

ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO DO SOLO PELO MILHO INFLUENCIADA PELA ADIÇÃO DE DIFERENTES RESÍDUOS DE CULTURAS¹

RONALDO DEMÉTRIO², JOSÉ G. MARINHO GUERRA³, GABRIEL DE ARAÚJO SANTOS⁴, DEJAIR LOPES DE ALMEIDA³, HELVÉCIO DE-POLLI³ e FLÁVIO A. DE OLIVEIRA CAMARGO⁵

RESUMO - Avaliou-se o efeito da incorporação da leguminosa feijão-bravo-do-Ceará (*Canavalia brasiliensis*) e do capim-colonião (*Panicum maximum*) sobre o conteúdo de C, N e frações da matéria orgânica de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo e sobre a produção de matéria seca e acúmulo de N em milho, cultivado em casa de vegetação por 102 dias. Os tratamentos constaram da adição de diferentes doses (20, 40 e 60 t.ha⁻¹) de feijão-bravo e capim-colonião, além de N-mineral e do controle. Observou-se incrementos lineares de 0,088 e 0,068 mg C.g⁻¹ solo, proporcionados pela incorporação de uma tonelada de feijão-bravo e capim-colonião, respectivamente. O conteúdo de C das frações alcalino-solúveis do material húmico não foi alterado, o que não se verificou na fração humina e matéria orgânica livre, com aumento no conteúdo, principalmente nos tratamentos com feijão-bravo. O conteúdo de N aumentou linearmente com a incorporação de feijão-bravo e colonião, correspondendo, respectivamente, a 0,0103 e 0,004 mg N.g⁻¹ solo para cada tonelada do material, detectando-se um aumento na fração ácido fúlvico livre com a incorporação de 40 e 60 t.ha⁻¹ de feijão-bravo, quando comparado ao controle. A incorporação de feijão-bravo aumentou o teor de N do solo, proporcionando maior produção e acúmulo de N no milho, semelhante à obtida com a aplicação de 560 kg.ha⁻¹ de N.

Termos para indexação: adubação verde, carbono, ácido fúlvico, ácido húmico, humina, Podzólico Vermelho-Amarelo.

SOIL NITROGEN ABSORPTION BY CORN AS AFFECTED BY CROP RESIDUES ADDITION

ABSTRACT - Various levels of *Canavalia brasiliensis* and *Panicum maximum* (20, 40 and 60 t.ha⁻¹) were incorporated into a red-yellow podzolic soil, which was planted with corn. After 102 days in the greenhouse, the C, N, and organic matter fractions content of the soil and the N level dry matter of the plants were measured. One ton of *Canavalia brasiliensis* or *Panicum maximum* produced a linear increase of 0.088 or 0.068 mg C.g⁻¹ soil, respectively. The C content of the alkali-soluble soil fraction of the humic fraction was unaltered, but was increased in the humin and free organic material fractions, especially by *Canavalia brasiliensis*. Nitrogen content increased linearly with the application of one ton of *Canavalia brasiliensis* or *Panicum maximum* to 0.0103 or 0.004 mg N.g⁻¹ soil, respectively. There was a rise in the free fulvic acid fraction in soil treated with 40 and 60 t.ha⁻¹ of *Canavalia brasiliensis*, compared with the control. *Canavalia brasiliensis* increased the N content of the soil and enhanced the N content of the corn to a level equivalent to that obtained with the application of 560 kg.ha⁻¹ of N.

Index terms: green manure, carbon, fulvic acid, humic acid, humin, podsoil.

¹ Aceito para publicação em 2 de julho de 1997.

² Eng. Agr., M.Sc., aluno do Curso de Doutorado em Agronomia, UFRRJ, CEP 23851-970 Seropédica, RJ.

³ Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia (CNPAB), Antiga Rodovia Rio-São Paulo, CEP 23851-970 Seropédica, RJ.

⁴ Eng. Agr., Ph.D., Dep. de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Antiga Rodovia Rio-São Paulo, CEP 23851-970 Seropédica, RJ.

