

EFEITOS DA EROÇÃO NA PRODUTIVIDADE DE DOIS SOLOS DA CLASSE LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO*

JOSÉ RONALDO COELHO SILVA**
MARDÔNIO AGUIAR COELHO**
ELDER GURGEL SOUZA MOREIRA**
PEDRO RAIMUNDO OLIVEIRA NETO***

RESUMO

Os resultados das pesquisas básicas sobre conservação do solo são geralmente expressos em unidades de massa e volume de terra e água perdidos, em megajoules de energia cinética da chuva ou em graus de declive das áreas cultivadas. No bojo desses resultados se situam informações importantíssimas para aqueles que estudam e planejam cientificamente o combate à erosão. Entretanto, para a maioria dos agricultores, torna-se difícil a interpretação desses resultados, posto que eles são mais sensíveis a dados relacionados com sua produção, suas despesas e seus rendimentos. Visando contribuir para demonstrar de forma mais compreensível aos agricultores, os prejuízos decorrentes da erosão do solo, foi desenvolvido o presente trabalho, utilizando-se a cultura do milho em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, localizado na Região da Ibiapaba, Estado do Ceará, no qual simulou-se um grau de erosão

ligeiro e um grau de erosão severo, obtendo-se dados de produção e custo nos dois graus de erosão citados. A avaliação das perdas de solo, água e nutrientes foi procedida pela utilização de um simulador de chuva em outro talhão submetido a uma aração e a duas gradagens sem práticas conservacionistas. Verificaram-se redução de 27,7% na produção de milho e aumento de 38% nos custos de produção dessa cultura implantada no grau de erosão severo, em relação ao grau de erosão ligeiro. Foram detectadas perdas de nutrientes equivalentes à aplicação de 517,9 kg/ha de uma mistura contendo sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, correspondendo a um custo de 23,1 ORTN.

SUMMARY

EROSION EFFECTS ON PRODUCTIVITY OF TWO RED-YELLOW LATOSOLS

Results of basic researches about soil conservation are usually expressed in unities of masses and volumes of soil and water losses, in megajoules of kinetic energy of rainfall or in angle of slope of croplands. Within these results are placed very important informations to researchers and planners of erosion control. Nevertheless, the interpretation of these

* Trabalho subvencionado pelo Convênio POLO-NORDESTE/FCPC/UFC — Departamento de Ciências do Solo/CCA.

** Professores do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará. Caixa Postal, 3038. CEP: 60.000 — Fortaleza — Ceará. Bolsistas do CNPq.

*** Eng.^o Agr.^o do Convênio POLONORDESTE/FCPC/UFC — Departamento de Ciências do Solo/CCA. Caixa Postal, 3038. CEP. 60.000 — Fortaleza — CE.

results are very difficult to the majority of farmers because they are more sensible to data related to their production, costs and earns. To contribute to demonstrate the erosion harms, in a more comprehensive way to the farmers, this work was carried on a corn crop planted on a Distrophic Red-Yellow Latosol, located at Ibiapaba Region, Ceará State, Brazil where slight and severe degrees of erosion were simulated and data related to yields and costs were obtained. Soil, water and nutrient losses were evaluated, using a rainfall simulator on another plot tilled up and down the slope without conservation practices. Reduction of 27,7% in corn yeld and increase of 38,0% in production costs of this crop were verified in the plot with severe degree of erosion in relation to the plot with slight degree of erosion. Nutrient losses equivalent to an application of 517,9 kg/ha of a mixture containing sulfate of ammonia, triple superphosphate and potassium chloride, corresponding to a cost of US\$ 166, were detected.

Palavras-chave: Erosão, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, produtividade e rendimento da cultura do milho.

