado um experimento em blocos ao acaso com três repetições, utilizando-se 300 g de solo sob condições de capacidade de campo. A solução para captação do CO₂ evoluído foi constituída de 10 mL de NaOH 0,5 mol L⁻¹ sendo titulado, após o tempo de incubação, com HCl 0,1 mol L⁻¹. O CMIN foi obtido da soma de todo o CO₂ evoluído entre 12 e 72 h de incubação.

Determinou-se a taxa de carbono mineralizável (KMIN, em mg g⁻¹), relacionando o carbono mineralizável (CMIN, em mg kg⁻¹) com o carbono orgânico total (CTOT, em g kg⁻¹), pela seguinte expressão:

$$KMIN = CMIN/CTOT$$

A partir dos dados de evolução de CO₂ (Figura 1),

obtiveram-se equações de regressão simples, para cada tratamento, relacionando a evolução de CO₂ com o tempo de incubação (12 a 96 h). As equações foram escolhidas, utilizando-se como critérios a significância dos parâmetros da equação obtida e o coeficiente de determinação ajustado (R²) de maior valor. Para o ajuste dessas equações, foi utilizado o programa estatístico SAEG desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Uma vez obtida a equação, determinou-se o ponto máximo (δCO₂/δt = 0), responsável pela máxima evolução de CO₂ (tMÁX). Para verificar o tratamento que apresentou maior atividade biológica, obteve-se a velocidade de ponto máximo (V, em mg kg⁻¹ h⁻¹ CO₂) de evolução de CO₂, relacionando-se CO₂MAX com o tempo correspondente (t) por meio da expressão:

$$V = CO_2MAX/tMÁX$$

As análises estatísticas empregadas foram as seguintes: análise de variância (ANOVA), teste Tukey para comparação de médias, correlação simples e análise de regressão (Draper & Smith, 1981), testando a significância até 10%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os tratamentos avaliados, os que apresentaram maiores velocidades de evolução de CO₂ foram os solos sob floresta (E) e sob pastagem natural (D) (Quadro 1). Os demais tratamentos apresentaram velocidade de evolução de CO₂ na seguinte ordem:

$$B > A > C$$

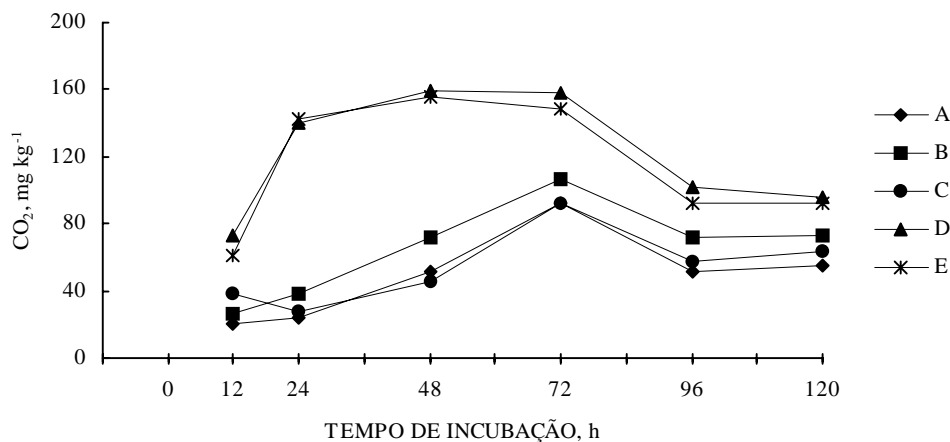


Figura 1. Evolução do solo nos diferentes tratamentos (A = solo sem vegetação; B = solo revegetado com leguminosas; C = solo revegetado com gramínea; D = solo sob pastagem natural e E = solo sob floresta), em função do tempo de incubação.

Tais resultados evidenciam a maior rapidez das leguminosas em recuperar a atividade biológica do solo degradado em relação à revegetação com predomínio de gramíneas.

O carbono mineralizável, conforme esperado, foi maior nos tratamentos com pastagem (D) e floresta (E) (Quadro 2). O carbono total foi maior no tratamento de solo sob floresta (E), seguido por solo sob pastagem (D). O tratamento de revegetação com leguminosas (B) diferiu do solo do tratamento sem vegetação (A), enquanto a revegetação com gramíneas não apresentou diferença seis meses após a revegetação. A matéria orgânica leve do solo revegetado com leguminosas (B) foi semelhante à encontrada nos tratamentos solo sob pastagem natural (D) e sob floresta (E). Esse resultado explica o porquê do aumento no teor de CTOT em apenas seis meses de experimento no solo sob vegetação com leguminosas. O carbono solúvel em água foi maior

na área coberta com pastagem (D), mostrando a importância da qualidade do resíduo orgânico no fracionamento do carbono orgânico do solo. O carbono solúvel em solução salina foi menor na pastagem e, em seguida, no solo sem vegetação (Quadro 2).

A área degradada em relação às coberturas naturais apresentou menores valores de CMIN, CTOT e MOL e maiores teores de CSS, em relação à pastagem. Considerando os demais tratamentos, o CSS das áreas ocupadas com leguminosas, gramíneas e floresta secundária foi maior (Quadro 2).

