

Caracterização e distribuição das formas do nitrogênio orgânico em três solos da Amazônia Central

S. S. ALFAIA¹

RESUMO

As formas orgânicas do nitrogênio em solos são determinadas mediante a identificação e quantificação dos compostos orgânicos liberados, quando os solos são tratados com ácido a alta temperatura. Ainda não se conhecem na literatura trabalhos sobre a natureza química do N orgânico nos solos da Amazônia. O presente trabalho teve como objetivos identificar e quantificar a transformação do nitrogênio proveniente de fertilizantes marcados com ¹⁵N nas frações orgânicas nitrogenadas de três solos da Amazônia Central: dois solos de *terra firme*, classificados como Latossolo Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo e um solo de várzea, classificado como Gleí Pouco Húmico. Foram utilizadas amostras de solos de um ensaio de adubação desenvolvido em condições de casa de vegetação, onde, após cultivo, procedeu-se o fracionamento do N orgânico do solo por meio da hidrólise ácida. Foram determinadas as seguintes frações: N-solúvel em ácido e destilado (NSAD), N-solúvel em ácido e não destilado (NSAnD) e N-não hidrolisado (NnH). Nos solos de *terra firme*, o N orgânico foi encontrado principalmente na forma de N solúvel em ácido e não destilado (NSAnD). Entre 63 a 66% (Latossolo) e 69 a 73% (podzólico) do ¹⁵N imobilizado no solo foram encontrados na fração NSAnD. Esses resultados demonstram a importância da imobilização microbiana do N nesses solos. No solo de várzea, ao contrário, houve pouca diferença entre os teores de ¹⁵N do fertilizante imobilizado nas frações NSAnD e NSAD. Entre 46 e 53% do total de ¹⁵N imobilizado foram encontrados na fração NSAnD, enquanto que 42 a 52% ficaram na fração NSAD. Nesse solo, a presença de argila tipo 2:1 pode ter contribuído para o alto estoque de ¹⁵N orgânico incorporado na fração NSAD, devido à fixação de íons NH₄⁺.

PALAVRAS-CHAVE

imobilização, fracionamento do N-orgânico do solo, hidrólise ácida, fertilizantes nitrogenados.

Characterization and distribution of organic forms of nitrogen in three soils of Central Amazonia

ABSTRACT

The organic N forms in soil are determined by identification and quantification of organic compounds released by acid hydrolysis. There are no available data on the chemical nature of organic N in the Amazon soils. The objective of this study was to identify and quantify the transformation of ¹⁵N-labeled nitrogen fertilizers to different organic nitrogen fractions in three soils of Central Amazonia: an Oxisol, an Ultisol and a Low-Humic Gley (LHG). The soils were sampled after cultivation in greenhouse experiment. The chemical fractionation of soil organic nitrogen, as acid-hydrolysable and distillable N (NSAD), acid-hydrolysable non-distillable N (NSAnD) and non-hydrolysable N (NnH), was performed. In the Oxisol and Ultisol, 63 to 66% and 69 to 73%, respectively, of fertilizer N applied was incorporated in the NSAnD fraction. This suggests that N immobilization of microbial origin is important in these soils. In the LHG, there was equal immobilization in both NSAnD and NSAD fractions: 46 to 53% of N applied was immobilized in NSAnD, while 42 to 52% was immobilized in NSAD. In this soil, the presence of 2:1 type clays probably contributed to the high stock of ¹⁵N incorporated in the NSAD fraction, due to fixation of NH₄⁺.

KEY WORDS

immobilization, fractionation of organic-N, acid hydrolysis, nitrogen fertilizers.

¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Rua André Araújo, 2938 - Caixa Postal 478, CEP 69083-000, Manaus (AM). E-mail: sonia@inpa.gov.br

INTRODUÇÃO

O nitrogênio encontra-se no solo essencialmente na forma orgânica (aproximadamente 98%). A outra pequena parte encontra-se nas formas minerais de amônio, nitrato e nitrito. A mineralização é a transformação biológica do N orgânico do solo em N inorgânico, executada pelos microrganismos heterotróficos do solo. A imobilização refere-se ao processo inverso, ou seja, é a transformação do N inorgânico em orgânico. Os microrganismos do solo assimilam as formas inorgânicas de N para formar os constituintes orgânicos de suas células e tecidos. Os compostos sintetizados pelos microrganismos podem ser parcialmente mineralizados e tornar-se disponível para as plantas. Estudos sobre os mecanismos relacionados com a imobilização e mineralização de fertilizantes nitrogenados têm sido relatados por diversos autores (Broadbend & Taylor, 1962; Vong *et al.*, 1990, Jacquin *et al.*, 1992, Sulce *et al.*, 1996).

Como consequência dos processos de mineralização e imobilização, uma parte não negligenciável (20 a 50%) do N dos fertilizantes aplicada ao solo é imobilizada e incorporada nas estruturas das substâncias húmicas, tornando-se pouco disponível para as plantas (Jacquin *et al.*, 1992). Os experimentos com ¹⁵N têm mostrado que aproximadamente 1/3 do N dos fertilizantes aplicados permanece no solo na forma orgânica após o primeiro cultivo, e somente uma pequena fração (< 15%) é aproveitada pela planta em um cultivo subsequente (Kelley & Stevenson, 1995).

As formas orgânicas do nitrogênio em solos são determinadas mediante a identificação e quantificação dos compostos orgânicos liberados, quando os solos são tratados com ácido a alta temperatura. Qualitativamente se podem distinguir as seguintes formas de N orgânico do solo: 1) N solúvel em ácido e não destilável (NSAnD), fração constituída essencialmente pelos aminoácidos, representa o compartimento biológico onde se estabelecem os processos de imobilização e mineralização (Vong, 1987); 2) N solúvel em ácido e destilável (NSAD), forma de N essencialmente de natureza amoniacal e 3) N não hidrolisável (NnH), que corresponde a fração do N resistente à hidrólise ácida de natureza não protéica (Schnitzer, 1981). Ainda não se conhecem na literatura trabalhos sobre a natureza química do N orgânico nos solos da Amazônia. Somente com a utilização de ¹⁵N é possível avaliar as transformações que sofre o N dos fertilizantes no solo, além de possibilitar uma melhor caracterização das frações do N orgânico que são susceptíveis a mineralização microbiana, em formas aproveitáveis pelas plantas.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar e avaliar a dinâmica da transformação do nitrogênio dos fertilizantes marcados com ¹⁵N, nas frações orgânicas nitrogenadas em três solos da Amazônia Central.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras coletadas na profundidade de 0-30 cm de dois solos de *terra firme* da região de Manaus, classificados como Latossolo Amarelo textura muito argilosa e Podzólico Vermelho Amarelo textura areno/argilosa, e de um solo de várzea classificado como Glei Pouco Húmico (GPH) do Careiro, localizado em uma ilha situada após a confluência do rio Solimões e Rio Negro na região da Amazônia Central. As principais propriedades químicas e a granulometria desses solos são: a) Latossolo - pH em água, 4,6; N total, 1,4 g kg⁻¹; C, 17,8 g kg⁻¹; CTC, 54 mmolc kg⁻¹ e, 110, 50 e 840 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente; b) podzólico - pH em água, 4,7; N total, 0,51 g kg⁻¹; C, 10,9 g kg⁻¹; CTC, 24 mmolc kg⁻¹ e, 640, 60 e 300 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente; c) GPH - pH em água, 6,4; N total, 0,73 g kg⁻¹; C, 8,9 g kg⁻¹; CTC, 96 mmolc kg⁻¹ e 500, 390 e 110 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. O C e o N foram determinados por cromatografia gasosa, utilizando um auto-analisador CHN (Carlo-Erba 500), o pH, a CTC e a granulometria foram determinados segundo a metodologia da EMBRAPA (1997).

