

XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Fracionamento Químico da Matéria Orgânica de Organossolos no Estado do Rio de Janeiro

**FRANCISCO WAGNER DE FREITAS GOMES⁽¹⁾, ADIERSON GILVANI EBELING⁽²⁾,
LÚCIA HELENA CUNHA DOS ANJOS⁽³⁾, MARCOS GERVASIO PEREIRA⁽³⁾
& DANIEL VIDAL PÉREZ⁽⁴⁾**

RESUMO – Os Organossolos ocorrem em pequenas extensões territoriais no Brasil e estão em equilíbrio relativamente frágil com o ambiente, representando fonte relevante de estoque de carbono orgânico no solo. O objetivo deste trabalho foi quantificar as frações da matéria orgânica em Organossolos com diferentes usos e coberturas. Foram amostrados sete perfis de vários municípios do Estado do Rio de Janeiro, caracterizados e classificados segundo Embrapa. Foi feito o fracionamento químico das substâncias húmicas e quantificado o teor de carbono das frações humina (C-HUM), ácidos húmicos (C-FAH) e ácidos fúlvicos (C-FAF). Dentre os resultados a HUM apresentou os maiores teores de carbono, seguida da FAH e com menores teores para FAF. O método para o fracionamento superestimou os valores de humina verdadeira, quantificando formas de C não solúveis em meio alcalino, incluindo fibras e outros materiais orgânicos. O percentual de recuperação de C apresentou grande variação, principalmente nas amostras com baixo teor de carbono. O teor de C total apresentou alta correlação com o C-FAH, C-HUM, C-FAF, com coeficientes altamente significativos. Os teores de N, determinados pelo CHN, tiveram alta correlação com o C-FAH, indicando que esta fração está intimamente relacionada aos N no solo. O C-FAH apresentou as melhores correlações com alguns atributos dos solos estudados.

Palavras-Chave: (Carbono; Substâncias Húmicas; pH; Nitrogênio).

Introdução

O Organossolos são formados pela deposição de espessas camadas de matéria orgânica bruta (“Peat”) como um processo geogênico, onde o material de origem (sedimentos orgânicos) é acumulado e preservado pela saturação com água e anaerobiose do sistema [1,2]. A acumulação de materiais orgânicos se dá em condições onde há produção de material vegetal, em uma situação “clímax” com constante deposição de serapilheira, troncos, galhos, folhas, raízes, e onde a decomposição dos restos vegetais é retardada por:

baixas temperaturas; efeito de latitude e/ou longitude; persistência de saturação de água no perfil de solo; extrema acidez ou escassez de nutrientes (Oligotrofismo); e/ou, altas concentrações de sais ou toxinas orgânicas [3].

As substâncias húmicas (SH) são quantificadas por diferentes métodos, um deles é o fracionamento químico do material de solo, e a determinação do teor de C em cada fração é feita via combustão úmida com dicromato de potássio. Para extração destas frações do solo a técnica mais usada é a de solubilidade diferencial, estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS) [4].

As SH são definidas como uma categoria de ocorrência natural, biogênica, composta de substâncias orgânicas heterogêneas que geralmente se caracterizam por sua coloração amarelada ou escura, de alto peso molecular e de natureza refratária [5]. Todavia, não existe concordância no meio científico de que as substâncias húmicas são de alto peso molecular, conforme demonstrado por [6].

Através do procedimento clássico de extração, três frações húmicas podem ser obtidas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina. As definições das frações das substâncias húmicas são baseadas nas características de solubilidade em sistemas aquosos, apesar de existirem muitos materiais orgânicos que são solúveis em base e precipitam em meio ácido que não são ácidos húmicos [7]. Assim, ácido húmico é a fração que não é solúvel em água sob condições ácidas, podendo tornar-se solúvel (ou extraível) a valores altos de pH. Ácido fúlvico é a fração que é solúvel em meio aquoso em todos os valores de pH. A humina representa a fração que não é solúvel em meio aquoso (ou que não é extraível em meio aquoso), em nenhum valor de pH [7].

Na última década foram intensificados os estudos sobre o fracionamento químico da matéria orgânica do solo, entretanto em geral estes foram feitos em solos minerais e não em Organossolos. Portanto, este trabalho teve como objetivo quantificar as frações da matéria orgânica, em perfis de Organossolos no Estado do Rio de Janeiro, com diferentes tipos de uso e coberturas.