INTRODUÇÃO

A erosão é reconhecida universalmente como uma das mais importantes ameaças ao aumento da produção agrícola necessária ao suprimento da crescente demanda da população porque vem afetando progressivamente a produtividade do solo no sentido de diminuí-la, muitas vezes, irreversivelmente e em vastas áreas cultivadas. Contribuindo intensamente para as perdas de nutrientes e matéria orgânica, a erosão, também, diminui a produtividade, através da redução da profundidade efetiva do solo, pela remoção da camada arável e a conseqüente exposição do subsolo onde, geralmente, a disponibili-

dade de nutrientes é menor, há maior concentração de elementos tóxicos à planta e a aeração e capacidade de água disponível diminuem. Face à maior densidade desse horizonte de subsuperfície, o armazenamento de água no solo é reduzido por menores taxas de infiltração, as condições para germinação e emergência tornam-se mais difíceis e mais energia é necessária para os trabalhos de preparo do solo. A integração desses fatores contribui marcadamente para o declínio acentuado da produtividade do solo pelo surgimento de condições que impedem ou retardam o desenvolvimento normal do sistema radicular das plantas.

O planejamento conservacionista tem, como importantíssimo suporte, o estudo científico dos fatores que afetam a erosão e os resultados das pesquisas são geralmente expressos em unidades de massas e volumes de terra e água perdidos, em megajoules de energia cinética da chuva ou em graus de declive das áreas cultivadas. Entretanto, quando não traduzida em ação diretamente no campo, a interpretação desses resultados é muito difícil para a maioria dos agricultores, os quais interessam-se mais por dados relacionados com sua produção por unidade de área e com aspectos financeiros de custos e rendimentos.

Considerando-se que a relação erosão/produtividade reflete-se em dados de interesse prático relacionados diretamente com rendimentos e custos, alguns pesquisadores desenvolveram trabalhos dirigidos a um maior esclarecimento dessa relação permitindo, além de uma maior conscientização dos agricultores sobre os prejuízos que a erosão lhes causa, induzí-los a uma seleção de estratégias de manejo e conservação do solo adequadas à manutenção sustentada de altos níveis de produtividade do solo (BAVER⁵, BATCHELDER & JONES⁴, BEASLEY⁶, OLSON²¹, EUA¹¹, FRYE et alii¹⁴, SPOMER & PIEST²⁴, SHAXSON²²).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da erosão

em duas unidades de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, relacionando resultados de produtividade, custos e perdas de solo, água e nutrientes, de forma a contribuir para tornar mais acessível aos agricultores uma conscientização sobre a necessidade de conservação de seus solos.

MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi conduzido em duas unidades taxonômicas de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico localizadas em Ubajara (CE), cujas características físicas e químicas são mostradas na Tabela 1. No Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A fraco foram instaladas duas parcelas de 1 x 25m. A primeira parcela apresentava erosão laminar ligeira e, na segunda parcela, simulou-se um grau de erosão severa, através da remoção da camada arável, até uma profundidade de 20 cm, com o conseqüente afloramento do horizonte B₁. Nessas duas parcelas foi realizado o plantio de milho no espaçamento de 1m x 0,5m com duas plantas por cova, sem adubação nem correção do pH do solo. Cinco meses após o plantio foi realizada a colheita e as espigas foram pesadas, após a retirada da palha, determinando-se em cada parcela, o número de plantas, o peso médio das espigas e a produção em t/ha. Com esses dados calculou-se os percentuais de redução na produtividade e aumento nos custos da produção obtida na parcela onde houve remoção da camada arável em relação à parcela que apresentava erosão laminar ligeira.

As perdas de solo, água e nutrientes relacionadas à erosividade das chuvas e ao manejo do solo foram determinadas no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A proeminente, aplicando-se uma série padrão de três chuvas com um simulador de braços rotativos tipo Swanson totalizando 120,4mm, em duas parcelas de 11m x 3,5m, submetidas a uma aração e duas gradagens, sem vegetação e sem práticas conservacionistas, de acordo com a metodologia descrita

TABELA 1
Características Físicas e Químicas dos Solos Estudados.