As amostras de solos utilizadas nesse estudo foram provenientes de um ensaio de adubação desenvolvido em condições de casa de vegetação, submetidos a três tratamentos, constituídos pela testemunha (sem aplicação de N), e 60 mg kg⁻¹ de N na forma de uréia e de sulfato de amônio, respectivamente com 34,5 e 40% de átomos em excesso de ¹⁵N. Em seguida esses solos foram cultivados com azevém da Itália (*Lolium multiflorum* L.), por um período de 63 dias. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições, sendo que após o cultivo tomaram-se duas repetições de cada tratamento e procedeu-se o fracionamento do N orgânico do solo. A significação dos dados foi determinada pela análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Neste trabalho são abordados apenas os resultados do fracionamento, uma vez que os dados referentes ao balanço do ¹⁵N no sistema solo-planta, foram estudados por Alfaia (1995; 1997).

O método de determinação das frações orgânicas de nitrogênio correspondeu a uma técnica simplificada do processo proposto por Stewart *et al.* (1963). O equivalente a 10 g de solo seco (após extração do N mineral com KCl 1M) foi submetido a extração sob refluxo, com 100 ml de HCl 6M durante 16 horas (Bremner, 1965). Após resfriamento, a solução do hidrolisado foi filtrada e o solo residual foi seco ao ar. Nesse solo, o N que corresponde à fração de N-não hidrolisado (NnH), foi determinado pelo processo de digestão ácida a quente. Por destilação de uma alíquota da solução hidrolisada na presença de NaOH 10M, obteve-se a fração do N-solúvel em ácido e destilado (NSAD). Pela digestão ácida a quente do hidrolisado obteve-se a fração correspondente ao N-hidrolisado total. O valor de N-solúvel em ácido e não destilado (NSAnD) foi obtido pela

diferença entre o N-hidrolisado total e o NSAD. As análises isotópicas de ^{15}N das amostras de solos foram efetuadas por espectrometria de massa (Fiedler & Proksch, 1975).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos três solos observa-se que o N orgânico encontra-se principalmente na forma de NSAnD (Tabela 1), cujos teores foram significativamente mais elevados do que os observados nas outras formas. O teor de NSAD variou entre 24,2 e 25,7% no Latossolo e de 21,2 a 27,6% no Podzólico, enquanto que no GPH os valores foram um pouco mais elevados e situou-se entre 29,3 a 33,2%. Essa forma de N orgânico de natureza amoniacal representa, normalmente, de 18 a 32% do N total (Schnitzer, 1981). O teor de NnH variou entre 22,3 e 26,7% no Latossolo, 12,2 a 15,4% no Podzólico e de 24,3 a 26,2% no GPH. Essa fração corresponde teoricamente ao N heterocíclico resistente à hidrólise ácida, sendo a fração mais estável das substâncias húmicas presentes no solo. Segundo Kelley & Stevenson (1995), esta fração representa cerca de 25 a 35% do N total do solo.

Existem grandes variações na composição do N orgânico nos solos. Essas variações normalmente têm sido atribuídas às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Nos três solos estudados o teor de N orgânico foi significativamente mais elevado no Latossolo, seguido do GPH e Podzólico.

DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENTES FORMAS ORGÂNICAS DO ^{15}N DO FERTILIZANTE IMOBILIZADO

O ^{15}N dos fertilizantes imobilizado no solo após o cultivo foi determinado sem considerar o N mineral restante no solo, devido aos baixos valores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- encontrados (Alfaia, 1997), mostrando que durante o seu desenvolvimento a planta absorveu o N mineral disponível no solo. No entanto, o N do fertilizante imobilizado no solo variou em função do tipo de solo e da forma do adubo aplicado. Nos Podzólico e Latossolo a

imobilização foi significativamente mais elevada na presença de uréia do que na de sulfato de amônio, variando de 10,1 a 15,4% no Podzólico e de 13,0 a 16,2% no Latossolo (Figura 1). No GPH a diferença entre os dois fertilizantes foi menor e variou de 19,4 a 19,6%. A importância dessa imobilização é que esta representa uma forma de estoque de N no solo relativamente estável, podendo contribuir para a manutenção desse nutriente

Tabela 1 - Teor de nitrogênio orgânico e distribuição das formas orgânicas de N em três solos da Amazônia Central.

