



## AVALIAÇÃO DO DESTINO DE FERTILIZANTE NITROGENADO ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO ( $^{15}\text{N}$ ), EM PARCELAS DE EROÇÃO

J. Bramorski<sup>1</sup>, P.C.O. Trivelin<sup>2</sup>, S.Crestana<sup>3</sup>

- (1) Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP), Avenida Trabalhador São-Carlense, 400, 13566-590, São Carlos, SP, bramorski@gmail.com
- (2) Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), Avenida Centenário, 303, 13400-970, Piracicaba, SP, pcoolive@cena.usp.br
- (3) EMBRAPA Instrumentação Agropecuária. . Rua Quinze de Novembro, 1452, 13560-970. São Carlos, SP, crestana@cnpdia.embrapa.br

**Resumo:** A caracterização do destino do nitrogênio proveniente do fertilizante em um sistema agrícola é uma ferramenta essencial para a melhoria de práticas de manejo que visem à máxima utilização do nutriente pela cultura e o mínimo de perdas. Estudos que correlacionam o percentual de nitrogênio proveniente do fertilizante com as taxas de erosão do solo, bem como os fatores intervenientes nesse processo, são escassos. Neste sentido foram quantificadas as perdas por erosão hídrica de solo e nitrogênio proveniente do fertilizante, em condições distintas de preparo do solo em parcelas experimentais sob chuva simulada. O fertilizante nitrogenado utilizado foi marcado isotopicamente ( $^{15}\text{N}$ ). Os resultados demonstraram que a ausência de preparo do solo (SSP) condicionou maior deslocamento de Nitrogênio Proveniente do Fertilizante (NPF), bem como as maiores perdas de solo por erosão ao longo das chuvas aplicadas. As maiores perdas de NPF pelos sedimentos erodidos foram verificadas em SPC e ocorreram em decorrência das chuvas de menor intensidade. A técnica isotópica de enriquecimento do fertilizante em  $^{15}\text{N}$  possibilitou a análise da interferência do processo erosivo do solo na perda de NPF no sistema.

**Palavras-chave:** quantificação de nitrogênio proveniente do fertilizante,  $^{15}\text{N}$ , chuva simulada, erosão hídrica.

### CHARACTERIZATION OF NITROGEN FERTILIZER FATE THROUGH OF ISOTOPIC ENRICHMENT TECHNIQUE ( $^{15}\text{N}$ ) IN EROSION PLOTS

**Abstract:** The characterization of the fate of nitrogen derived from fertilizer in a system is an essential tool for the improvement of management practices aimed at maximum nutrient use by the crop and minimum losses. Studies correlating the percentage of nitrogen derived from the fertilizer with the soil erosion rates, and the factors involved in this process are scarce. Then, were quantified soil loss and nitrogen from the fertilizer by water erosion under conditions of tillage of experimental plots under simulated rainfall. The nitrogen fertilizer was isotopically labeled ( $^{15}\text{N}$ ). The results showed that the absence of tillage (SSP) conditioned largest displacement of nitrogen derived from fertilizer (NPF) and the highest soil losses by erosion along the rain applied. The highest losses of sediment eroded by the NPF were observed and occurred due to lower intensity rains. The isotopic enrichment technique of the fertilizer  $^{15}\text{N}$  allowed the analysis of the interference of soil erosion in NPF losses in the system.

**Keywords:** quantification of nitrogen derived from fertilizer,  $^{15}\text{N}$ , simulated rain, water erosion.

### 1. Introdução

Estudos com isótopos estáveis são cada vez mais comuns pela qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos e por não apresentarem riscos ao homem e ao ambiente (FARONI et al., 2009). Técnicas com o uso de  $^{15}\text{N}$  estão disponíveis para quantificar as perdas de nitrogênio e sua ciclagem no sistema (DELGADO et al., 2004).

A caracterização do destino do N do fertilizante em um sistema agrícola é uma ferramenta essencial para a melhoria de práticas de manejo que visem à máxima utilização do nutriente pela cultura e o mínimo de perdas (FENILLI et al., 2008). O uso de fertilizante enriquecido isotopicamente ( $^{15}\text{N}$ ) é uma excelente ferramenta para este tipo de investigação (REICHARDT & BACCHI, 2004).