⁵ Lic. Ci. Agríc., Dr., Dep. de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre, RS. E-mail: fcamargo@vortex.ufrgs.br

INTRODUÇÃO

As transformações da matéria orgânica em solos tropicais ocorrem mais rapidamente do que sob condições temperadas, principalmente por causa dos fatores abióticos (Coleman et al., 1989). A temperatura, por exemplo, exerce um efeito direto sobre a ciclagem da matéria orgânica pela aceleração da velocidade de

decomposição, justificando os conteúdos reduzidos de C existentes nos solos tropicais. Tal comportamento, assim como as baixas taxas de adição de C em sistemas de preparo de solos com revolvimento, pode explicar a ocorrência de áreas em estágio avançado de degradação ou excluídas do processo produtivo.

A partir dessas constatações faz-se necessário o direcionamento da pesquisa para a agricultura sustentável, em que o manejo da matéria orgânica no sistema mostra-se como uma das soluções viáveis. É evidente a contribuição do material vegetal sobre a fração húmica do solo, e a contribuição dessa sobre a absorção de nutrientes e a fisiologia das plantas (Kononova, 1982; Ferretti et al., 1991). O conhecimento sobre a degradação de resíduos introduzidos, a estabilidade dos compostos derivados e a taxa de incorporação na fração húmica é fundamental na definição do uso racional de adubos orgânicos e minerais no processo produtivo (Novak & Novak, 1990). A relação C/N e fibrosidade/tenrura são características dos materiais vegetais, pelas quais pode-se inferir sobre a velocidade de transformação, a interferência na fração húmica e, conseqüentemente, sobre o efeito qualitativo na matéria orgânica do solo (De-Polli & Chada, 1989).

Para um melhor entendimento da dinâmica do C e materiais adicionados ao solo é necessário acompanhar a evolução da humificação desses substratos durante o manejo do solo (Gonzalez-Vila & Martin, 1987) e o efeito sobre o acúmulo de matéria orgânica e nutrientes na planta. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da incorporação de materiais vegetais de características distintas sobre os teores de C, N e da fração húmica e sobre a produção de matéria seca e acúmulo de N no milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se vasos contendo 8 kg de terra seca ao ar e passada em peneira com abertura de 0,5 cm. A amostra de terra foi coletada da camada superficial (0-20 cm) de um Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, série Itaguaí, localizado no município de Itaguaí, RJ, em área de cobertura vegetal de capim-colonião (*Panicum maximum*). As análises química e granulométrica (Tabela 1) foram realizadas de acordo com método descrito pela Embrapa (1979). O conteúdo de N (Tabela 2) dos materiais orgânicos incorporados foi determinado de acordo com método descrito por Tedesco et al. (1985).

TABELA 1. Propriedades químicas e físicas do solo.

Propriedade	Valor
pH (H ₂ O, 1:2,5)	5,4
Al (cmol _c .kg ⁻¹)	0,2
Ca (cmol _c .kg ⁻¹)	2,0
Mg (cmol _c .kg ⁻¹)	0,7
P (mg.kg ⁻¹)	1,6
K (mg.kg ⁻¹)	112,0
C (mg.g ⁻¹)	10,7
N (mg.g ⁻¹)	0,84
C/N	13,0
Argila (g.kg ⁻¹)	300
Silte (g.kg ⁻¹)	70
Areia fina (g.kg ⁻¹)	10
Areia grossa (g.kg ⁻¹)	620

TABELA 2. Conteúdos de C, N e relação C/N do material vegetal.

Material	C	N	C/N
	----- (mg.g ⁻¹) -----		
Feijão-bravo	420,0	24,4	16
Capim-colonião	397,2	8,2	47

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com oito tratamentos (20, 40 e 60 t.ha⁻¹ de capim-colonião ou feijão-bravo, adubação nitrogenada e controle), com três repetições. O N foi aplicado parceladamente, em solução, no início do período de incubação e aos 20, 35, 43, 49, 56 e 65 dias após o plantio de milho, tendo como fonte NH₄NO₃ na dosagem de 40 mg N.kg⁻¹ solo, totalizando 280 mg N.kg⁻¹ solo (560 kg.ha⁻¹) ao final do experimento.

