

Substâncias húmicas em Latossolo subtropical de altitude sob usos e manejos distintos

Humic substances in highland subtropical Oxisol under different use and managements

Cristiano Albino Tomasi^I Alberto Vasconcellos Inda^{*I} Deborah Pinheiro Dick^{II}

- NOTA -

RESUMO

A interferência antrópica no solo tem modificado a formação original nos Campos de Cima da Serra. O estudo objetivou avaliar a distribuição das substâncias húmicas em um Latossolo sob campo nativo (CN), campo nativo queimado (CNq), mata nativa (MN), florestamento de pinus (FP) e lavoura (LA). Os teores de C orgânico total (COT) e de C em compartimentos químicos da matéria orgânica do solo (MOS) foram determinados. Os usos e manejos adotados no solo afetaram os teores de COT e do C nos compartimentos da MOS. Com relação ao ambiente CN, a MN aumentou o teor de COT, o qual se manteve equivalente no manejo com queima e foi reduzido pelos usos do solo com LA e FP. As alterações de uso e manejo do solo tenderam a reduzir o C nas frações húmicas e modificaram a distribuição das frações ácidos húmicos e fúlvicos.

Palavras-chave: matéria orgânica, queimada, pinus.

ABSTRACT

The anthropic interference have changed the original soil condition in Campos de Cima da Serra region, Brazil. This study aimed to evaluate the distribution of humic substances in an Oxisol under native pasture (CN), native burned pasture (CNq), native forest (MN), pine afforestation (FP) and annual crops (LA). The levels of total organic carbon (TOC) and C compartments of chemical soil organic matter (SOM) were determined. The use and management adopted affected the levels of TOC and C in the chemical compartments of the SOM. In comparison to CN, the MN increased the amounts of TOC, which remained unchanged in the CNq and was reduced by land uses with LA and FP. Changes in land use and management tended to reduce the C in humic fractions and modified the humic and fulvic acids distribution.

Key words: organic matter, vegetation burning, pinus.

A região dos Campos de Cima da Serra (CCS) no Rio Grande do Sul caracteriza-se por uma cobertura vegetal herbácea entremeada por matas nativas de araucárias (OVERBECK et al., 2007). Historicamente, o uso da terra com pastagem tem sido a principal atividade econômica nessa região, associado ao regime de queima do pasto no final do inverno para facilitar o rebrote (HERINGER et al., 2002; HERINGER & JACQUES, 2002). A expansão agropecuária tem modificado intensamente a condição original dos CCS (OVERBECK et al., 2007), com destaque para a conversão de áreas originalmente de campos, usadas com pastagem, em lavouras de culturas anuais e em florestas com espécies exóticas.

Tais mudanças no uso do solo alteram quantitativa e qualitativamente a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) (DICK et al., 2008; MAFRA et al., 2008; WIESMEIER et al., 2009; DICK et al., 2011). Nos solos altamente intemperizados dos CCS (STRECK et al., 2008), vários estudos mostram alterações importantes nos atributos químicos após mudanças no uso ou manejo desses solos, as quais são expressivamente condicionadas pelas alterações na dinâmica da MOS (MAFRA et al. 2008; DICK et al., 2008; DICK et al., 2011). Considerando a diversidade de classes de solo na região dos CCS e a demanda em compreender o comportamento desses solos frente a novos usos e manejos, este estudo objetivou investigar os impactos de diferentes usos e manejos do solo nos

^IDepartamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: alberto.inda@ufrgs.br. *Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Físico-Química, Instituto de Química, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

teores de C orgânico total e na distribuição de C nos compartimentos químicos da MOS.