¹ Primeiro Autor é Aluno de Graduação do Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. BR 476, km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000. E-mail: frwagnerfg@yahoo.com.br. Bolsista FAPERJ/IC.

² Segundo Autor é Doutorando do Curso de Pós Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (CPGA-CS), Dpto. de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. BR 465, km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000. E-mail: adiersonge@gmail.com. Bolsista CNPq.

³ Terceiro Autor é Professor Associado do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Br 476, km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000. lanjos@ufrj.br, gervasio@ufrj.br

⁴ Quarto autor é pesquisador da Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico 1024, 22460-000, Rio de Janeiro (RJ). E-mail: daniel@cnps.embrapa.br

Apoio financeiro: CPGA-CS, FAPERJ, CNPq, CAPES e EMBRAPA.

Material e Métodos

Foram coletados sete perfis de Organossolos, em diferentes regiões do Estado do Rio de Janeiro e coberturas vegetais, a saber: RJ-P01 - floresta higrófila de várzea, Reserva Biológica Poço das Antas, Casemiro de Abreu; RJ-P02 - floresta tropical de várzea, Fazenda Dois Irmãos, Silva Jardim; RJ-P03 - campo de várzea hidrófila, Fazenda da Saudade, Macaé; RJ-P04 - campo de várzea hidrófilo, Fazenda Ilha da Saudade, Macaé; RJ-P08 - floresta secundária altimontana, Parque Nacional de Itatiaia; RJ-P09 - vegetação natural de tifáceas, São José da Boa Morte; RJ-P10 - pastagem de braquiária, Nova Friburgo. As amostras dos solos totalizaram 29 horizontes de natureza orgânica.

O fracionamento químico quantitativo das substâncias húmicas foi realizado segundo [8], sendo obtidos neste processo os teores de carbono das frações humina (C-HUM), ácidos húmicos (C-FAH) e ácidos fúlvicos (C-FAF). A determinação quantitativa de carbono nos extratos das frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, foi feita por oxidação via úmida do C com dicromato de potássio e titulação do excesso, com sulfato ferroso amoniacal de acordo com [13]. O teor de C total e N total tomados como referência foi quantificado pelo analisador elementar CHN (Perkin Elmer – Embrapa Solos).

Resultados e Discussão

No fracionamento da matéria orgânica do solo o carbono da fração humina (C-HUM) apresentou a média mais elevada ($88,49\text{g kg}^{-1}$) e predominou na maioria das amostras, porém com alto coeficiente de variação (81%) e alta amplitude, com valores mínimo e máximo de $3,53$ e $271,59\text{g kg}^{-1}$, respectivamente. Porém o método utilizado superestimou os valores de humina verdadeira, pois quantificou formas de carbono não solúveis em meio alcalino, incluindo fibras e outros materiais orgânicos, frequentes em Organossolos.

O C-FAF é assim denominado por apresentar ácidos fúlvicos verdadeiros e também outros compostos orgânicos de baixo peso molecular co-extraídos na marcha analítica. O C-FAF apresentou os menores valores médios ($15,61\text{g kg}^{-1}$), porém com uma maior variabilidade, com coeficiente de variação de 68% com valor mínimo superior ao do C-HUM ($4,1\text{g kg}^{-1}$) e o máximo de $51,04\text{g kg}^{-1}$. Para o C-FAH o valor médio foi de $55,12\text{g kg}^{-1}$ e o coeficiente de variação de 62%. O valor mínimo também foi superior ao mínimo do C-HUM ($5,7\text{g kg}^{-1}$) e o máximo de $121,24\text{g kg}^{-1}$.

Do total de 29 amostras, 3 horizontes apresentaram maiores valores do C-FAF em comparação com o C-HUM, correspondendo aos horizontes orgânicos com menores valores de C, limítrofes para serem classificados como hísticos, os horizontes Hd2, Hd3 e Hd4 do perfil de solo de Nova Friburgo, perfil RJ-p10 (Tabela 1). Já 5 amostras apresentaram valores de C-

FAH superior ao C-HUM.

O somatório das frações húmicas representou em média 87,9% do carbono total, ou seja, C determinado pelo CHNS. Estas duas variáveis apresentam coeficiente de correlação muito alto (0,97, significativo a $p=0,000$). O percentual de recuperação teve grande variação, na faixa de 55,3 a 113,2%. Porém não foi uniformemente distribuída (Figura 1), ocorrendo grande variabilidade da recuperação nas amostras com teores relativamente baixos de C total, inferiores a 110g kg^{-1} , onde o coeficiente de variação foi de 12% e os valores máximos e mínimos de recuperação localizaram-se nessa faixa.