Horizonte	Profundidade cm	Areia	Silte	Argila	Matéria Orgânica	Saturação de bases	N	P	K	Ca	Mg	meq/100g		pH	CTC
												%			
												Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A fraco	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A proeminente		
Ap	0 - 12	88,5	1,0	10,5	0,8	100,0	0,05	0,9	0,3	2,6	2,6	0,0	5,6	7,0	
B1	12 - 44	82,0	3,9	14,1	0,7	68,0	0,04	1,0	0,2	2,2	1,7	0,1	6,3	5,7	
B21	44 - 69	77,8	4,7	17,5	0,6	37,0	0,03	0,4	0,2	0,5	0,6	0,3	3,9	5,2	
B22	69 - 124+	71,1	5,4	23,5	0,4	46,0	0,02	0,1	0,2	0,9	0,8	0,8	4,4	4,5	
Ap1	0 - 8	78,6	6,1	15,3	1,1	28,0	0,07	2,3	0,10	0,8	0,5	1,0	10,8	5,0	
Ap2	8 - 24	80,7	2,0	17,3	2,1	31,0	0,10	1,1	0,10	1,1	2,7	1,4	12,3	4,8	
A3	24 - 44	74,2	7,8	18,0	1,7	29,0	0,10	0,4	0,10	0,1	3,1	1,5	11,7	4,8	
B1	44 - 61+	75,2	8,6	18,9	1,2	19,0	0,05	0,4	0,05	0,1	1,4	1,3	8,2	5,0	

por CASSOL et alii⁸. Após a aplicação de cada chuva, as enxurradas e as perdas de solo foram coletadas em conjunto de sistemas de tanques coletores com divisores de furos e procedeu-se, nos materiais coletados, às medidas volumétricas e gravimétricas usuais neste tipo de pesquisa, seguindo-se, em linhas gerais, a metodologia sugerida por COGO⁹ para medições de volume, amostragem e quantificação das perdas de solo e água em procedimentos de campo e de laboratório.

As perdas de matéria orgânica foram calculadas pela multiplicação dos teores de matéria orgânica, determinados pelo método de VETTORI²⁶, pelo peso de sedimentos perdidos por unidade de área.

Os nutrientes solúveis e adsorvidos aos colóides em 100 ml de enxurrada foram determinados, após secagem e ataque do material em suspensão com ácido nítrico e perclórico, levando-a a volume de 50ml. Neste extrato foram determinados: fósforo total, pelo método da cor amarela, vanado-molibdo-fosfórico (JACKSON¹⁶), potássio total, por fotometria de chama, e cálcio e magnésio total, por espectrofotometria de absorção atômica. O nitrogênio total foi determinado pelo método modificado de Kjeldal (JACKSON¹⁶), em 100 ml de enxurrada, após digestão com H₂SO₄ e uma mistura catalisadora de K₂SO₄, CuSO₄ e selênio. As perdas desses nutrientes na enxurrada foram calculadas pela multiplicação do volume da enxurrada pela concentração de cada nutriente nela contida por unidade de área.

Os sedimentos retidos nos sistemas coletores, após secagem ao ar, foram analisados determinando-se os cátions trocáveis, através da extração com acetato de amônio normal a pH 7, sendo o cálcio e magnésio determinados por titulação com EDTA e o potássio por fotometria de chama. O fósforo disponível foi determinado pelo método da Carolina do Norte e o nitrogênio total pelo método de Kjeldal (JACKSON¹⁶).

As perdas desses elementos, nos sedimentos, foram calculadas multiplicando-se a massa dos sedimentos perdidos pela concentração de cada nutriente presente nesses sedimentos por unidade de área.

Os resultados dessas determinações de perdas de solo, água e nutrientes permitiram a obtenção dos seguintes dados:

- a) Espessura da camada arável perdida: calculada pela multiplicação da densidade do solo pela massa de solo perdida por unidade de área;
- b) Equivalente de peso de matéria seca de milho em relação à água perdida: calculada aplicando-se o volume de água perdida à relação de 349 l de água transpirada para formação de 1 kg de matéria seca vegetal da cultura de milho por unidade de área de acordo com FOTH¹²;
- c) Quantidade de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio equivalente às perdas: calculadas transformando-se as massas de N, P e K perdidas em massas de NH₄, P₂O₅ e K₂O contidas nesses adubos. Para a matéria orgânica, as perdas foram calculadas em função de sua composição de 5% de N, 0,5% de P e 0,5% de K, aplicando-se esses valores à massa de matéria orgânica perdida (MALAVOLTA¹⁸, ILACO¹⁵);
- d) Redução nos teores de nutrientes necessários à produção de uma cultura de milho produzindo 4 t/ha: calculada em função das necessidades da cultura, ou seja, 200 kg de N, 80 kg de P₂O₅ e 160 kg de K₂O (ILACO¹⁵), e
- e) Custos de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio equivalente aos nutrientes perdidos: calculados multiplicando-se a massa desses nutrientes contidos nos adubos pelos seus preços dados em ORTN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados na Tabela 2 os efeitos da erosão na produtividade e nos custos de produção da cultura do milho nas duas parcelas de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico A fraco, nos graus de erosão ligeira e moderada. A redução no peso médio das espigas na parcela com o horizonte B exposto condicionou um decréscimo de produção equivalente a 1,3 t/ha em relação à produção obtida na área que apresentava um grau de erosão ligeiro.

Considerando-se que a classe de textura das parcelas com grau de erosão ligeiro, à profundidade de 0-11cm é a mesma da parcela com horizonte B exposto, à profundidade 20-44cm, e que ambas receberam as mesmas precipitações pluviométricas, evidencia-se que a mais provável razão para essa diminuição de produtividade reside nas suas diferentes condições de fertilidade (Tabela 1). Como a cultura do milho absorve cerca de 70% dos nutrientes nas camadas de 0-60cm onde se concentra seu sistema radicular fasciculado (ILACO¹⁵), a parcela com o horizonte B exposto condicionou uma maior proximidade das raízes às camadas com características químicas do solo mais prejudiciais ao crescimento das plantas do que aquelas encontradas na parcela com a camada arável, apresentando grau de erosão ligeiro. Efetivamente, verifica-se que, no horizonte B21, os teores de nitrogênio,

fósforo, potássio, cálcio e magnésio apresentam uma redução de 40%, 60%, 19%, 81% e 77%, respectivamente, em relação aos teores desses nutrientes presentes no horizonte Ap do solo estudado. Outrossim, no horizonte B21 a capacidade de troca de cátions e o índice de saturação de bases são, respectivamente, cerca de 1,4 e 2,7 vezes menores que no horizonte Ap, com o agravante do alumínio no horizonte B21 apresentar teor de 0,3 meq/100g, aumentando demasiadamente o risco de toxidez em relação aos teores desse elemento nos horizontes Ap e B1. Dessa forma, o declínio de 27,7% na produção de milho, verificado na parcela com o horizonte B exposto, ocorreu principalmente pelo surgimento de más condições químicas das camadas de subsuperfície do solo, impedindo ou retardando o desenvolvimento normal do sistema radicular das plantas.

A redução da produtividade do solo observada neste trabalho está compatível com os resultados de ENGELSTAD & SHRADER¹⁰, ao verificarem redução de 50% na produção de milho em condições de subsolo exposto, e de BEASLEY⁶, que observou diminuição de 30% nas colheitas em solos com 15 cm do horizonte Ap removido por erosão, e LANGDALE et alii¹⁷, ao concluírem que a produção de milho diminui em 147 kg/ha/ano para cada centímetro de solo perdido por erosão. ECK et alii citados por SPOMER & PIEST²⁴ repor-

TABELA 2

Efeitos da Erosão na Produtividade e nos Custos de Produção da Cultura do Milho em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico A fraco.

Parâmetros	Grau de erosão	
	Ligeiro	Severo
Profundidade da camada arável do solo (cm)		Horizonte B exposto
Peso médio das espigas (g)		81,9
Produção (t/ha)		3,4
Redução na produção (%) ⁽¹⁾		27,7
Aumento nos custos de produção (%) ⁽¹⁾		38,0

taram resultados semelhantes aos do presente estudo, verificando que as deficiências de nitrogênio, fósforo e potássio eram os principais responsáveis por reduzidas produções obtidas em subsolos.

