

# BRAGANTIA

*Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo*

Vol. 15

Campinas, junho de 1956

N.º 10

## PERDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS PELA EROSÃO. I — NITROGÊNIO E SUAS RELAÇÕES COM AS QUANTIDADES EXISTENTES NO SOLO E NA ÁGUA DE CHUVA (\*)

F. DA COSTA VERDADE, *engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia*, F. GREDIMANN e J. QUINTILIANO A. MARQUES, *engenheiros-agrônomos, Seção de Conservação do Solo, Instituto Agrônomo*

### RESUMO

Para estudar as perdas do elemento nitrogênio, ocasionadas pela erosão num solo tipo terra roxa misturada, em Campinas, utilizaram-se quatro talhões sujeitos a plantio e práticas culturais diferentes, mantidos pela Seção de Conservação do Solo, do Instituto Agrônomo.

As amostras da água de enxurrada e do material sólido arrastado de cada talhão eram retiradas de coletores especiais e as águas das chuvas que produziram enxurradas, de um pluviômetro mantido nesse campo experimental.

Os resultados indicam que o nitrogênio nas formas nítrica e amoniacal, trazido pelas chuvas, só em parte é perdido pela erosão. Os ganhos em nitrogênio, pelo solo, compensam parcialmente as perdas desse elemento sob outras formas, ocasionadas pela água de enxurrada. Dependendo da prática conservacionista e do desenvolvimento das chuvas, o nitrogênio incorporado ao solo pode compensar as perdas ocasionadas pelo material sólido erodido. Nas práticas culturais mais comuns no Estado, porém, as perdas de nitrogênio no material arrastado são muito elevadas e não são recuperadas pelo nitrogênio trazido pelas chuvas.

O tipo de cultivo e práticas culturais parecem não ter influência na composição da água de enxurrada. As relações entre a **composição da chuva**, de um lado, e a de enxurrada e material arrastado, de outro, não são muito claras. Para o nitrogênio amoniacal parece existir um equilíbrio entre as fases sólida e líquida das perdas por erosão, pois chuvas relativamente ricas nesse radical produziram enxurradas mais pobres, enquanto chuvas muito pobres deram enxurradas com teores mais elevados, isto é, os teores de N-amoniacal eram relativamente constantes nas enxurradas, independentes dos teores existentes nas chuvas.

Para os nitratos não existiu relação entre chuvas e enxurradas, sendo as variações talvez devidas às oscilações sofridas no fenômeno de nitrificação do solo.

### 1 — INTRODUÇÃO

A determinação das quantidades totais de terra e água arrastadas pela erosão vem sendo feita desde 1943, nas várias condições do Estado de São Paulo, pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo, com o auxílio de talhões experimentais munidos de coletores especiais (1,5,6).

(\*) Recebido para publicação em 6 de dezembro de 1955.

As perdas de elementos nutritivos por efeito da erosão hídrica dependem, obviamente, da quantidade total de terra e água arrastadas e do teor com que os diversos elementos figuram no solo.

Perdas por erosão, dos principais elementos nutritivos, já foram calculados por Grohmann e Catani (3), em alguns dos referidos talhões experimentais existentes na Estação Experimental de Pindorama, em solo do arenito Bauru.

No presente trabalho são apresentados os estudos das perdas de nitrogênio, durante 1950-1952, em talhões experimentais mantidos pela Seção de Conservação do Solo na Estação Experimental Central, em Campinas.

Dentre os vários elementos fertilizantes estudados, o nitrogênio difere dos demais porque provém de duas fontes, quais sejam, solo e água de chuva. As águas pluviais trazem quantidades apreciáveis do nitrogênio nas formas nítrica e amoniacal (9), que são incorporadas ao solo pelo filete de infiltração, ou perdidas pelo filete de erosão.

Ambas as fontes de nitrogênio foram consideradas no presente estudo, procurando-se, desta forma, estabelecer as relações entre o nitrogênio do solo e das chuvas com as quantidades perdidas pela terra arrastada e a água escorrida.

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

Os talhões munidos de sistemas coletores de material erodido, utilizados na realização deste trabalho, constituem o Grupo IV da série de talhões experimentais que a Seção de Conservação do Solo mantém em funcionamento desde 1944-45, na Estação Experimental Central em Campinas, e cuja descrição foi feita por Marques, Bertoni e Grohmann (5,6). O solo desses talhões é do tipo **terra roxa-misturada**, cujo material original é diabase e arenito glacial. As características químicas principais desse solo são apresentadas no quadro 1, tendo sido as amostras representativas dos quatro talhões estudados, colhidas até uma profundidade de 25 cm, o que representa o horizonte A<sub>1</sub> e parte do A<sub>3</sub>.