A floresta apresentou maiores teores de CTOT e CSS e menores teores de CSAG, quando comparada com a pastagem natural (Quadro 2). Tais resultados evidenciam que a floresta apresenta frações de carbono mais resistentes à decomposição que a pastagem, como observado por Constantinides & Fownes (1994).

Quadro 1. Equações de regressão para a evolução de CO₂ (\hat{Y} , em mg kg⁻¹) de acordo com o tempo de incubação de 12 a 96 h (t, em h) e valor estimado da velocidade máxima de evolução de CO₂ (V) em função dos tratamentos

Tratamento ⁽¹⁾	Equação	R ²	V (mg kg ⁻¹ h ⁻¹ CO ₂)
A	$\hat{Y} = 49,61 - 3,55*t + 0,12*t^2 - 0,0008*t^3$	0,98	1,02
B	$\hat{Y} = 37,59 - 1,68*t + 0,081*t^2 - 0,0006*t^3$	0,99	1,48
C	$\hat{Y} = 90,54 - 5,89*t + 0,15*t^2 - 0,0009*t^3$	0,98	0,82
D	$\hat{Y} = -204,81 + 107,31*\sqrt{t} - 7,72*t$	0,97	3,48
E	$\hat{Y} = -241,85 + 118,53*\sqrt{t} - 8,62*t$	0,96	3,50

⁽¹⁾ A = solo sem vegetação; B = solo revegetado com leguminosas; C = solo revegetado com gramínea; D = solo sob pastagem natural e E = solo sob floresta. * significativo a 1%.

Quadro 2. Teores de carbono mineralizável (CMIN), taxa de carbono mineralizável (KMIN), fósforo disponível (P), carbono orgânico total (CTOT), matéria orgânica leve (MOL), carbono solúvel em água (CSAG) e carbono solúvel em solução salina (CSS), em função dos tratamentos

Tratamento ⁽¹⁾	CMIN	KMIN	P	CTOT	MOL	CSAG	CSS
	mg kg ⁻¹	mg g ⁻¹	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹		mmol _c kg ⁻¹	
A	188,3 b	162,28 a	0,7 c	1,3 d	1,0 b	6,1 b	18,0 b
B	243,3 b	47,97 b	2,4 ab	5,1 c	2,8 ab	6,4 b	23,8 a
C	203,5 b	86,99 ab	2,7 a	2,6 cd	1,1 b	7,2 b	23,3 a
D	530,2 a	25,38 b	1,1 bc	20,9 b	3,7 a	17,9 a	12,3 c
E	506,6 a	10,67 b	2,1 ab	47,7 a	4,2 a	8,0 b	22,1 a
C.V. (%)	9,22	64,84	27,15	7,82	28,3	11,18	5,12

⁽¹⁾ A = solo sem vegetação; B = solo revegetado com leguminosas; C = solo revegetado com gramínea; D = solo sob pastagem natural e E = solo sob floresta. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey.

Apesar do curto período de avaliação após a aplicação dos tratamentos de revegetação (seis meses), foi possível observar que as leguminosas foram superiores às gramíneas por aproximarem-se mais da cobertura original no caso da matéria orgânica leve ou diferir do solo sem vegetação como observado para o carbono orgânico total. Esse resultado confirma as observações feitas por Montagnini & Sancho (1990) e Franco et al. (1992) sobre as vantagens apregoadas às leguminosas em relação às gramíneas na recuperação de áreas degradadas. As variáveis estudadas foram, em sua maioria, úteis para caracterizar o estágio de degradação, tendo em vista que as coberturas naturais (solo sob floresta e pastagem natural) destacaram-se em relação aos demais tratamentos.

O carbono solúvel em água apresentou alto coeficiente de correlação com o CMIN (Quadro 3). Essa condição deve-se ao fato de o CMIN e o CSAG serem controlados pela atividade biológica. Também foi observada uma relação inversa entre o CSAG e o CSS ($r = -0,84^*$), confirmando os resultados obtidos por Mendonça (1992). Este resultado é esperado tendo em vista que o CSAG não está sujeito apenas à adsorção aos sítios de troca do solo, mas também a perdas por lixiviação e utilização dessa fração pelos microrganismos do solo como fonte de energia. Os teores relativamente altos de carbono solúvel em solução salina no solo revegetado, com predomínio de leguminosas e gramíneas, indicam que, após seis meses de plantio, os tratamentos de revegetação, por meio da formação de serrapilheira, começam a disponibilizar essas formas de carbono, as quais passam a ser as formas mais dinâmicas no solo.

A obtenção da variável KMIN pode ser bastante útil para classificação de áreas degradadas, haja vista que ela pode indicar como está a dinâmica de matéria orgânica de determinada área. Considerando esses argumentos, obteve-se a taxa de carbono mineralizável (KMIN), relacionando-se o CMIN com o CTOT. Decorrente do baixo teor de CTOT, o solo sem vegetação apresentou o maior valor de KMIN,

seguido pelo solo revegetado com gramínea. Relação inversa foi obtida entre KMIN e CTOT (Quadro 3).