Tratamento	N orgânico mg kg ⁻¹	Formas orgânicas de N		
		NSAD	NSAnD	NnH
----- % do N orgânico -----				
Latossolo				
Testemunha	1.549	25,6	47,8	26,7
(NH ₄) ₂ SO ₄	1.562	25,7	52,2	22,3
Uréia	1.543	24,2	52,1	23,6
	1.551 A	25,2 b	50,7 a	24,2 b
Podzólico				
Testemunha	650	21,2	63,5	15,4
(NH ₄) ₂ SO ₄	679	22,5	62,4	15,1
Uréia	603	27,6	60,2	12,2
	644 C	23,8 b	62,0 a	14,2 c
Glei Pouco Húmico				
Testemunha	697	32,2	41,6	26,2
(NH ₄) ₂ SO ₄	729	33,2	44,8	25,0
Uréia	719	29,3	46,4	24,3
	715 B	31,6 b	44,3 a	25,2 c

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas, e letras minúsculas distintas nas linhas, diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.
NSAD (N-solúvel em ácido e destilado)
NSAnD (N-solúvel em ácido e não destilado)
NnH (N-não hidrolisado)

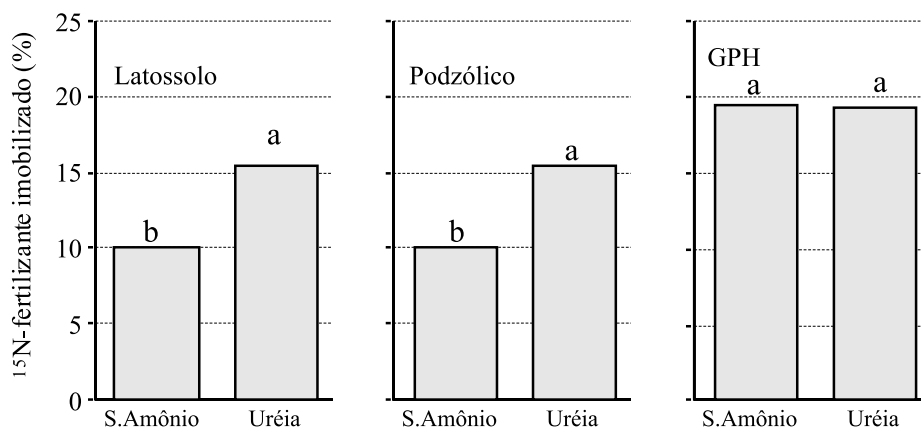


Figura 1 - Porcentagem de ^{15}N -fertilizante (uréia e sulfato de amônio) imobilizado no solo, após o cultivo do azevém em vasos em três solos da Amazônia Central. Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

no solo em longo prazo (Jacquin & Vong, 1989). O conhecimento das formas orgânicas nitrogenadas e análise de sua estabilidade podem-se constituir em um critério útil de avaliação do N orgânico do solo que é susceptível a mineralização (Egoumenides, *et al.*, 1987).

Os valores da distribuição do N orgânico do fertilizante, imobilizado no solo, nas três frações estudadas não apresentaram grandes variações em relação aos tratamentos (Tabela 2). Alguns trabalhos demonstraram que a aplicação de fertilizante por um longo tempo não afetou significativamente a distribuição das formas de N no solo (Khan, 1971; Giddens *et al.*, 1971). No Latossolo, a distribuição do ¹⁵N do fertilizante nas diferentes frações orgânicas de N é semelhante à observada no Podzólico, para as duas formas de fertilizantes aplicados. Nesses solos houve um importante estoque de ¹⁵N-fertilizante na fração NSAnD

para ambas as formas de fertilizantes, enquanto que no GPH houve pouca diferença entre os teores de ¹⁵N imobilizado nas frações NSAnD e NSAD. Por outro lado, nos três solos estudados foram observados baixos valores de ¹⁵N do fertilizante imobilizados na fração mais estável (NnH).