A parte aérea de feijão-bravo (*Canavalia brasiliensis*) e folhas de capim-colonião foram moídas e secas a 65°C em estufa com circulação de ar forçado até peso constante. Posteriormente, os materiais foram homogeneizados com o solo, mantendo-se na capacidade máxima de retenção de umidade. Aos 20 dias após o início da incubação, foi aplicado uniformemente uma solução de P e K, tendo como fonte KH_2PO_4 na dosagem de 17 mg P.kg⁻¹ solo e 21 mg K.kg⁻¹ solo. Aos 32 dias, foi plantado o milho cultivar Swan, com três sementes por vaso, pré-germinadas e crescidas nos vasos por 70 dias.

Após 102 dias de incorporação dos resíduos, determinou-se no solo o conteúdo de C, como descrito anteriormente, e de N (Tedesco et al., 1985). Carbono e N do material húmico foram determinados após extração sucessiva com H_3PO_4 2 M (Dabin, 1976) e uma mistura de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,1 M + NaOH 0,1 M (Kononova, 1982). A extração dos ácidos fúlvicos livres e a separação da matéria orgânica leve (MOL) foi realizada com H_2PO_4 2 M, seguido de agitação e centrifugação. No sobrenadante não-humificado foi determinada a matéria orgânica leve, e no extrato ácido, o conteúdo de ácidos fúlvicos livres, por meio da dosagem do teor de C nas duas frações (mg C.g⁻¹ solo). Na planta determinou-se o conteúdo de N (Tedesco et al., 1985) e a produção de matéria seca das raízes e da parte aérea, seca em estufa a 65°C até peso constante.

Efetou-se a análise de variância dos dados e procedeu-se à comparação das médias dos tratamentos por meio do teste de Duncan (5%). O cálculo da regressão foi feito entre doses de material vegetal e teores de C e N no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 102 dias de incubação, as doses de feijão-bravo e capim-colonião proporcionaram aumentos lineares e significativos no conteúdo de C do solo (Tabela 3). Para cada tonelada adicionada desses materiais houve um incremento correspondente de C de 0,087 e 0,074 mg.g⁻¹ solo, respectivamente. De forma semelhante, o conteúdo de N no solo aumentou linearmente com a incorporação de feijão-bravo e colonião (Tabela 1), correspondendo a um incremento de 0,0101 e 0,00385 mg N.g⁻¹ solo para cada tonelada do material incorporado, respectivamente, sendo o aumento mais pronunciado no tratamento com feijão-bravo.

O efeito da incorporação dos resíduos no solo sobre o conteúdo de C foi mais acentuado na fração húmica e na fração matéria orgânica livre, não influenciando significativamente as frações alcalino solúveis (Tabela 3). A diminuição do conteúdo de C na húmica quando adicionou-se 20 t.ha⁻¹ de capim-colonião está, a princípio, associada ao efeito da rizosfera e da baixa atividade da microbiota nativa do solo. Demétrio (1988), utilizando o método fumigação-incubação (Jenkinson & Powlson, 1976), constatou tendência decrescente da biomassa microbiana, estimada pelo conteúdo de C presente em solos fumigados com clorofórmio. De forma concordante com os resultados aqui obtidos, Oliveira (1990) e Almeida (1991) constataram que os maiores conteúdos de C tinham sido incorporados na fração húmica.

TABELA 3. Frações da matéria orgânica do solo após 102 dias de incubação de diferentes doses de feijão-bravo e capim-colonião (médias de três repetições).

Tratamento	MO livre	Ác. fúlvico livre	Ác. fúlvico	Ác. húmico	Humina
	------(mg.g ⁻¹)-----				
Controle	0,80 d	1,00	2,60	0,80	5,70
N-mineral (560 kgN ha ⁻¹)	0,70 d	0,90	2,50	0,70	4,90
Feijão-bravo (20 t ha ⁻¹)	1,30 cd	1,10	2,60	1,00	8,00
Feijão-bravo (40 t ha ⁻¹)	2,35 b	1,10	2,70	1,20	7,60
Feijão-bravo (60 t ha ⁻¹)	3,00 a	1,10	2,80	1,20	8,20
Colonião (20 t ha ⁻¹)	0,90 cd	1,00	3,10	0,90	4,10
Colonião (40 t ha ⁻¹)	0,98 cd	1,40	3,10	1,30	6,80
Colonião (60 t ha ⁻¹)	1,40 c	1,10	2,90	1,90	7,30