QUADRO 1.—Características químicas dos solos de cada talhão

Talhão	pH	Relação C/N	Em 100 g de terra fina seca na estufa						
			Teor total		Teor trocável				
			C	N	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Mn <sup>++</sup>
			%	%	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg	e. mg
1	5,35	11,2	1,60	0,143	0,94	0,080	3,09	0,25	0,22
2	5,57	12,7	1,28	0,101	0,82	0,075	2,44	0,50	0,30
3	5,55	11,6	1,30	0,112	0,89	0,205	2,88	0,41	0,35
4	5,35	13,0	1,46	0,112	0,71	0,080	2,33	0,49	0,20

Nesse grupo de talhões visa-se estudar a erosão do solo sob o efeito dos diferentes sistemas de plantio e cultivo do algodoeiro, num dos tratamentos estando intercaladas faixas estreitas de cana de açúcar. Os tratamentos são alternados anualmente nos diferentes talhões, em rodízio sistemático, com exceção do tratamento com faixas de cana, que só é mudado cada três anos. Os tratamentos usados no grupo IV e sua distribuição nos talhões durante os anos em que se realizou o presente trabalho, foram os dados a seguir.

**A — alternância de capinas** — plantio em curvas de nível e capinas alternadas; tratamento no talhão 1 em 1950/51, e no talhão 4 em 1951/52.

**B — cordões de cana em contôrno** — plantio em curvas de nível, capinas maciças e faixas estreitas de cana de açúcar em intervalos de 25 m; foi o tratamento usado para o talhão 2 em 1950/51 e 1951/52.

**C — plantio em contôrno** — plantio em curvas de nível, capinas maciças; aplicado ao talhão 3 em 1950/51, e ao talhão 1 em 1951/52.

**D — morro abaixo** — plantio com as fileiras de algodão seguindo as linhas de maior declive do terreno e capinas maciças; êste tratamento foi usado para o talhão 4 em 1950/51, e para o talhão 3 em 1951/52.

As determinações do nitrogênio no solo arrastado e na água de enxurrada foram feitas pelo método Kjeldahl (7), retificado para o  $\text{NH}_4^+$ , porque o processo inclui o radical amônio (1). O método usado para a dosagem dos nitratos na enxurrada foi o do ácido fenoldissulfônico, sendo a argila da suspensão precipitada pelo hidróxido de alumínio recém-preparado, o que constitui a única variação do método já descrito (8). Não foram dosados os nitratos no material arrastado porque as primeiras determinações revelaram um teor muito baixo, fora dos limites de precisão do método. O nitrogênio amoniacal foi dosado nas chuvas, águas de enxurrada e no material arrastado, pela nesslerização (4).

### 3 — RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados das análises das chuvas, águas das enxurradas e materiais sólidos arrastados pela erosão, permitiram esboçar alguns fenômenos que ocorrem na economia do nitrogênio do solo. Diversos pontos estudados serão descritos a seguir.

#### 3.1 — GANHOS E PERDAS DE NITROGÊNIO PELO SOLO

As análises do nitrogênio nítrico, amoniacal e total nas enxurradas, no material sólido arrastado e nas chuvas, permitiram balancear as perdas e ganhos que se processaram no solo durante os anos agrícolas de 1950/51 e 1951/52. No quadro 2 são apresentadas as quantidades de N recebidas pelo solo através das chuvas, e as quantidades perdidas na enxurrada e no material sólido arrastado. As perdas e ganhos foram computados

(1) Convencionou-se chamar aqui de "nitrogênio total" todo o nitrogênio dosado por kjeldahlização, sem incluir os nitratos e o amônio.

em função dos tratamentos dos talhões. Assinala-se, ainda, que o nitrogênio das águas pluviais corresponde somente às chuvas que produziram enxurradas para o tratamento estudado. As quantidades de nitrogênio trazidas anualmente já foram apresentadas em uma nota que condensa determinações de 15 anos (9).