O estudo foi realizado no município de André da Rocha, RS, Brasil (28°38'S, 51°34'O). O clima é temperado úmido (Cfb) e a vegetação natural uma transição entre campo e mata, com predominância de gramíneas cespitosas. O solo classificado como Latossolo Vermelho (STRECK et al., 2008) foi avaliado sob: mata nativa (MN); campo nativo (CN); campo nativo com queima anual há mais de 100 anos (CNq); lavoura há 40 anos em sistema de plantio convencional (LA); e florestamento com *Pinus elliottii* (Engelm) há 18 anos (FP). Amostras de solo, em triplicata, foram coletadas nas camadas de 0,00-0,025, 0,025-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30m. Na fração TFSA ($\phi < 2\text{mm}$) o COT foi determinado por combustão seca. O fracionamento químico da MOS seguiu metodologia proposta por DICK et al. (1998). Em tubo de 50mL adicionou-se 1,0g de TFSA e 20mL de HCl 0,1mol L⁻¹ e agitou-se por 2 horas. Após centrifugação (1529g, 15min.), o extrato ácido foi separado e o procedimento repetido duas vezes, determinando-se ao final o volume total das três extrações. Nas amostras remanescentes, efetuaram-se extrações com 30mL de NaOH 0,5mol L⁻¹ sob agitação (3 horas) até o sobrenadante ficar incolor (4 a 7 extrações). O extrato alcalino contendo as substâncias húmicas solúveis (SHs) teve seu volume medido e uma alíquota (10mL) foi retida para análise de C. O restante do extrato alcalino foi acidificado a pH 2,0 com HCl 4mol L⁻¹, deixado em repouso por 24 horas e, após, centrifugado para separação dos ácidos fúlvicos (AF - sobrenadante) e ácidos húmicos (AH - precipitado). O volume do extrato de AF foi medido e uma alíquota de 10mL foi retirada para análise de C. Foram determinados os teores de C nos extratos ácido (C_{HCl}), alcalino contendo substâncias húmicas (C_{SH}) e de ácidos fúlvicos (C_{AF}) por espectrofotometria após combustão úmida. O teor de C referente aos ácidos húmicos (C_{AH}) e huminas (C_{HU}) foram calculados, respectivamente, pelas equações: $C_{AH} = C_{SH} - C_{AF}$ e $C_{HU} = COT - C_{HCl} - C_{SH}$. O coeficiente de variação e a comparação de médias, pelo teste de Tukey ao nível de 5%, foram obtidos com o auxílio do programa estatístico SAS for Windows 9.0.

O CN foi considerado o ambiente original, pois a expansão das florestas sobre os campos é um processo relativamente recente (1.100 anos) (OVERBECK et al., 2007). O teor de COT e a distribuição de C nos compartimentos húmicos da MOS diferiram quanto aos usos e manejos adotados no solo, mesmo considerando os altos coeficientes de variação (Tabela

1). No CN e no CNq, o teor de COT foi elevado em superfície e decresceu gradualmente em profundidade, resultado principalmente do aporte de resíduos das raízes da pastagem e da lenta degradação determinada pelo clima nos CCS (OVERBECK et al., 2007). Na MN, o teor de COT foi superior ao observado no CN até 0,05m, devido à associação de plantas rasteiras e arbóreas nesse ambiente, as quais determinam um maior aporte de resíduos vegetais. Sob LA e FP, os teores de COT foram inferiores aos observados no CN em todas as profundidades. Na LA, a redução de COT se deve à condição mais oxidativa promovida pelo revolvimento superficial do solo no SPC, o qual favorece ainda perdas por erosão. No FP, a depleção de COT tem relação com a baixa taxa de decomposição das acículas do pinus em função do alto teor de lignina e de compostos fenólicos de sua estrutura (WIESMEIER et al., 2009).

Os teores de C_{HCl} não diferiram entre os ambientes até a profundidade de 0,20m, com variações entre 2,8 e 8,5g kg⁻¹, e apenas sob CNq na camada 0,20-0,30m o C_{HCl} foi mais elevado do que em CN. Essa fração orgânica, composta principalmente por compostos bioquimicamente lábeis e de origem microbiana e exsudação radicular (SANTANA et al., 2011), aumentou sua proporção (C_{HCl}/COT) gradualmente em profundidade em todos os ambientes, sugerindo um processo de migração (Tabela 2). Entre os ambientes, a relação C_{HCl}/COT aumentou na camada 0,0-0,05m dos ambientes afetados pela ação antrópica (FP, LA e CNq).