¹ Médias com letras idênticas não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Quanto à matéria orgânica livre, os tratamentos correspondentes a 40 e 60 t.ha⁻¹ de feijão-bravo apresentaram resultados superiores aos tratamentos correspondentes com adição de capim-colonião. Essa diferença de comportamento confirma que a velocidade e o grau de transformação dos materiais orgânicos adicionados no solo dependem da natureza química, quando os demais fatores são mantidos constantes. Nesse caso, no período considerado, os tratamentos 40 e 60 t.ha⁻¹ de feijão-bravo acumularam maiores quantidades de matéria orgânica em fase de decomposição.

Apesar de neste trabalho não terem sido analisados os diferentes constituintes do material adicionado, cujo conhecimento facilitaria a compreensão e interpretação dos resultados, algumas inferências podem ser feitas

sobre os resultados obtidos. A primeira diz respeito à diferença de composição entre os tecidos vegetais das duas espécies estudadas. A relação C/N (Tabela 2) de 16 para o feijão-bravo e 47 para o capim-colonião levaria a supor que com quantidades iguais de materiais, a adição de capim--colonião conduziria a um maior acúmulo de C remanescente no solo. Entretanto, os resultados apresentados na Fig. 1 indicam que essas relações expressam valor global de composição química, envolvendo todos os tipos de tecidos e estruturas de formação do vegetal, e permitem supor que a relação C/N de 16 do feijão-bravo apresenta variação mais ampla que a relação C/N de 47 do capim--colonião.

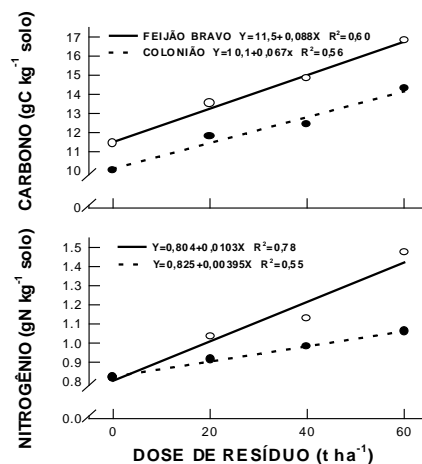


FIG. 1. Conteúdos de carbono e nitrogênio no solo a partir da incorporação de feijão-bravo e colonião.

Os compostos presentes nas nervuras das folhas e hastes da leguminosa, mais ricos em materiais lignificados, seriam os responsáveis por tais diferenças, pois esses compostos apresentam uma menor taxa de decomposição. Os resultados observados, principalmente quanto à matéria orgânica livre e húmica, podem, a princípio, ser produtos da atividade microbiana sobre esse tipo de substrato.

Os aumentos mais significativos na fração insolúvel do húmus são decorrentes da elevada atividade biológica do solo, em especial pela incorporação de húmica microbiana em substâncias insolúveis. Isso acontece pela remoção enzimática dos seus grupos hidrofílicos e insolubilização de substâncias húmicas pela condensação e humificação (Gonzalez--Prieto et al., 1992).

O conteúdo de N foi determinado apenas nas frações ácido fúlvico livre (AFL), ácidos fúlvicos e húmicos (Tabela 4), constatando-se efeito mais pronunciado no conteúdo de N na fração AFL, notadamente nas doses de 40 e 60 t.ha⁻¹. Os resultados referentes ao conteúdo de N estão em concordância com os descritos por Paul & McGill (1977), e divergem quanto ao comportamento do conteúdo de C, que foi semelhante ao de N em termos de incorporação nas frações húmicas da matéria orgânica do solo.

TABELA 4. Conteúdo de nitrogênio das substâncias húmicas extraídas do solo após 102 dias de incorporação de diferentes doses de feijão-bravo e capim-colonião (médias de três repetições).