Muitos estudos que utilizam esta ferramenta concentram-se no percentual do nitrogênio proveniente do fertilizante absorvido pelas culturas e/ou suas perdas pela água de escoamento (MEAD et al., 2008; GIACOMINI et al., 2010; WOODWARD, 2012; VALLANO & SPARKS, 2013). Estudos que correlacionam o percentual de nitrogênio proveniente do fertilizante com as taxas de erosão do solo, bem como os fatores intervenientes nesse processo, são escassos.

Neste contexto, objetivou-se quantificar as perdas de solo e nitrogênio proveniente do fertilizante por erosão hídrica, através do uso de fertilizante enriquecido isotopicamente ( $^{15}\text{N}$ ).

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Descrição das parcelas experimentais

O trabalho foi desenvolvido em campo, na área experimental da EMBRAPA Pecuária Sudeste (Fazenda Canchim), coordenadas UTM 206219, 7569671, no município de São Carlos/SP. O solo no local do experimento é constituído de um Latossolo Vermelho Amarelo Álico. A área experimental foi delineada com a implantação de parcelas com dimensões de 3,5 m de largura por 11m de comprimento, paralelas em declive. Na extremidade inferior foi deixado um orifício ao qual foi acoplado um tubo de PVC que conduziu a enxurrada até uma caixa coletora com capacidade de 1 m<sup>3</sup>. Foram utilizados dois tratamentos, com três repetições: três parcelas com solo submetido ao preparo convencional (SPC) (aração e duas gradagens) e três parcelas mantidas com solo sem preparo (SSP). Mais detalhes sobre as parcelas experimentais podem ser encontrados em Bramorski (2007).

Foram simuladas chuvas com utilização de um simulador de braços rotativos (LOMBARDI NETO et al., 1979), que cobria duas parcelas simultaneamente. Foram simuladas três chuvas sucessivas, com intervalos de 24 horas entre elas, com as seguintes intensidades: 1a chuva com 30 mm/h, 2a chuva com 30 mm/h e 3a chuva com 70 mm/h.

### 2.2. Adição de <sup>15</sup>N

Cada parcela recebeu uma dose equivalente de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), com concentração isotópica de 5,09% em átomos de <sup>15</sup>N. O fertilizante foi incorporado manualmente, a 3 cm de profundidade em uma linha de 3 metros, transversalmente na parcela.

### 2.3. Coleta e análise de amostras

<sup>15</sup>N no solo: foram coletadas amostras por meio de cilindros metálicos após o final do experimento, ou seja, após a aplicação das três simulações de chuvas. Foram coletadas 2 amostras na linha de aplicação do fertilizante, 2 amostras a partir de 3 metros da linha de aplicação e mais 2 amostras a partir de 6 metros da linha de aplicação.

<sup>15</sup>N no sedimento e na água: após cada evento de chuva simulada coletou-se o material escoado superficialmente (água + sedimento). A amostra foi filtrada e uma alíquota da solução resultante foi submetida a digestão Kjeldhal, descrito por BREMNER & MULVANEY (1982), para a determinação da concentração de N. O sedimento retido no filtro foi removido e seco em estufa a 60°C por 24 horas e então pulverizado e submetido a posterior determinação de N-total e de abundância de <sup>15</sup>N.

A abundância de <sup>15</sup>N foi determinada por espectrometria de massa (Hydra 20-20, acoplado a um analisador automático ANCA-GSL, da SerCon Co., Krewé, UK).

### 2.4. Determinação do percentual de nitrogênio proveniente do fertilizante (%NPF)

O % NPF e a quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (QNPF) para cada tipo de amostra (solo-sedimento e água) foram calculadas com base no IAEA, (1983).

Calculou-se o %NPF através da relação entre a porcentagem de átomos de <sup>15</sup>N (% atm <sup>15</sup>N exc. amostra) em excesso na amostra e a porcentagem de átomos de <sup>15</sup>N (% atm <sup>15</sup>N exc. fert) em excesso no fertilizante:

$$\%NPF = \frac{(\%^{15}N \text{ exc. amostra}) \times 100}{(\%^{15}N \text{ exc. fert.})}$$

A QNPF (kg N ha<sup>-1</sup>) foi calculada pelo resultado de %NPF e a quantidade total de N na amostra (QNT, kg N ha<sup>-1</sup>).

$$QNPF = \frac{(\%NPF) \times QNT}{100}$$

## 3. Resultados e Discussão

A tabela 1 mostra o % NPF retido na linha de aplicação do fertilizante após 24 mm de chuva acumulada. Os valores ficaram entre 37,99% e 12,97% em SSP e 33,01% e 2,15% em SPC.