Em amostras com teor de material mineral (%MM) superior a 90% (Figura 1) foi observado efeito similar na variabilidade dos teores de C. Esse comportamento indica menor precisão dos resultados em amostras com teores de carbono total inferiores a 110gkg^{-1} ou %MM superior a 90%. Com base na análise de regressão linear simples, com intervalo de confiança de 95%, estando o carbono total no eixo x e a soma das frações húmicas no eixo y, pode-se considerar o coeficiente linear como 0 (zero) e o coeficiente angular tem como valores mínimo, médio e máximo 0,87, 0,90 e 0,93, respectivamente. Indicando que a soma das frações húmicas representou de 87 a 93% do C total determinado pelo CHN. A Figura 2 apresenta o diagrama de dispersão e os resultados da análise de regressão.

Observou-se elevada correlação do C total com as frações C-FAH ($r=0,91$) e C-HUM ($r=0,94$), ambos com coeficientes significativos a $p=0,000$, e inferior para C-FAF ($r=0,49$, $p=0,000$). Segundo [9], os ácidos húmicos em associação com colóides formam complexos insolúveis em pH inferior a 6,5, possibilitando a imobilização e o acúmulo dessa fração em solos ácidos. A menor correlação do C-FAF com o carbono orgânico total também foi observada por [9], em solos da Serra do Brigadeiro, MG. Tais resultados refletem a característica de alta solubilidade e mobilidade do C-FAF no solo [9, 10].

Os teores de N determinados pelo CHNS tiveram alta correlação com o C-FAH ($r=0,94$, $p=0,000$) (Figura 3), indicando que esta fração está intimamente relacionada aos teores de N no solo. O C-FAF ($r=0,64$), C-HUM ($r=0,81$), a soma das frações húmicas ($r=0,93$), e C total ($r=0,92$) também apresentaram correlação com os teores de nitrogênio, sendo os coeficientes significativos a $p=0,00$.

Os valores da relação C-FAH/C-FAF variaram de 0,39 a 16,51, indicando o predomínio do carbono na FAH em todas as amostras. A influência de processos pedoclimáticos na estabilização da matéria orgânica do solo foi citada por [11] como consequência de alternâncias sazonais climáticas, em particular os ciclos de umedecimento e secagem do solo. Segundo o autor, embora sejam intensificados os processos de biodegradação da fração mais lábil da matéria orgânica, também é favorecida a polimerização dos núcleos aromáticos de certos compostos húmicos, os quais, ao contrário, são estabilizados. A razão C-FAH/C-FAF foi utilizada por [12] como um indicador da qualidade do

húmus. Percebeu-se o aumento desta relação na grande maioria dos perfis de solos em relação à profundidade; efeito inverso ao observado para solos minerais [9]. Esse padrão indica que a oxidação periódica dos horizontes superiores dos solos, devido à oscilação do lençol freático, favoreceu a formação de compostos orgânicos solúveis, componentes do C-FAF, em consequência da maior atividade microbiana nessas seções do solo.

A relação C-EA/C-HUM, onde C-EA é a soma do carbono das FAF e FAH, também teve grande variação, com valores entre 0,28 e 9,94. Porém 86% das amostras apresentaram valores inferiores a 2. Segundo [9], essa relação fornece informações sobre a gênese do solo, identificando zonas de movimentação ou acúmulo de carbono. O autor em seu trabalho observou picos da relação EA/HUM em horizontes espódicos, enquanto em Latossolos os valores decrescem em profundidade. Nos Organossolos não foi observado padrão de acréscimo ou decréscimo dessa relação com a profundidade. Assim, nesses solos, vários podem ser os fatores que influenciaram na proporção de compostos alcalino-solúveis ou insolúveis, incluindo a vegetação original e uso atual, ambiente de formação e clima.

Os teores de N total variaram de 1,4 a 23,3g kg⁻¹, com valor médio de 10,4g kg⁻¹ e apresentaram boa correlação com os teores de C orgânico do solo (Figura 4), indicando que, quanto mais elevado for o teor de C do solo maior serão os teores de N total. Porém, a avaliação da disponibilidade de N para as culturas não deve se basear somente no teor total de N, mas também na relação C/N, em especial nos Organossolos. Já que nos solos com relação C/N muito alta, pode ser diminuída a disponibilidade de N para as plantas, e o N encontrar-se em formas não disponíveis. Nas amostras de Organossolos, a relação C/N apresentou valores predominantes entre 10 e 20.