Tratamento	Ác. fúlvico livre	Ác. fúlvico	Ác. húmico
	----- (mg N.g ⁻¹ fração) -----		
Controle	100 c	45	352
N-mineral (560 kg N ha ⁻¹)	171 a	51	380
Feijão-bravo (20 t ha ⁻¹)	102 c	72	293
Feijão-bravo (40 t ha ⁻¹)	153 ab	55	259
Feijão-bravo (60 t ha ⁻¹)	160 ab	59	235
Colonião (20 t ha ⁻¹)	122 bc	46	270
Colonião (40 t ha ⁻¹)	101 c	57	215
Colonião (60 t ha ⁻¹)	96 c	51	210

¹ Médias com letras idênticas não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

A interpretação da resposta do milho quanto à produção de matéria seca (Tabela 5) mostra de forma diferenciada o comportamento dos dois materiais orgânicos avaliados. Os resultados obtidos com feijão-bravo são superiores aos correspondentes com a incorporação de colômbio. A incorporação de feijão-bravo proporcionou valores de produção, em todos os tratamentos, superiores aos obtidos com a aplicação de uma dose equivalente a 280 mg N.kg⁻¹ solo.

O acúmulo de N no tecido do milho (Tabela 5), nos tratamentos com incorporação de feijão-bravo, foi semelhante à quantidade de N acumulada no tratamento com aplicação exclusiva de N, mostrando a eficiência no fornecimento de N pela adubação verde com leguminosa, mesmo para cultura de ciclo curto. Resultados semelhantes foram verificados por De-Polli & Chada (1989). Por outro lado, os tratamentos com incorporação de capim-colômbio comportaram-se semelhantemente ao controle, principalmente pela relação C/N do material adicionado.

O esquema experimental permitiu fazer um balanço do N, visto ser este um sistema fechado no que diz respeito à lixiviação, e estimar a eficiência de utilização do N mineralizado dos resíduos pelas culturas do milho. Esta estimativa [(N total absorvido no tratamento – N total absorvido na testemunha)/(N-total do solo + N do tratamento)], mostrou uma baixa eficiência de utilização pelo milho do N adicionado como adubo mineral (30%). Mesmo comportamento foi observado nos tratamentos com adição de feijão-bravo-do-Ceará (em média 14,2%) e, em menor intensidade, nos tratamentos onde adicionou-se o capim-colômbio (-13,3%). A eficiência foi distinta entre as doses aplicadas, observando-se a máxima de 19,8% na dose de 40 t.ha⁻¹ de feijão-bravo-do-Ceará, e a mínima de -16,5% na dose de 20 t.ha⁻¹ de capim-colômbio, cujo valor negativo provavelmente reflete a imobilização do N liberado do solo no período.

Como o N possui relativa estabilidade, pode sofrer uma série de reações que levam sobretudo, à baixa eficiência de utilização tanto do N nativo como do N aplicado na forma de fertilizantes orgânicos ou minerais (Coelho et al., 1991). A recuperação de fertilizantes nitrogenados pelas culturas em condições tropicais, situa-se em torno de 50% (Grove et al., 1980). Esta baixa recuperação tem sido atribuída principalmente à lixiviação, à desnitrificação e à volatilização de amônia. Como no presente trabalho essas perdas foram insignificantes, é provável que a imobilização do N do fertilizante pela microbiota do solo tenha contribuído para esta baixa recuperação.

Os resultados de experimentos sobre o balanço do N no sistema solo-planta, utilizando-se a técnica de marcadores como o ¹⁵N, realizados em condições de campo com a cultura do milho e sorgo indicam valores de recuperação de N do fertilizante pelas culturas de 30% a 83%. Outra característica importante desses resultados é que grandes quantidades (40%) do N de fertilizantes permanecem no solo como N residual, sendo a maior proporção encontrada nas camadas superficiais, principalmente na forma orgânica (Coelho et al., 1991).

TABELA 5. Produção de matéria seca total de milho e acúmulo de nitrogênio no tecido a partir da incorporação de feijão-bravo e capim-colômbio.