Face à menor colheita e, portanto, menor rendimento econômico ocorrido na produção da parcela com horizonte B exposto e sendo iguais as despesas referentes à aquisição de sementes, preparo do solo, plantio e controle das ervas daninhas, em ambas as parcelas, evidenciou-se, de imediato, um aumento de 38% nos custos de produção dessa parcela em relação àquela apresentando grau de erosão ligeiro. Percentual ainda maior de aumento nos custos de produção (56%) foram verificados por BEASLEY⁶ em estudo semelhante com culturas de milho e soja.

A Tabela 3 mostra os efeitos das perdas por erosão nas parcelas do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A proeminente, submetido à ação erosiva das chuvas simuladas, na fase de preparo sem práticas conservacionistas. Um fator que contribuiu para as elevadas perdas de solo e água observadas foi a intensidade das chuvas aplicadas, ou seja, 60mm/hora e 120mm/hora. Entretanto, essas intensidades já foram detectadas com chuvas naturais no local onde se situa o solo em estudo e a duração das chuvas aplicadas foi de uma hora e quarenta e oito minutos, quando se sabe que frequentemente ocorrem chuvas de mais de vinte e quatro horas de duração nesse local. A ausência de controle da erosão também influencia as altas taxas de perdas, demonstrando, claramente, a necessidade de adoção de práticas conservacionistas na fase de manejo inicial do solo para o plantio, quando é maior sua suscetibilidade às perdas, principalmente pela falta de restolhos na superfície ou de uma vegetação que o proteja contra o impacto direto das chuvas e das enxurradas.

Observando-se que a camada arável removida por erosão, após a aplicação da

série padrão de chuvas simuladas, equivale a 3mm de espessura, conclui-se que a repetição de apenas dois eventos semelhantes por ano ocasionaria a perda de toda a camada arável do solo estudado em apenas três décadas com a consequente queda de sua produtividade a níveis que impediriam sua exploração econômica. Idênticas conclusões foram observadas em estudos nesse solo com parcelas submetidas às chuvas naturais (SILVA & MOREIRA²³). Essa rápida remoção dos horizontes de superfície do solo pela erosão vem sendo confirmada pelos estudos de muitos autores, entre os quais SPOMER & PIEST²⁴, que relatam uma estimativa de remoção de uma camada de cerca de 55 cm em solos formados por depósitos eólicos, a cada século, nos Estados Unidos.

A ausência de práticas conservacionistas, também, afeta significativamente a produtividade do solo, através de um aumento da intensidade de deflúvio e, portanto, de um menor armazenamento de água do solo por infiltração, como mostram os dados de perdas de água e de peso de matéria seca do milho que seria obtida, caso toda essa água perdida fosse aproveitada pela cultura. Mesmo que somente a metade do volume de água perdida fosse retida no solo, através de práticas conservacionistas é, deste volume retido, apenas 25% fosse efetivamente utilizado pela cultura, ainda assim haveria um acréscimo de cerca de 300kg/ha de matéria seca do milho.

As perdas de nutrientes observadas estão coerentes com resultados obtidos por VERDADE et alii²⁵, MOE et alii¹⁹, BARISAS et alii², MORALES²⁰ e ALBERTS et alii¹. Mesmo considerando a pequena duração das chuvas simuladas aplicadas, essas perdas podem ser consideradas muito graves, principalmente com relação ao nitrogênio e ao fósforo. Considerando o baixo teor de matéria orgânica, suas perdas de mais de 500 kg/ha no curto período de aplicação das chuvas simuladas ainda potencializa mais o efeito nefasto da erosão na

TABELA 3

Efeitos da Erosão em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico A Proeminente sob Condições de Chuvas Simuladas.

Parâmetros	Perdas por erosão					
	Terra	Água	Mat. Orgânica	N	P	K
	t/ha			kg/ha		
Perdas em solo arado e gradeado morro abaixo	36,7	835,1	546,3	36,0	5,0	7,9
Espessura da camada arável removida (mm)	3	—	—	—	—	—
Equivalente de peso de matéria seca de milho em relação à água perdida (kg) ⁽²⁾	—	2.392,8	—	—	—	—
Equivalente de peso NH ₄ , P ₂ O ₅ e K ₂ O (kg)	—	—	44,8 ⁽³⁾	46,4	11,4	9,5
Quantidade de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio equivalente às perdas (kg)			212,8 ⁽³⁾	232,0	57,2	15,9
Custo de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio equivalente às perdas (ORTN)			9,4 ⁽³⁾	9,5	3,5	0,7
Redução nos teores de nutrientes necessários a uma cultura de milho com produtividade de 4 t/ha (%) ⁽⁴⁾			7,1 ⁽³⁾	23,2	14,4	5,9