O valor T mostrou correlação positiva e significativa com o C-FAH ($r=89$, $p,0,000$), C-HUM ($r=81$, $p,0,000$), C total ($r=84$, $p,0,000$). Sendo a correlação mais elevada com C-FAH, indicando a influência dessa fração no aumento da CTC do solo, mais do que nas demais substâncias húmicas. O valor S apresentou melhor correlação com C-FAH ($r=87$, $p,0,000$) e também correlacionou-se com C-FAF ($r=84$, $p,0,000$), C-HUM ($r=69$, $p,0,000$), e C total ($r=81$, $p,0,000$). O valor de alumínio trocável apresentou correlação significativa com o C-FAH ($r=68$, $p,0,000$).

Esses dados mostram que o C-FAF e C-FAH parecem estar relacionados a uma maior fertilidade do solo, uma vez que apresenta as melhores correlações com os atributos químicos valor S e T do solo, e parece que não possuem correlação com a acidez do solo. Ainda, sugerem que nos Organossolos com maior fertilidade natural é favorecida a transformação do material orgânico e, assim, a produção da fração dos

ácidos fúlvicos. Por outro lado, quando submetidos ao uso agrícola, conduz a rápida degradação desses solos.

Conclusões

Os teores de carbono das frações húmicas nos Organossolos tiveram grande variação, com predomínio da fração húmica seguida da fração ácidos húmicos. A fração ácido fúlvico apresentou baixa correlação com o carbono, enquanto a fração ácido húmico apresentou alta correlação com a CTC do solo.

A modificação do método adotado pela IHSS parece ter superestimado os valores das frações húmicas nos Organossolos, devendo ser testadas outras metodologias para solos com altos teores de matéria orgânica.

Referências

- [1] PONS, L.J. 1960. Soil genesis and classification of reclaimed peat soil in connection with initial soil formation. In: INTERNATIONAL CONGRESS IN SOIL SCIENCE TRANSACTION, 7, *Annals*. Madison: ASA/SSSA, 205-211.
- [2] ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; & FONTANA, A. 2008. Matéria Orgânica e Pedogênese. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; & CAMARGO, F.A.O. (Eds) *Fundamentos da Matéria Orgânica do solo Ecossistemas Tropicais e Subtropicais*, Porto Alegre, Metrópole. p.65-86.
- [3] DRIESSEN, P. 2006 [Online]. *Lecture notes on the major soils of the world*. (Ed). Roma, Itália: FAO. World Soil Resources Reports, 94, 2001. Homepage <<http://www.fao.org/DOCREP/003/Y1899E/Y1899E00.HTM>>. FAO.).
- [4] SWIFT, R.S. 1996. *Organic matter characterization*. In: SPARKS, O.L., (Eds). *Methods of soil analysis Part 3: Chemical methods*. Madison, Soil Science Society of America, p.1011-1020.
- [5] AIKEN, G.R.; MCKNIGHT, D.M., WERSHAW, R.L., & MACCARTHY, P. 1985. *An introduction to humic substances in soil, sediment, and water*. In: AIKEN, G.R.; MCKNIGHT, R.L.; WERSHAW, P.J. & MACCARTHY, P.J. (Eds). *Humic substances in soil, sediment, and water*. John Wiley & Sons-Interscience. New York, p.1-9.
- [6] PICCOLO, A. 2001. *The supramolecular structure of humic substances*. Soil Science. 166:810-832.
- [7] HAYES, M. H. B.; & CLAPP, C. E. 2001. *Humic substances: considerations of compositions, aspects of structure, and environmental influences*. Soil Science, 166:723-727.
- [8] BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. 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).
- [9] BENITES, V.M. 1998. *Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos da Serra do Brigadeiro, Zona da Mata mineira*. Dissertação (Mestrado) Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas. UFV, Viçosa.
- [10] STEVENSON, F.J. 1982. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 443p.
- [11] DUCHAUFOR, P. 1977. *Pédologie: pédogenèse et classification*. Masson, Paris. 477p.
- [12] KONONOVA, M. M. 1982. *Materia organica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación*. Barcelona: Oikos-tau, 364p.
- [13] YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. 1988. *A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil*. Commun. in Soil Sci. Plant Anal., 19:1467-1476.