Cabe ressaltar que, ausência de culturas no presente experimento condicionou esses altos valores de NPF no solo. BASANTA et al. (2003) encontraram cerca de apenas 10% NPF incorporado ao solo com plantio de cana-de-açúcar após 128 mm de chuva em 100 dias. VALLIS & KEATINHO (1994) encontraram entre 20 e 30% de NPF no solo. FENILLI et al. (2008) encontraram apenas 12,6% de NPF no solo, em cultivo de café.

Se observada a dinâmica de nitrogênio no solo e suas relações solo-sedimento (após o processo erosivo) o método de preparo condiciona situações distintas.

GUADAGNIN et al. (2005) verificaram que sistemas conservacionistas de manejo do solo mostraram-se mais eficazes do que o preparo convencional na redução das perdas de solo, água e N mineral, em solo sem cultivo.

Tabela 1. %NPF recuperado em cada parcela após 24 mm de chuva.

	SSP			SPC		
	P1	P3	P5	P2	P4	P6
Total	37,99	23,43	12,97	33,01	16,09	2,15

### 3.1. Perda de NPF pelo escoamento superficial

A Tabela 2 apresenta os totais de sedimentos erodidos ao final de cada chuva simulada, bem como a quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (NPF).

Com relação à produção de sedimentos ao final de cada chuva, verificou-se que a maior intensidade ocasionou maiores perdas em todas as parcelas, independentemente do tratamento, com exceção da Parcela 2 (SPC). Porém, quando analisadas as quantidades de nitrogênio provenientes do fertilizante aplicado (NPF), constatou-se que as maiores taxas de NPF estão associadas às menores taxas de erosão do solo.

Bertol et al. (2003) afirmam que os incrementos nas taxas de perdas de nutrientes são geralmente inversamente proporcionais às perdas de solo. Alberts & Moldenhauer (1981) explicam que conforme a erosão decresce a proporção de partículas menores observadas no material erodido aumenta. Assim, os sedimentos tornam-se mais ricos em nutrientes.

Com relação aos tipos de preparo verificou-se que, apesar de as parcelas SSP apresentarem as maiores taxas totais de erosão ao final das 3 simulações de chuvas apresentaram também as menores taxas totais de NPF.

Tabela 2. Total de sedimentos erodidos (g) e quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante (NPF) ao final de cada chuva.

Parcelas	Intensidade da chuva (mm/h)	Total de sedimentos erodidos (g)	%NPF
P1	30	10,28	1,80
	30	11,70	2,95
	70	79,80	0,16
Total		101,78	4,91
P3	30	7,20	1,79
	30	9,60	0,76
	70	38,00	0,23
Total		54,80	2,78
P5	30	1,50	3,38
	30	2,40	1,87
	70	15,60	0,26
Total		19,50	5,51
P2	30	6,90	3,88
	30	7,36	3,43
	70	5,94	0,24
Total		20,20	7,55
P4	30	0,78	4,27
	30	1,35	2,68
	70	13,77	0,08
Total		15,90	7,02
P6	30	1,28	12,83
	30	6,90	0,31
	70	28,05	0,41
Total		36,23	13,55

### 3.2. Perdas de nitrogênio proveniente do fertilizante (NPF) pela água da enxurrada

A baixa pressão de gás (N<sub>2</sub>) produzida no espectrômetro de massas na determinação de N-total e de abundância de <sup>15</sup>N de formas orgânicas e minerais existentes na água (nitrato + nitrito + amônio) revelou baixa concentração do elemento. Assim, na escala em que foi reproduzido o presente experimento, a água não foi considerada, individualmente, como um meio importante para a perda de NPF na forma dissolvida.

#### 4. Conclusões

As parcelas SSP apresentaram as maiores perdas de solo por erosão ao longo das chuvas aplicadas, bem como as maiores perdas de NT. As maiores perdas de NPF pelos sedimentos erodidos foram verificadas em SPC. A quantidade de sedimentos erodidos e as perdas de NPF através destes sedimentos apresentaram relação inversa, ou seja, quanto menor a quantidade de sedimentos erodidos maior o percentual de NPF associado a estes.

A técnica isotópica de enriquecimento do fertilizante em  $^{15}\text{N}$  possibilitou a análise da interferência do processo erosivo do solo na perda de NPF no sistema.

#### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de doutorado do primeiro autor; à FAPESP pela concessão de Auxílio à Pesquisa; à EMBRAPA Pecuária Sudeste e EMBRAPA Instrumentação Agropecuária pelo suporte físico e infraestrutura disponibilizada; ao Instituto Agrônomo de Campinas - IAC pelo empréstimo do simulador de chuvas; ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) pelas análises de rendimento de  $^{15}\text{N}$  e pelo fertilizante marcado isotópicamente.

#### Referências

- BASANTA, M.V.; DOURADO-NETO, D.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S.; OLIVEIRA, J.C.M.; TRIVELIN, P.C.O.; TIMM, L.C.; TOMINAGA, T.T.; CORRECHEL, V.; CÁSSARO, F.A.M.; PIRES, L.F.; MACEDO, J.R. Management effects on nitrogen recovery in a sugarcane crop grown in Brazil. *Geoderma* 116: 235–248, 2003.
- BRAMORSKI, J. Avaliação da perda de solo e fertilizantes nitrogenados por erosão em áreas agrícolas: uma abordagem integrada e experimental dos fatores intervenientes no processo. (Tese de Doutorado). EESC USP. São Carlos, 2007. 219 p.
- BREMNER, J.M. & MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KENEY, D.R., eds. *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties*. 2.ed. Madison, America Society of Agronomy, 1982. v.2. p.595-624. (Agronomy, 9).
- DELGADO, J.A.; DILLON, M.A.; SPARKS, R.T. & FOLLETT, R.F. Tracing the fate of  $^{15}\text{N}$  in a small-grain potato rotation to improve accountability of N budgets. *J. Soil Water Conserv.*, 59:271-276, 2004.
- FARONI, C. E; TRIVELIN, P.C.O.; FRANCO, H.C.J.; VITTI, A.C.; OTTO, R.; CANTARELLA, H. Estado nutricional da cultura de cana-de-açúcar (cana-planta) em experimentos com  $^{15}\text{N}$ . *R. Bras. Ci. Solo*, 33:1919-1927, 2009.
- FENILLI, T.A.B.; REICHARDT, K.; FAVARIN, J.L.; BACCHI, O.; SILVA, A.L.; TIMM, L.C. Fertilizer  $^{15}\text{N}$  balance in a coffee cropping system: a case study in Brazil. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1459-1469, 2008.
- GIACOMINI, S.J.; MACHET, J.M.; BOIZARD, H.; RECOUS, S. Dynamics and recovery of fertilizer  $^{15}\text{N}$  in soil and winter wheat crop under minimum versus conventional tillage. *Soil & Tillage Research* 108:51–58, 2010.
- GUADAGNIN, J.C; BERTOL, I; CASSOL, P.C.; AMARAL, A.J. Soil, water and nitrogen losses through erosion under different tillage systems. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:277-286, 2005.
- IAEA, 1983. A guide to the use of nitrogen 15 and radioisotopes in studies of plant nutrition: calculations and interpretation of data. A technical document issued by the International Atomic Agency, Vienna, IAEA/TECDOC-288. 63 pp.
- LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M.; SILBA, I. R.; BERTONI, J. Simulador de chuva e sua aplicação em pesquisas de erosão do solo. *O Agrônomo*, Campinas, SP, 31:81-98, 1979.
- MEAD, D.J.; CHANG, S.X.; PRESTON, C. M. Recovery of  $^{15}\text{N}$ -urea 10 years after application to a Douglas-fir pole stand in coastal British Columbia. *Forest Ecology and Management* 256:694–701, 2008.
- REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Isotopes in soil and plant investigations. In: *Encyclopedia of soils and the environment*. Amsterdam: Elsevier, 2004. v.1, p.280-284.
- VALLANO, D.M.; SPARKS, J. P. Foliar  $^{15}\text{N}$  is affected by foliar nitrogen uptake, soil nitrogen, and mycorrhizae along a nitrogen deposition gradient. *Oecologia* 172:47–58, 2013.
- VALLIS, I.; KEATING, B.A. 1994. Uptake and loss of fertilizer and soil nitrogen in sugarcane crops. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.*, 1994 Conf. Watson Ferguson, Journsville, pp. 105–113.
- WOODWARD, D.W.; POTITO, A.P.; BEILMAN, D.W. Carbon and nitrogen stable isotope ratios in surface sediments from lakes of western Ireland: implications for inferring past lake productivity and nitrogen loading. *J Paleolimnol* 47:167–184, 2012.