(1): Volume de água perdida após aplicação de três chuvas simuladas totalizando 124,2mm;

(2): Relação de 349 litros de água transpirada para formação de 1kg de matéria seca de milho (FOTH¹²);(3): Soma dos três macronutrientes em função da composição da matéria orgânica (5% de N; 0,5% de P e 0,5% de K (MALAVOLTA¹⁸, ILACO¹⁵);(4): Necessidades da cultura: 200kg de N; 80kg de P₂O₅ e 150kg de K₂O (ILACO¹⁵).

produtividade do solo estudado. Além disso, o fósforo pode também ser facilmente perdido, adsorvido ao húmus carregado pelas enxurrada (BARROWS & KILMER³, ALBERTS et alii¹). Ressalte-se que as perdas de nitrogênio equivalem a quase 25% das necessidades da cultura (ILACO¹⁵).

As perdas totais de macronutrientes equivalem a uma mistura de 517,9 kg, contendo sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, fato gravíssimo se considerarmos que a fertilidade do solo estudado já é baixa e o valor desses adubos equivale a 23,1 ORTN perdidos em um curto período, comprometendo seriamente a renda líquida do agricultor. Perdas de nutrientes por erosão e seus equivalentes em adubos e os custos que representam, também, foram observados em estudos semelhantes ao do presente trabalho (FREITAS & CASTRO¹³, CASSOL⁷).

CONCLUSÕES

O avanço da erosão até atingir um grau severo, com exposição do horizonte B, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A fraco, causou significativa queda de produtividade nesse solo, implicando em imediato aumento nos custos de produção. As más condições químicas encontradas nesse horizonte são as principais responsáveis pelos decréscimos de produção, sendo que nesse estágio avançado de erosão, a recuperação da produtividade torna-se mais difícil e onerosa pela presença de altos teores de alumínio tóxico nos horizontes de subsuperfície desse solo.

Sob condições de chuvas simuladas, na fase de preparo sem práticas conservacionistas, o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A proeminente, apresentou alta suscetibilidade às perdas de solo, água, matéria orgânica e nutrientes. Nessas condições observaram-se perdas de nutrientes equivalentes a mais de meia tonelada de uma mistura de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto

de potássio, correspondendo a um custo de 23,1 ORTN. A rápida remoção de camadas do solo por erosão provocada por chuvas simuladas permitiu confirmar que a repetição de eventos idênticos, já observados com chuvas naturais, irá promover a remoção de toda a camada arável desse solo, em apenas três décadas, se persistirem as atuais condições predatórias de manejo do solo sem adoção intensiva de práticas conservacionistas. As conseqüências dessas elevadas taxas de erosão serão refletidas em acentuados declínios na produtividade, implicando em gravíssima ameaça ao desenvolvimento agrícola nesses solos no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERTS, E. E.; SCHUMAN, G. E. & BURWELL, R. E. Seasonal runoff losses of nitrogen and phosphorus from Missouri Valley Loess watersheds. *J. Environ. qual.*, 7: 203-212, 1978.
2. BARISAS, S. G.; BAKER, J. L.; JOHNSON, H. P. & LAFLEN, J. M. Effect of tillage systems on runoff losses of nutrients: a rainfall simulation study. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 21: 893-897, 1978.
3. BARROWS, H. L. & KILMER, V. J. Plant nutrient losses from soils by erosion. *Adv. Agron.*, New York, 15: 303-317, 1963.
4. BATCHELDER, A. R. & JONES, J. N. Soil management factors and growth of *Zea mays* L. on topsoil and exposed subsoil. *Agron. Journ.* 64: 648-652, 1972.
5. BAVER, L. D. How serious is soil erosion? *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 14 : 1-5, 1950.
6. BEASLEY, R. P. How much does erosion cost? *Soil Surv. Horiz.*, 15: 8-9, 1974.
7. CASSOL, E. A. Erosão do solo: influência do uso agrícola, do manejo e preparo do solo. IPRNR — Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. 1984. 40p (Publicação IPRNR N.º 15).
8. CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F. & GUERRA, M. Erodibilidade do solo "São Jerônimo" (Laterítico Bruno Avermelhado distrófico) determinada