A Figura 2 mostra que no Latossolo, 63% (uréia) a 66% (sulfato de amônio) do total de ¹⁵N imobilizado no solo foi encontrado na fração NSAnD. No Podzólico, 69% (uréia) a 73% (sulfato de amônio) do total de ¹⁵N imobilizado, também ficou retido na fração NSAnD. Esses resultados demonstram a importância da imobilização de origem microbiana do N nesses solos. Jacquin *et al.*, (1992) observaram que a fração NSAnD foi a forma predominante de ¹⁵N imobilizado, sendo também a mais alterada pelo cultivo e apresentando-se como a mais rapidamente disponível às plantas. Vong *et al.* (1990)

Tabela 2 - Distribuição do ¹⁵N proveniente dos fertilizantes nos diferentes compartimentos orgânicos nitrogenados em três solos da Amazônia Central.

Tratamentos	Formas orgânicas de N	Concentração de N no solo mg kg ⁻¹	Átomos de ¹⁵ N-excesso %	Q ¹⁵ N ⁽²⁾ mg kg ⁻¹	¹⁵ N-fertilizante imobilizado ⁽³⁾ %
Latossolo					
(NH ₄) ₂ SO ₄	NSAD	401	0,206	0,82	3,4
	NSAnD	812	0,253	2,05	8,6
	NnH	349	0,070	0,24	1,0
	N orgânico total		-	3,12	13,0
Uréia	NSAD	374	0,249	0,93	4,5
	NSAnD	805	0,266	2,14	10,3
	NnH	365	0,089	0,32	1,6
	N orgânico total		-	3,39	16,4
Podzólico					
(NH ₄) ₂ SO ₄	NSAD	153	0,393	0,60	2,5
	NSAnD	424	0,415	1,76	7,3
	NnH	103	0,060	0,06	0,3
	N orgânico total		-	2,42	10,1
Uréia	NSAD	166	0,549	0,911	4,4
	NSAnD	363	0,598	2,171	10,5
	NnH	74	0,109	0,080	0,4
	N orgânico total		-	2,281	15,3
Glei Pouco Húmico					
(NH ₄) ₂ SO ₄	NSAD	247	0,989	2,44	10,2
	NSAnD	296	0,725	2,15	8,9
	NnH	186	0,061	0,11	0,5
	N orgânico total		-	4,70	19,6
Uréia	NSAD	211	0,804	1,69	8,2
	NSAnD	334	0,644	2,15	10,4
	NnH	175	0,105	0,18	0,9
	N orgânico total		-	2,29	19,4

⁽¹⁾ Aplicados 60 mg kg⁻¹ de N na forma de uréia e sulfato de amônio, marcados respectivamente com 34,5% e 40% de átomos de excesso de ¹⁵N. ⁽²⁾ Q¹⁵N = (N orgânico x átomos % de ¹⁵N em excesso na amostra)/100, onde Q¹⁵N é a quantidade de ¹⁵N na amostra. ⁽³⁾ N proveniente do fertilizante = (Q¹⁵N/Q¹⁵N do fertilizante) x 100.

encontraram correlação altamente significativa entre a fração NSAnD e a biomassa microbiana do solo, sendo que no solo cultivado um aumento mais acentuado da atividade biológica foi observado, induzindo uma maior porcentagem da fração NSAnD presente no solo. Sulçé *et al.* (1996) também mostraram a fração NSAnD como sendo a mais ativa do solo. Entre 26 a 27% do total de ^{15}N imobilizado no Latossolo foi encontrado na fração NSAD, enquanto que no Podzólico, a taxa de imobilização

NSAnD, a porcentagem de ^{15}N presente na fração NSAD decresceu muito pouco durante o cultivo. Por outro lado, Vong *et al.* (1990), relataram que nenhuma correlação significativa foi observada entre a fração NSAD e a biomassa microbiana do solo.