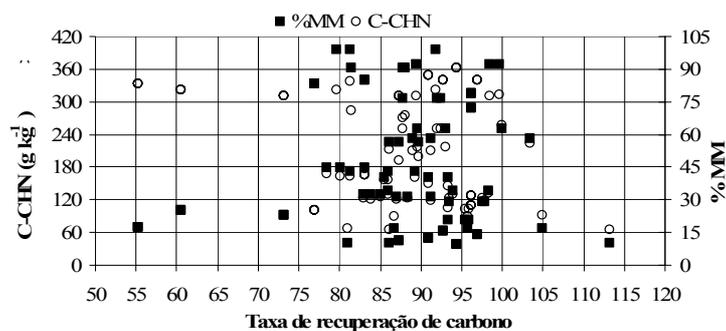


Figura 1. Relação entre a taxa de recuperação de carbono, o % de material mineral (MM) e o C total determinado por CHN.

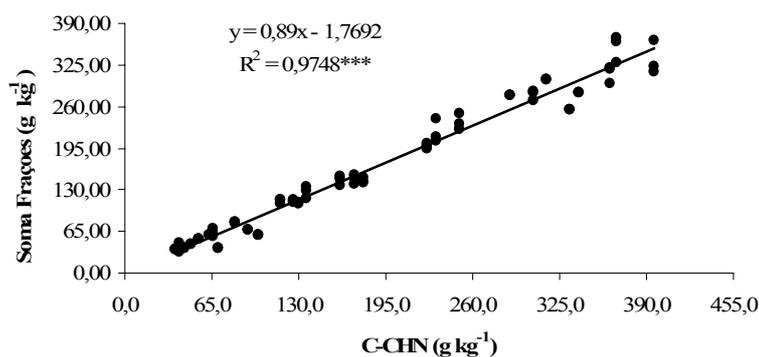


Figura 2: Relação entre a soma das frações húmicas e o carbono total pelo CHN.

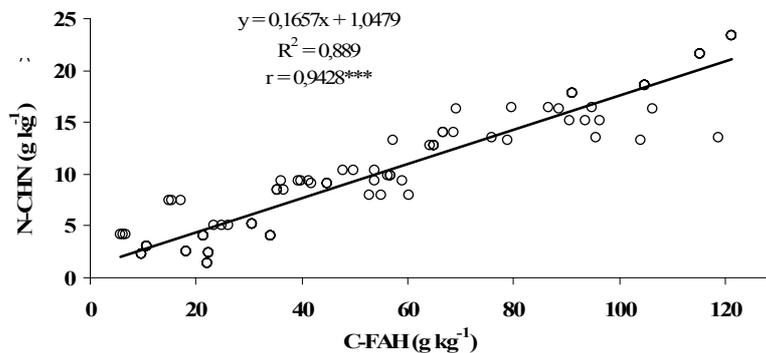


Figura 3: Relação do nitrogênio determinado por CHN com o carbono da fração ácido húmico (C-FAH).

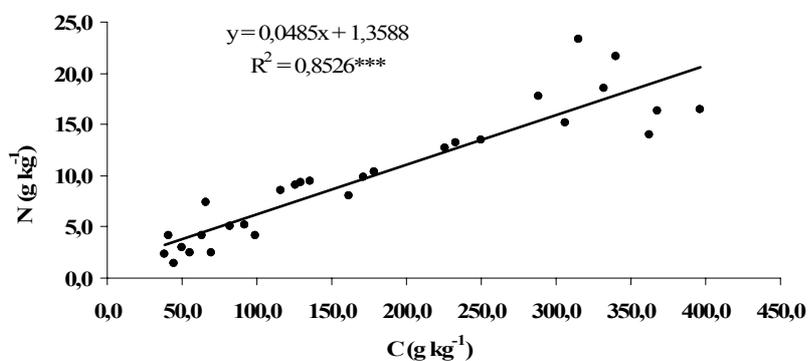


Figura 4. Relação entre os teores de N total e C determinados pelo CHN.

Tabela 1: Resultado do fracionamento químico das amostras de solos.