QUADRO 2.—Quantidades de nitrogênio recebidas pelo solo e perdidas por erosão, em dois anos, para diferentes práticas culturais do algodoeiro

Ano agrícola	Tratamento dos talhões	Nitrogênio nítrico + amoniacal			Nitrogênio sob outras formas		Balanço total de nitrogênio
		Nas chuvas que produziram enxurradas	Nas enxurradas e material arrastado	Perda	Nas enxurradas	No material sólido arrastado	
		kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha	kg/ha
1950/51	A -----	1,88	0,16	8,4	0,83	5,78	- 4,89
	B -----	1,35	0,04	2,9	0,25	-----	+ 1,06
	C -----	2,44	0,37	15,3	1,60	40,38	-39,91
	D -----	2,85	0,76	26,6	2,69	55,64	-56,24
1951/52	A -----	7,97	0,14	1,6	0,10	1,30	+ 6,43
	B -----	0,78	0,02	2,2	0,47	-----	+ 0,29
	C -----	4,53	0,66	14,3	1,51	1,22	+ 1,14
	D -----	8,22	0,47	4,8	0,47	7,23	+ 0,10

Verifica-se, pelos resultados expostos no quadro 2, que somente uma fração do nitrogênio nítrico e amoniacal trazidos pelas chuvas é perdida por erosão. O máximo de perda, em relação às chuvas que produziram enxurradas, foi de 26,6%. Pode-se concluir que as perdas, em relação às quantidades de nitrogênio trazidas por tôdas as chuvas, deverão ser menores. Esses resultados confirmam os obtidos por Daniel e outros (2), para os nitratos.

Outras formas de nitrogênio, além da amoniacal e nítrica, são arrastadas na enxurrada e têm como fonte o solo. Essas formas não foram identificadas e constituem o nitrogênio dosado na kjeldahlização, com a correção devida ao amônio (nitrogênio total). O quadro 2 indica que as perdas de nitrogênio nas formas amoniacal, nítrica e a da kjeldahlização nas águas de enxurrada, são menores que o nitrogênio trazido pelas chuvas, exceto para o tratamento D. Como foi computado somente o N das chuvas que produziram enxurradas, se tomarmos por base as chuvas anuais poderemos concluir que, nas condições desta experiência, o nitrogênio ganho pelo solo foi sempre maior que o perdido na água de enxurrada.

As grandes perdas de nitrogênio ocorrem nas formas presentes no material sólido erodido. Essas perdas são proporcionais à quantidade de material arrastado, nunca sendo compensadas pelas chuvas, exceto nos anos de pequenas erosões (1951/52) ou tratamentos com boas práticas conservacionistas, como por exemplo, o tratamento com cordões de cana.

A sucessão de práticas ou tratamentos conservacionistas, na ordem crescente de perdas totais de nitrogênio, foi: cordões de cana em contôrno (B), alterância de capinas (A), plantio em contôrno (C) e morro abaixo (D). Essa mesma ordem foi encontrada para as perdas de nitrogênio total e nitrogênio nítrico mais amoniacal, exceto no ano agrícola 1951/52 nas duas últimas formas de nitrogênio, quando houve uma inversão de lugar entre os tratamentos C e D. Essa inversão deve ser consequência de terem ocorrido poucas enxurradas nesse ano.

As perdas de nitrogênio seguem, portanto, a eficiência do tratamento para evitar a erosão, isto é, quanto maior for o contrôle da erosão menor serão as perdas de nitrogênio.

Do ponto de vista da economia de nitrogênio do solo, duas conclusões podem ser tiradas. A primeira é que certas práticas conservacionistas podem acumular no solo o nitrogênio trazido pelas chuvas. A segunda é que os processos conservacionistas que mais evitem o arrastamento de material sólido, sem afetar proporcionalmente a enxurrada, também são interessantes porque as perdas de nitrogênio pela enxurrada são compensadas pelo nitrogênio trazido pelas chuvas.

### 3.2 — RELAÇÃO ENTRE O CONTEÚDO DE NITRATOS E AMÔNIO, NA CHUVA E NA ENXURRADA

Para estudar as interrelações da composição da chuva e da enxurrada, elaborou-se o quadro 3. Neste quadro apresentam-se alguns dados do tratamento C que permitem esclarecer as conclusões obtidas pela análise dos resultados de todos os tratamentos durante os dois anos de estudo. A apresentação do teor de nitrogênio nítrico e amoniacal, em função dos volumes crescentes de enxurrada, permite também analisar o fator volume.