O teor de ^{15}N imobilizado no solo na fração NnH para os três solos foi baixo, variando de 8 a 10% no Latossolo, 2 a 5% no GPH, e permaneceu em torno de 2,5 % no Podzólico, para ambas as formas de fertilizantes.

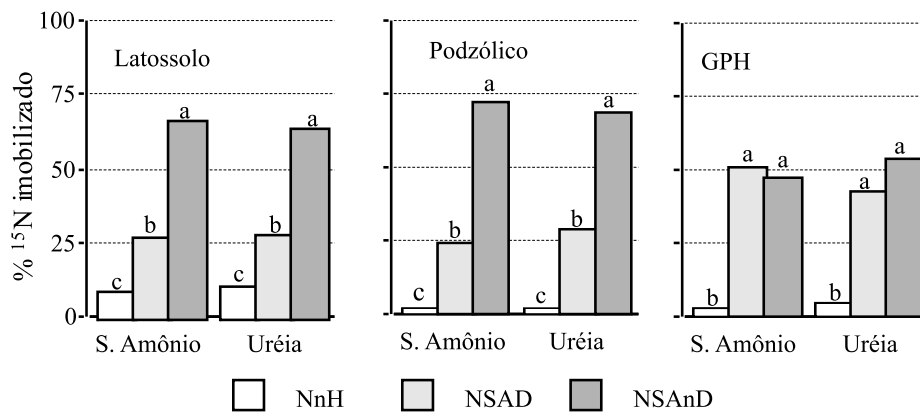


Figura 2 - Porcentagem de ^{15}N -fertilizante imobilizado nas frações orgânicas nitrogenadas em três solos da Amazônia Central. NnH (N-não hidrolisado), NSAD (N-solúvel em ácido e destilado) e NSAnD (N-solúvel em ácido e não destilado). Letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

nessa fração variou de 25 a 29%. De acordo com Vong (1987), essa fração de natureza amoniacal não apresenta contribuição importante em relação ao estoque e transformação de N de origem microbiana. Tal fração obtida por destilação direta, é muito lábil e seus teores apresentam pequena variação ao longo do tempo. Segundo o referido autor, a fração NSAD corresponderia a formas de N de transformação muito rápida e representaria um ponto de passagem para outras formas de N.

A figura 2 mostra que do total de ^{15}N imobilizado no GPH, entre 46 e 53% foram encontrados na fração NSAnD, nos tratamentos com sulfato de amônio e uréia, respectivamente, enquanto que 42% (uréia) a 52% (sulfato de amônio) do total de ^{15}N imobilizado ficou na fração NSAD. Nesse solo a presença de argila tipo 2:1 pode ter contribuído para o alto estoque de ^{15}N imobilizado na fração NSAD, devido à fixação de NH_4^+ (Alfaia & Nogueira, 1985). Segundo Kelley & Stevenson (1995), os ions amônio fixados nas argilas podem contribuir em grande parte para a elevação dos teores de N-orgânico na forma amoniacal. Os compostos nitrogenados retidos nas estruturas de latice dos minerais de argila podem ser particularmente resistentes ao ataque de microrganismos. Em um estudo sobre a mineralização do ^{15}N do fertilizante imobilizado nas diversas frações orgânicas do solo, Jacquín *et al.* (1992), observaram que ao contrário da fração

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a taxa de imobilização do N do fertilizantes no solo variou em função do tipo de solo e da forma do adubo aplicado. A determinação da forma orgânica do N do fertilizante imobilizado mostrou que nos Latossolo e Podzólico a imobilização foi principalmente de origem microbiana. Nesses solos, entre 63 a 66% (Latossolo) e 69 a 73% (Podzólico) do ^{15}N imobilizado no solo foi encontrado na forma de N solúvel em ácido e não destilado (NSAnD).