Perfil	Horizonte	C_CHNS	N_CHNS	C: N	C-FAH	C-FAF	C-HUM	SOMA	TAXA	C-FAH:C-FAF	C-EA:C-HUM	%MM
RJ-P01	Hdp1	66,2	7,4	9	15,8	16,2	31,5	74,1	111,9	1,02	1,08	22,5
RJ-P01	Hdp2	41,2	4,2	10	6,2	13,0	19,3	44,9	108,9	0,48	1,11	16,3
RJ-P01	Hb1	82,4	5,0	16	24,8	11,5	41,9	90,3	109,6	2,32	0,87	26,0
RJ-P01	Hb2	249,9	13,5	19	96,8	13,1	125,6	272,1	108,9	7,37	0,89	57,6
RJ-P01	Hb3	233,0	13,2	18	80,2	15,7	124,4	252,3	108,3	5,14	0,80	53,7
RJ-P02	Hdop1	368,0	16,3	23	88,1	10,8	253,8	385,7	104,8	11,61	0,39	77,7
RJ-P02	Hdo2	396,1	16,4	24	87,1	11,6	235,0	366,6	92,6	8,65	0,42	81,7
RJ-P02	Hdo3	362,8	14,0	26	67,4	20,7	223,2	340,7	93,9	3,41	0,39	69,0
RJ-P03	Hdp1	116,4	8,5	14	35,8	16,2	60,1	129,4	111,2	2,33	0,87	30,6
RJ-P03	Hdp2	125,9	9,1	14	43,8	14,1	54,1	131,3	104,3	3,17	1,08	30,4
RJ-P03	Hb3	178,2	10,4	17	50,5	14,3	78,8	165,2	92,7	3,68	0,83	42,2
RJ-P03	Hb4	306,0	15,2	20	93,6	10,3	173,8	312,4	102,1	9,87	0,60	62,6
RJ-P04	Hdp1	129,7	9,3	14	38,5	12,6	57,8	126,0	97,1	3,13	0,89	30,6
RJ-P04	Hdp2	136,1	9,4	14	51,4	12,2	62,6	147,4	108,3	4,22	1,02	32,4
RJ-P04	Hbp3	161,2	8,0	20	56,1	8,0	80,9	166,2	103,1	7,61	0,79	37,6
RJ-P04	Hb4	171,5	9,9	17	56,6	9,6	80,5	168,8	98,4	6,38	0,82	40,0
RJ-P04	Hb5	226,3	12,7	18	64,7	8,7	125,2	223,0	98,5	8,62	0,59	50,2
RJ-P08	O1	63,5	4,1	15	21,4	9,9	27,5	69,3	109,2	2,16	1,14	84,9
RJ-P08	O2	38,0	2,3	17	9,8	4,4	21,6	40,6	106,9	2,21	0,66	90,7
RJ-P08	O3	49,9	3,0	17	10,8	6,3	28,3	51,1	102,4	1,72	0,60	87,0
RJ-P08	O4	55,3	2,5	22	18,2	8,5	27,0	62,6	113,1	2,14	0,99	84,6
RJ-P09	Hdp	339,8	21,6	16	115,3	35,5	131,8	332,9	98,0	3,25	1,14	41,1
RJ-P09	Hdo1	314,9	23,3	14	121,2	42,6	139,2	357,6	113,6	2,85	1,18	27,2
RJ-P09	Hdo2	332,3	18,5	18	104,9	51,0	99,7	307,6	92,6	2,05	1,56	25,1
RJ-P09	Ho	288,5	17,8	16	91,2	20,0	166,4	314,7	109,1	4,56	0,67	31,6
RJ-P10	Hdp1	91,7	5,2	18	30,6	15,6	20,9	82,5	90,0	1,95	2,21	77,7
RJ-P10	Hdp2	99,5	4,1	24	34,2	17,2	8,9	77,3	77,7	1,99	5,78	80,6
RJ-P10	Hdp3	69,8	2,4	29	22,4	12,7	3,5	50,3	72,1	1,76	9,94	83,0
RJ-P10	Hdp4	44,8	1,4	32	22,1	11,1	6,0	50,2	112,0	2,00	5,56	77,4

C_CHNS; N_CHNS; = Carbono e nitrogênio determinado por analisador elementar CHNS; C:N = relação carbono/nitrogênio; C-FAH = Carbono da fração ácido húmico; C-FAF = Carbono da fração ácido fúlvico; C-HUM = Carbono da fração humina; SOMA = Soma das frações húmicas; TAXA = Taxa de recuperação de carbono; C-FAH:C-FAF = relação entre a fração ácido húmico com a fração ácido fúlvico; C-EA:C-HUM = relação entre o extrato alcalino e a fração humina; %MM = Porcentagem de material mineral. EA = soma da fração ácido húmico e a fração ácido fúlvico.