Tratamento	Prod. mat. seca (g.vaso ⁻¹)	N acumulado (mg.vaso ⁻¹)
Controle	168,02 c	36,45 c
N-mineral (560 kg N ha ⁻¹)	840,00 a	48,86 b
Feijão-bravo (20 t ha ⁻¹)	405,12 b	54,14 ab
Feijão-bravo (40 t ha ⁻¹)	780,14 a	57,65 ab
Feijão-bravo (60 t ha ⁻¹)	792,23 a	64,52 a
Colômbio (20 t ha ⁻¹)	61,09 c	11,40 d
Colômbio (40 t ha ⁻¹)	180,10 c	18,02 c
Colômbio (60 t ha ⁻¹)	213,54 c	33,31 c

¹ Médias com letras idênticas não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

CONCLUSÕES

1. A incorporação de feijão-bravo e de capim-colômbio aumenta de forma linear o teor de C e N do solo 102 dias após a incorporação dos materiais, sendo o feijão-bravo responsável pela maior intensidade do aumento do conteúdo de N.

2. O fracionamento da matéria orgânica mostra que o C remanescente no solo está ligado, principalmente, à matéria orgânica livre e à humina.

3. A produção de matéria seca e acumulação de N no milho nos tratamentos com incorporação de feijão-bravo foram superiores às obtidas com capim-colonião e semelhantes à obtida no tratamento com N mineral.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D.L. de. **Contribuição da adubação orgânica para a fertilidade do solo**. Itaguaí: UFRRJ, 1991. 188p. Tese de Doutorado.
- COLEMAN, D.; OADES, J.M.; UEHARA, G. Soil organic matter: tropical vs. temperate. In: COLEMAN, D.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. [S.l.]:University Hawaii Press, Nifital, 1989. p.1-4.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Balanço de nitrogênio (¹⁵N) em um latossolo vermelho escuro sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.187-193, 1991.
- DABIN, B. Méthode d'extraction et de fractionnement des matières humiques du sol. Application à quelques études pédologiques et agronomiques dans les sols tropicaux. **Service Pedologic**, v.14, p.287-297, 1976.
- DEMÉTRIO, R. **Efeitos da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa-C microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.)**. Itaguaí: UFRRJ, 1988. 98p. Tese de Mestrado.
- DE-POLLI, H.; CHADA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.287-293, 1989.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
- FERRETTI, M.; GHISI, R.; NARDI, S.; PASSERA, C. Effect of humic substances on photosynthetic sulphate assimilation in maize seedlings. **Canadian Journal of Soil Science**, v.71, p.239-242, 1991.
- GONZALEZ-PRIETO, S.J.; CARBALLAS, M.; CARBALLAS, T. Incorporation of the degradation products of ¹⁴C, ¹⁵N-glycine in various forms of organic carbon and nitrogen in two acid soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.28, p.199-208, 1992.
- GONZALEZ-VILA, F.J.; MARTIN, F. Modifications of the humic acid fraction in a soil treated with composted municipal refuse. **The Science of the Total Environment**, v.62, p.459-466, 1987.
- GROVE, L.T.; RITCHEY, K.D.; NADERMAN JUNIOR, G.C. Nitrogen fertilization of maize on Oxisol of the Cerrado of Brazil. **Agronomy Journal**, v.27, p.261-265, 1980.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, p.209-213, 1976.
- KONONOVA, M.M. **Matéria orgânica del suelo; su naturaleza propiedades y metodos de investigación**. Barcelona:Oikos-Tau, 1982. 365p.
- NOVAK, G.; NOVAK, J. Turnover of ¹⁴C-labelled oat residues and small molecular organic compounds in two soils under different levels of mineral nutrition. **Plant and Soil**, v.122, p.67-77, 1990.
- OLIVEIRA, A.M.G. **Evolução da matéria orgânica, modificação no pH e alumínio trocável a partir da adição de substratos orgânicos e calcário em um latossolo**. Itaguaí: UFRRJ, 1990. 119p. Tese de Mestrado.
- PAUL, E.A.; MCGILL, W.B. Turnover of microbial biomass, plant residues and soil humic constituents under field conditions. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Soil Organic Matter**. Viena, 1977. v.1, p.149-157.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1985. 188p. (Boletim Técnico, 5).