QUADRO 3.—Composição em nitrogênio nítrico e amoniacal da enxurrada e solo e suas relações com a composição das águas de chuva e volume da enxurrada

Data da chuva	Volume da enxurrada	Nitrogênio nítrico		Nitrogênio amoniacal		
		Nas águas de chuva	Na enxurrada	Nas águas de chuva	Na enxurrada	No solo arrastado
	l/ha	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/100 g
5- 1-1951	1.571	1.09	0.47	1.76	0.16	1.13
26- 1-1951	2.312	0.01	0.64	0.32	0.37	0.77
7- 1-1951	5.840	0.40	2.79	1.50	0.05	0.54
18- 1-1951	8.800	0.08	1.92	0.02	0.29	1.26
8- 1-1951	13.162	0.78	1.74	0.90	0.03	0.63
29-11-1951	23.491	0.39	0.64	0.02	0.05	0.71
20- 1-1951	33.425	2.83	0.31	0.03	0.60	0.99
10- 1-1951	43.796	0.64	1.45	0.21	0.11	0.45
1- 1-1951	50.182	0.81	1.12	0.20	0.01	0.69
9- 3-1951	68.779	traços	0.08	1.14	0.27	0.99
20- 2-1951	102.550	0.16	0.19	0.13	0.04	1.30

Como se verifica, nenhuma relação existe entre a concentração de amônio e de nitrato na enxurrada com o volume desta.

A concentração de nitratos na chuva também não tem influência no teor deste radical na enxurrada. Em virtude da grande variação em  $\text{NO}_3^-$  na composição da enxurrada, supõe-se que a sua concentração esteja mais ligada à nitrificação do solo do que aos nitratos das chuvas.

O amônio das enxurradas é em parte independente do das chuvas, pois enquanto para estas houve variação sensível, a enxurrada sempre apresentou teores mais ou menos constantes (0,01-0,6 mg/l). Admite-se que, estando o  $\text{NH}_4^+$  em concentração mais elevada na água de chuva, êle seja adsorvido pelo solo; no caso inverso, o solo perde amônio para a enxurrada. Não se procurou estabelecer relação entre o teor de amônio no material arrastado e na enxurrada, porém nota-se que no solo a concentração do amônio é mais ou menos constante, variando de 0,54 a 1,30

QUADRO 4.—Composição da enxurrada para as diferentes práticas culturais do algodoeiro

Datas das enxurradas	Formas do nitrogênio	Tratamento			
		A	B	C	D
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
27-11-1950	$\text{NO}_3^-$ .....	0,10	traços	traços	traços
	$\text{NH}_4^+$ .....	0,10	0,01	0,02	0,07
	total .....	0,92	0,70	0,66	0,98
29-11-1950	$\text{NO}_3^-$ .....	0,64	0,81	0,64	0,21
	$\text{NH}_4^+$ .....	0,06	0,06	0,05	0,04
	total .....	1,85	2,28	2,05	2,03
1- 1-1951	$\text{NO}_3^-$ .....	1,05	1,61	1,12	1,16
	$\text{NH}_4^+$ .....	0,02	0,04	0,01	0,06
	total .....	2,58	1,86	3,12	3,42
4- 1-1951	$\text{NO}_3^-$ .....	0,89	0,23	0,43	0,50
	$\text{NH}_4^+$ .....	0,10	0,39	0,04	0,03
	total .....	2,65	2,42	2,82	2,90
8- 1-1951	$\text{NO}_3^-$ .....	3,40	2,11	1,74	1,22
	$\text{NH}_4^+$ .....	0,20	0,23	0,03	0,13
	total .....	3,71	3,33	3,98	3,18
19-11-1951	$\text{NO}_3^-$ .....	1,70	-----	0,93	0,93
	$\text{NH}_4^+$ .....	0,07	-----	0,19	0,23
	total .....	3,73	-----	4,47	3,38

mg/100 g de solo. Visto que tanto o teor em nitrogênio amoniacal da enxurrada como o do material arrastado tem certa constância, é provável que se estabeleça um equilíbrio, já assinalado acima, entre as duas fases.

### 3.3 — CONCENTRAÇÃO DO NITROGÊNIO NO SOLO E NO MATERIAL ARRASTADO, EM RELAÇÃO À PRÁTICA CULTURAL ADOTADA

Outro fator que pode influenciar a composição da enxurrada é o sistema de cultivo do solo. O quadro 4 apresenta alguns resultados analíticos que permitem discutir esse assunto.