No solo GPH houve pouca diferença entre os teores de ^{15}N imobilizado nas frações NSAnD e N solúvel em ácido e destilado (NSAD). Entre 46 e 53% do ^{15}N imobilizado ficou na fração NSAnD e entre 42 a 52% ficou na fração NSAD. O alto estoque de ^{15}N imobilizado na fração NSAD pode estar relacionado com as características mineralógicas desse solo de várzea.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alfaia, S.S.; Nogueira, F.D. 1985. Estudo da capacidade de troca de cátions da fração mineral e orgânica de três solos da Amazônia Central. *Ciência & Prática*, 9(1): 30-38.
- Alfaia, S.S. 1997. Destino de adubos nitrogenados marcados com ^{15}N em amostras de dois solos da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21(3): 379-385.

- Alfaia, S.S. 1995. Destino de fertilizantes nitrogenados marcados com ^{15}N em um solo de várzea da Amazônia Central. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*, 47^a, São Luís, Anais, p 3.
- Bremner, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: Black, C.A. (ed). *Methods of soil analysis*. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, p.1179-1237.
- Broadbent, F.E.; Taylor, K.B. 1962. Laboratory and greenhouse investigations of nitrogen immobilization. *Soil Science Society American Proceedings*, 26: 459-462.
- Egoumenides, C.; Risterucci, A.; Melebou, K.E. 1987. Appréciation de la fertilisation azotée des sols tropicaux: études des fractions organiques de l'azote. *L'Agronomie Tropical*, 42(2): 85-93.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de solo. 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. Vol. 2. ed. ver. atual, 212 pp. Rio de Janeiro, RJ.
- Fiedler, R.; Proksch, G. 1975. The determination of nitrogen 15 by emission and mass spectrometry in biochemical analysis: a review. *Analytica Chimica Acta*, 78:1-62.
- Giddens, J.; Hauck, R.D.; Adans, W.E.; Dawson, R.N. 1971. Forms of nitrogen in plant and soil sample. *Soil Science Society American Journal*, 63: 458-460.
- Khan, S.U. 1971. Nitrogen fraction in gray wooded soil as influenced by long-term cropping systems and fertilizers. *Canadian Journal Soil Science*, 51: 431-437.
- Jacquin, F.; Cheloufi, H.; Vong, P.C. 1992. Immobilization and mineralization kinetics of a nitrogen fertilizer in calcareous clayey soil (rendzina). *The Science Total Environment*, 117/118: 271-278.
- Jacquin, F.; Vong, P.C. 1989. Incorporation of a nitrogen fertilizer in the humified compounds of a typic hapludalf. *The Science Total Environment*, 81/82: 465-469.
- Kelley, K.R.; Stevenson, F.J. 1995. Forms and nature of organic N in soil. *Fertilizer Research*, 42:1-11.
- Stewart, B.A.; Porter, L.K.; Johnson, D.D. 1963. Immobilisation and mineralisation of nitrogen in several organic fraction of soil. *Soil Science Society American Proceedings*, 27: 302-304.
- Schnitzer, M. 1981. Toward a better understanding of the interrelationship between Humus and nitrogen; a key economic and scientific problem in international agriculture. In: *Colloque Humus et Azote*, 1981, Anais, Reims-France, p.1-15.
- Sulçe, S.; Palma-Lopez, D.; Jacquin, F.; Vong, P.C., Guiraud, G. 1996. Study of immobilization and remobilization of nitrogen fertilizer in cultivated soils by hydrolytic fraction. *European Journal of Soil Science*, 47(2): 249-255.
- Vong, P.C. 1987. *Contribution à l'étude cinétique des différents compartiments azotés contenus dans les sols cultivés après apports de fertilisants minéraux et organiques*. Tese de Doutorado, École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaire/ Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, França. 217pp.
- Vong, P.C.; Kabibou, I.; Jacquin, F. 1990. Etudes des correlations entre biomasse microbienne et diferentes fractions d'azote organique presentes dans deux sols lorrains. *Soil Biology Biochemistry*, 22(3): 385-392.

Recebido em 26/05/2003

Aceito em 21/02/2006