Os teores de C nas frações de substâncias húmicas solúveis da MOS (C_{SH}) foram maiores no ambiente CN e diminuíram em profundidade (33 a 21g kg⁻¹). O aumento da relação C_{SH}/COT até 0,30m (Tabela 2) indica, no entanto, que, apesar da diminuição de COT, ocorre um enriquecimento relativo das substâncias húmicas até essa profundidade. Com exceção de MN, o mesmo comportamento foi observado nos demais ambientes, sugerindo o aumento do grau de humificação da matéria orgânica (PLAZA & SENESI, 2009). Entre os usos antrópicos analisados, apenas o CNq apresentou C_{SH}/COT inferior aos valores sob CN até 0,05m, mostrando que o regime de queima favoreceu o acúmulo da MOS na forma de humina nessa profundidade (Tabela 2). Esse resultado pode ser resultante da concentração do carbono pirogênico formado durante a queima da vegetação nessa fração (SWIFT, 2001).

Com exceção da LA, a influencia antrópica diminuiu os teores de C_{AH} em todas as profundidades em relação ao CN, enquanto C_{AF} aumentou no CNq. As proporções das substâncias húmicas indicam que o uso LA enriquece a MOS em C_{AH} até 0,025m, enquanto

Tabela 1 - Carbono orgânico total (COT) e frações húmicas da matéria orgânica do solo em diferentes camadas de solo sob campo nativo (CN), campo nativo queimado (CNq), lavoura (LA), florestamento de pinus (FP) e mata nativa (MN), em Latossolo Vermelho.

Uso/manejo	Profundidade (m)				
	0,00-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
-----COT (g kg ⁻¹)-----					
CN	56,4 b	40,7 b	31,7 a	28,1 a	25,3 a
CNq	55,5 b	40,5 b	33,3 a	27,3 a	22,4 ab
LA	28,7 b	24,6 c	22,4 b	20,4 b	18,1 b
FP	31,9 b	22,2 c	21,3 b	21,5 b	18,9 b
MN	106,4 a	58,1 a	35,2 a	26,6 a	20,8 ab
CV%	22,7	10,0	6,3	7,0	8,7
-----C _{HCl} (g kg ⁻¹)-----					
CN	2,8 a	2,9 a	2,9 a	2,9 a	3,0 b
CNq	5,7 a	7,0 a	7,2 a	8,5 a	7,6 a
LA	3,0 a	3,1 a	3,1 a	3,3 a	3,4 b
FP	4,3 a	4,4 a	4,1 a	4,1 a	4,1 b
MN	3,4 a	3,4 a	3,3 a	3,6 a	3,7 b
CV%	34,9	42,7	41,3	46,6	24,0
-----C _{SH} (g kg ⁻¹)-----					
CN	33,0 a	28,0 a	24,9 a	22,5 a	21,0 a
CNq	18,6 a	16,2 b	15,0 bc	15,3 a	13,9 a
LA	21,1 a	17,3 b	18,0 ab	17,0 a	15,0 a
FP	17,3 a	15,9 b	15,8 abc	16,2 a	15,5 a
MN	26,7 a	14,0 b	6,8 c	6,2 b	4,6 b
CV%	29,5	20,3	22,2	19,2	22,3
-----C _{AH} (g kg ⁻¹)-----					
CN	26,7 a	22,2 a	19,9 a	17,3 a	16,1 a
CNq	2,2 c	22,3 c	1,7 b	2,3 c	2,3 d
LA	18,3 ab	14,9 ab	15,9 a	14,7 a	12,6 a
FP	9,1 bc	7,9 bc	7,8 b	8,6 b	7,3 b
MN	7,6 bc	4,3 c	4,9 b	5,0 bc	2,8 b
CV%	38,7	27,5	26,2	19,4	23,6
-----C _{AF} (g kg ⁻¹)-----					
CN	6,3 b	5,8 bc	5,0 bc	5,2 b	5,0 bc
CNq	16,4 a	14,9 a	14,8 a	13,3 a	16,7 a
LA	2,8 b	2,4 c	2,2 c	2,2 b	2,4 c
FP	8,2 b	8,0 b	8,0 b	7,6 b	8,1 b
MN	19,1 a	9,7 b	6,2 bc	6,0 b	4,2 bc
CV%	23,3	17,9	21,2	29,2	27,5
-----C _{HU} (g kg ⁻¹)-----					
CN	19,7 bc	9,8 bc	3,9 b	2,6 b	1,2 b
CNq	31,2 b	17,3 b	11,1 b	5,8 b	2,6 b
LA	4,7 c	4,2 c	1,3 b	0,6 b	0,0 b
FP	10,2 c	1,9 c	1,7 b	1,2 b	0,5 b
MN	76,3 a	40,7 a	25,0 a	16,8 a	12,5 a
CV%	22,2	32,6	52,3	75,7	77,3