Os resultados expressos nesse quadro indicam que os modos de plantio e cultivo que sofre o solo, não influem nas quantidades das diferentes formas de nitrogênio que existem na água de enxurrada. O mesmo também é verdadeiro para a composição do material sólido arrastado e decantado, como se verifica pelo quadro 5.

QUADRO 5.—Composição do solo arrastado pela erosão, para as diferentes práticas culturais do algodoeiro

Data das enxurradas	Formas do nitrogênio	Tratamento			
		A	B	C	D
		mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g
4-1-1951	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,89	0,81	2,65	1,17
	total	133,00	104,00	118,00	129,00
10-1-1951	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,74		0,83	0,62
	total	139,00		139,00	148,00
15-1-1951	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,06		0,57	0,76
	total	159,00		128,00	105,00
18-1-1951	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,60		1,26	1,03
	total	133,00		99,00	118,00
20-1-1951	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,67		1,00	0,43
	total	127,00		121,00	140,00

Ao se comparar os teores de nitrogênio total do material sólido eroso com os teores médios duma camada de 25 cm do solo em estudo (quadro 1), verifica-se a maior riqueza em nitrogênio do primeiro. O nitrogênio total do solo decresce com a profundidade sendo de se notar que a coleta de solo para análise se faz em camada cujo teor representa a média das zonas mais ricas e das mais pobres. A erosão, desgastando a superfície do solo, mais rica em nitrogênio, irá dar materiais mais ricos do que o solo representado pela camada analisada.

O quadro 5 ainda permite realçar as grandes diferenças de perdas produzidas pela enxurrada e pelo material sólido arrastado, assinaladas no capítulo 3.1.

## PLANT NUTRIENT LOSSES CAUSED BY EROSION. I. NITROGEN AND ITS RELATIONSHIP TO SOIL AND RAIN WATER

### SUMMARY

The economy of soil nitrogen in relation to erosion losses in plots submitted to controlled management and conservation practices was studied from 1950 through 1952. Aliquots of the eroded material, runoff water, and rainfall (from rain gauge) were analysed for ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, and total nitrogen.

The quantity of ammonium and nitric nitrogen removed in the runoff water and in the lost soil was smaller than that found in the rain water. Thus, for the conditions of the experiment, nitrogen introduced in the soil by the rains compensated for the total loss of nitrogen in the runoff water. However, the amount of nitrogen removed in the eroded material far exceeded any losses in the runoff water and the gains from rain water, except for plots that received good conservation practices.

No correlation was found between soil management or conservation practices and ammonium and nitric nitrogen content in the runoff water. The relationship between rain water composition and runoff water was not clear. It seems that the nitrates in the runoff water are more closely related to soil nitrification than to rainfall composition. The ammonium nitrogen content in the runoff water and in the eroded material was fairly constant and seemed independent of the rain water composition. This fact is explained as the result of an equilibrium between the solid and liquid phases of the erosion losses.

### LITERATURA CITADA

1. **BERTONI, J.** Sistemas coletores para determinações de perdas por erosão. *Bragantia* 9:[147]-155. 1949.
2. **DANIEL, H. A., ELWELL, H. M. & HARPER, H. J.** Nitrate nitrogen content of rain and runoff water from plots under different cropping systems on soil classified as Vernon fine sandy loam. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 3:230-233. 1938.
3. **GROHMANN, F. & CATANI, R. A.** O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do arenito Bauru. *Bragantia* 9:[125]-132. 1949.
4. **HARPER, J. H.** The determination of ammonia in soils. *Soil Sci.* 18:409-418. 1924.
5. **MARQUES, J. Q. A.** Determinação de perdas por erosão. *Arch. fitotéc.* 4:505-556. 1951.
6. ——— **BERTONI, J. & GROHMANN, F.** Determinação de perdas por erosão em São Paulo, de 1943 a 1953. Trabalho apresentado ao II Congresso Panamericano de Agronomia, Piracicaba, São Paulo, 1954. [Não publicado]
7. **PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., QUEIROZ, M. S. & KÜPPER, A.** Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de São Paulo. Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 1.ª, Rio de Janeiro, 1947. *Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 1950. p. 79-108.
8. **VERDADE, F. C.** Dosagem dos nitratos do solo pelo método do ácido fenoldissulfônico. *Bragantia* 11:[1]-12. 1951.
9. ——— **& KÜPPER, A.** Nitrogênio nítrico e amoniacal nas águas pluviais. *Bragantia* 14:XI-XIII. 1955.