Importante correlação foi obtida entre o CSS e o P disponível (Quadro 3). O CSS, conceitualmente, refere-se a moléculas de carbono que ocupam os sítios de troca e a solução do solo. Dessa maneira, a relação positiva entre CSS e P disponível mostra que o incremento dessa fração de carbono orgânico do solo promove aumento da disponibilidade de P no solo. Isto pode indicar que ânions orgânicos, especificamente os que compõem o CSS, podem competir com o P pelos sítios de adsorção do solo, (Stevenson, 1982, Oades et al., 1989; Tan, 1993), aumentando a disponibilidade de P para as plantas.

Cabe ressaltar que as análises do fracionamento da matéria orgânica do solo em áreas degradadas permitem melhor compreensão do processo evolutivo de recuperação das áreas. Neste trabalho, a tradicional análise do CTOT permitiu visualizar quantitativamente os aportes orgânicos, indicando aumento nos valores no solo revegetado em relação ao descoberto. Contudo, quando se passa a analisar a compartimentalização dessa matéria orgânica, observa-se que, em pastagens, esse carbono migra principalmente para a solução do solo, tornando-se suscetível às perdas por lixiviação.

O trabalho sugere que o estudo da compartimentalização do carbono permite melhor visão do processo de recuperação de áreas degradadas, auxiliando na escolha de espécies mais adequadas para cada situação.

CONCLUSÕES

1. O carbono mineralizável, total, solúvel em água e matéria orgânica leve foram úteis para caracterizar as diferentes áreas estudadas. Porém, o período de seis meses foi insuficiente para indicar recuperação de áreas.

Quadro 3. Matriz de correlação linear simples entre as principais variáveis utilizadas para a obtenção dos modelos

Variável	CMIN	CSAG	CSS	MOL	KMIN	P
CTOT	0,85°	0,27	-0,07	0,85°	-0,72°	0,05
CMIN		0,73°	-0,50	0,91°	-0,79°	-0,17
CSAG			-0,84°	0,52	-0,48	-0,38
CSS				-0,22	-0,02	0,81°
MOL					-0,91°	-0,03
KMIN						-0,40

CTOT - carbono total; CMIN - carbono mineralizável; CSAG - carbono solúvel em água; CSS - carbono solúvel em solução salina; MOL - matéria orgânica leve; KMIN - taxa de decomposição. ° significativo a 10%.

2. O fracionamento do carbono orgânico do solo em carbono solúvel em solução salina foi o procedimento mais sensível para caracterizar áreas degradadas a partir de diferentes coberturas vegetais.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, J.M. & INGRAM, J.S.I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. S. l.: C A B International, Unesco, UK, 1989, 171p.
- BARTH, R.C. Recuperação de áreas degradadas no Brasil. Viçosa. SIF/UFV, 1989. 41p. (Boletim técnico)
- BARTLETT, R.J. & ROSS, D.S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:1191-1192, 1988.
- CONSTANTINIDES, M. & FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biol. Biochem.*, 26:49-55, 1994.
- DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. Análise química do solo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1981. 17p. (Boletim de extensão 29)
- DRAPER, N.R. & SMITH, H. Applied regression analysis. New York, John Wiley, 1981. 709p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.
- FRANCO, A.A., CAMPELLO, E.F.; SILVA, E.M.R. & FARIA, S.M. Revegetação de solos degradados. Seropédica, EMBRAPA-CNPAB, 1992. (Comunicado técnico, 9)
- GRIFFITH, J.J.; DIAS, L.E. & JUCKSCH, I. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1. SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2. Foz do Iguaçu, 1994. Anais. Foz do Iguaçu, 1994. p.31-43.
- MEDEIROS, M.L. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica lábil e sua relação com elementos trocáveis de solos com diferentes mineralogia, textura e teor de matéria orgânica. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 24p. (Relatório, PIBIC/CNPq)
- MENDONÇA, E.S. The effect of the organic and mineral fractions on the acidity and charge of soils from the cerrado region, Brazil. Reading, University of Reading, 1992. 230p. (Tese de Doutorado)
- MONTAGNINI, F. & SANCHO, F. Impacts of native trees on tropical soils: a study in the atlantic lowlands of Costa Rica, Central America. *Ambio*, 19:386-390, 1990.
- OADES, J.M.; GILLMAN, G.P. & UEHARA, G. Interaction of soil organic matter and variable - charge clays. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G., eds. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, University of Hawaii Press, 1989. p. 69-95.
- SAGINGA, N.; MULONGOY, K. & SWIFT, M.J. Contribution of soil organisms to the sustainability and productivity of cropping systems in the tropics. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 41:135-152, 1992.
- SILVA, A.L.O. Uso de sacos de anagem para revegetação de taludes na Ferteco Mineração S.A. Viçosa, SIF/UFV, 1993. 8p. (Informativo SIF, 1)
- STEVENSON, F.J. Humus chemistry. New York, John Wiley, Sons, 1982. 443p.
- TAN, K.H. Principles of soil chemistry. 2 ed. New York, Marcel Dekker, 1993. 362p.