Valores seguidos por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C_{HCl}- C no extrato ácido, C_{SH}- C nas substâncias húmicas, C_{AH}- C nos ácidos húmicos, C_{AF}- C nos ácidos fúlvicos, C_{HU}- C nas huminas.

a queima promove o enriquecimento de C_{AF} à custa da depleção de C_{AH}. Considerando-se que o AF é constituído por estruturas mais ricas em grupos carboxílicos do que o AH (DICK et al., 2009), esses

resultados indicam que a queima da vegetação promoveu a produção de substâncias húmicas alcali-solúveis mais oxidadas do que LA. O mesmo efeito, porém menos acentuado, é causado pela introdução

Tabela 2 - Proporções de carbono nos compartimentos químicos da matéria orgânica do solo em relação ao carbono orgânico total (COT) em Latossolo Vermelho sob campo nativo (CN), campo nativo queimado (CNq), lavoura (LA), florestamento de pinus (FP) e mata nativa (MN).

Uso/manejo	Profundidade (m)				
	0,00-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
	-----C _{HCl} /COT (%)-----				
CN	5,0 bc	7,1 b	9,3 ns	10,5 ns	12,0 b
CNq	10,1 ab	17,3 ab	21,7	31,9	34,1 a
LA	10,6 ab	12,4 ab	13,8	15,9	18,8 b
FP	13,6 a	19,9 a	19,1	19,1	22,2 ab
MN	3,1 c	5,9 b	9,5	13,9	17,6 b
CV%	27,1	35,3	36,3	47,4	24,2
	-----C _{SH} /COT (%)-----				
CN	58,9 a	69,6 a	78,6 b	80,0 a	83,2 a
CNq	33,5 bc	39,6 b	44,7 b	56,3 a	62,1 a
LA	73,8 a	70,5 a	80,4 a	83,2 a	83,6 a
FP	54,3 ab	71,5 a	74,2 a	75,5 a	80,3 a
MN	24,0 c	23,9 b	19,6 a	24,1 b	22,3 b
CV%	16,2	15,9	17,3	17,6	19,0
	-----C _{AH} /COT (%)-----				
CN	47,6 b	55,2 a	62,4 a	61,4 a	63,6 ab
CNq	3,7 d	5,8 c	5,1 c	8,9 c	10,2 d
LA	63,9 a	61,0 a	71,1 a	72,2 a	70,5 a
FP	28,4 c	35,5 b	36,5 b	40,1 b	37,6 bc
MN	6,0 d	7,0 c	14,0 c	19,4 c	13,5 dc
CV%	18,9	21,8	21,0	17,6	24,8
	-----C _{AF} /COT (%)-----				
CN	11,3 c	14,5 b	16,1 b	18,6 bc	19,6 b
CNq	29,8 a	36,8 a	44,5 a	48,4 a	61,0 a
LA	9,9 c	9,6 b	9,4 b	10,9 c	13,1 b
FP	26,0 ab	36,0 a	37,7 a	35,4 ab	42,7 a
MN	18,0 bc	16,9 b	17,8 c	23,0 bc	20,4 b
CV%	22,6	16,8	19,4	26,7	24,1
	-----C _{HU} /COT (%)-----				
CN	34,7 bc	23,3 bc	12,2 b	9,3 b	4,9 b
CNq	56,4 ab	43,0 ab	33,6 b	21,1 b	11,5 b
LA	15,9 c	17,0 bc	5,9 b	3,0 b	0,0 b
FP	32,0 c	8,9 c	8,2 b	5,4 b	3,2 b
MN	73,0 a	70,3 a	70,9 a	62,1 a	60,1 a
CV%	20,7	34,9	51,3	66,3	77,24
	-----C _{AH} /C _{AF} -----				
CN	4,3 ab	3,9 ab	4,5 ab	3,7 ab	3,5 ab
CNq	0,1 b	0,2 b	0,1 b	0,2 b	0,2 b
LA	8,4 a	7,9 a	9,3 a	7,6 a	7,1 a
FP	1,1 b	1,0 b	1,0 b	1,1 b	0,9 b
MN	0,3 b	0,4 b	0,9 b	0,9 b	0,6 b
CV%	67,3	71,0	73,7	57,6	92,5

Valores seguidos por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C_{HCl}- C no extrato ácido, C_{SH}- C nas substâncias húmicas, C_{AH}- C nos ácidos húmicos, C_{AF}- C nos ácidos fúlvicos, C_{HU}- C nas huminas.

de pinus no ambiente de pastagem. Esse comportamento é confirmado pela variação da razão C_{AH}/C_{AF} em cada ambiente (Tabela 2).

Por sua vez, a MOS sob MN é mais rica em humina (C_{HU}/COT>60%) em todas as camadas analisadas, devido, provavelmente, à natureza mais

recalcitrante do resíduo vegetal da mata em relação à pastagem. Esses dados comprovam que, após 1.100 anos, a influência da vegetação original na distribuição dos compartimentos húmicos não é mais perceptível.

A ação antrópica estimulou a produção de substâncias orgânicas bioquimicamente lábeis. No entanto, os diferentes usos antrópicos estudados afetaram diferentemente a dinâmica da MOS: enquanto a queima e introdução de *Pinus* estimularam a formação de AF e HU, o uso de LA promove a ocorrência de AH.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de mestrado do primeiro autor (proc. 578100/2008-8), pelas bolsas de produtividade em pesquisa de INDA, A.V. e DICK, D.P., e pelo suporte financeiro (proc. 470718/2009-9). Ao professor PhD. Aino Victor Ávila Jacques por ceder sua propriedade para a realização do estudo e pelas informações sobre o histórico das áreas.

REFERÊNCIAS

- DICK, D.P. et al. Caracterização de substâncias húmicas extraídas de solos e de lodo orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.4, p.603-611, 1998.
- DICK, D.P. et al. Impacto da queima nos atributos químicos e na composição química da matéria orgânica do solo e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.5, p.633-640, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2008000500011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 dez. 2011. doi: 10.1590/S0100-204X2008000500011.
- DICK, D.P. et al. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L.R.F. **Química e mineralogia do solo**. Viçosa: SBCS, 2009. Parte 2, p.1-68.
- DICK, D. P. et al. *Pinus* afforestation in South Brazilian highlands: soil chemical attributes and organic matter composition. **Scientia Agricola**, v.68, n.2, p.175-181, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162011000200007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 dez. 2011. doi: 10.1590/S0103-90162011000200007.
- HERINGER, I. et al. Características de um Latossolo Vermelho sob pastagem natural sujeita à ação prolongada do fogo e de práticas alternativas. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.309-314, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782002000200021&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 dez. 2011. doi: 10.1590/S0103-84782002000200021.
- HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.399-406, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000300022&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 dez. 2011. doi: 10.1590/S0100-204X2002000300022.
- MAFRA, A.L. et al. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p.217-224, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622008000200004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 dez. 2011. doi: 10.1590/S0100-67622008000200004.
- OVERBECK, G.E. et al. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.9, p.101-116, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1433831907000303>>. Acesso em: 02 abr. 2012. doi: 10.1016/j.ppees.2007.07.005.
- PLAZA, C.; SENESI, N. The effect of organic matter amendment on native soil humic substances. In: SENESI, N. et al. **Biophysico-Chemical Processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems**. New Jersey: Wiley, 2009. p.876.
- SANTANA, G.S. et al. Substâncias húmicas e suas interações com Fe e Al em Latossolo subtropical sob diferentes sistemas de manejo de pastagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.461-472, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000200015&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 maio, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200015>.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: Emater/RS-ASCAR, 2008. 222p.
- SWIFT, R. Sequestration of carbon in soil. **Soil Science**, v.166, n.11, p.858-871, 2001. Disponível em: <http://journals.lww.com/soilsci/Abstract/2001/11000/Sequestration_of_Carbon_By_Soil.10.aspx>. Acesso em: 02 abr. 2012.
- WIESMEIER, M. et al. Depletion of soil organic carbon and nitrogen under *Pinus taeda* plantations in Southern Brazilian grasslands (Campos). **European Journal of Soil Science**, v.60, n.3, p.347-359, 2009. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2389.2009.01119.x/abstract>>. Acesso em: 02 abr. 2012.