- com simulador de chuva. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo. 1978. Anais Passo Fundo. EMBRAPA/CNPT, 1978. p. 203-208.
9. COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural. I – Sugestões gerais, medição do volume, amostragem e quantificação de solo e água de enxurrada. (1.^a Aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo. 1978. Anais. Passo Fundo. EMBRAPA/CNPT, 1978. p. 75-98.
 10. ENGELSTAD, O. P. & SHRADER, W. D. The effect of surface soil thickness on corn yields: II. As determined by an experiment using normal surface soil and artificially exposed subsoil. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 25: 497-499, 1961.
 11. EUA. Department of Agriculture. National Soil erosion – soil productivity Research Planning Committee. Science and Education Administration – Agricultural Research. Soil erosion effects on soil productivity: a research perspective. J. Soil Wat. Conserv., 36: 82-90, 1981.
 12. FOTH, H. D. Fundamentals of soil science. J. Wiley & Sons. New York, 6.^a ed. 1978. 436p.
 13. FREITAS, P. L. & CASTRO, A. F. de. Estimativa das perdas de solo e nutrientes por erosão no Estado do Paraná. III Congresso Brasileiro de Conservação do Solo. Brasília, D. F. 1980. 12p.
 14. FRYE, W. W.; EBELHAR, S. A.; MURDOCK, L. W. & BLEVINS, R. L. Soil erosion effects on properties and productivity of two Kentucky soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1051-1055, 1982.
 15. ILACO. Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, 1981. 739p.
 16. JACKSON, M. L. Análises de suelos. Ediciones Omega S. A. Barcelona. 1964. 895p.
 17. LANGDALE, G. W.; BOX Jr., J. E.; LEONARD, R. A., BARNETT, A. P. & FLEMING, W. G. Corn yield reduction on eroded Southern Piedmont soils. J. Soil Wat. Conserv., 34: 226-228, 1979.
 18. MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. Ed. Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 1976. 528p.
 19. MOE, P. G.; MANNERING, J. V. & JOHNSON, C. B. Loss of fertilizer nitrogen in surface runoff water. Soil Sci. 104: 389-394, 1967.
 20. MORALES, F. C.; ALEGRE, C.; MEYER, R. & BERRIOS, D. Perdas de água, suelos y nutrientes bajo diversos sistemas de cultivo en la localidad de San Ramon – Chanchamayo (Selva Alta Central del Peru) durante la campaña agrícola 1976/1977. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2. Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1978. p. 311-317.
 21. OLSON, T. C. Restoring the productivity of a glacial till soil after topsoil removal. J. Soil Wat. Conserv., 32: 130-132, 1977.
 22. SHAXSON, T. F. Erosão, rendimento das colheitas e economia: uma necessidade de informação. IV Congresso Brasileiro de Conservação do Solo. Programa e Resumos. Campinas, 1982. p. 14.
 23. SILVA, J. R. C. & MOREIRA, E. G. S. Pesquisas de conservação do solo em áreas prioritárias do Estado do Ceará: Síntese. I Seminário sobre Conservação do Solo e Água da Ibiapaba. Ubajara. 1983. 10f. (Mimeografado).
 24. SPOMER, R. G. & PIEST, R. F. Soil productivity and erosion of Iowa Loess Soils. Trans. Am. Soc. Agric. Enq., 25: 1295-1299, 1982.
 25. VERDADE, F. C.; GROHMANN, F. & MARQUES, J. O. A. Perdas de elementos nutritivos por erosão. I – Nitrogênio e suas relações com as quantidades existentes no solo e na água da chuva. Bragantia, 15: 99-106, 1956.
 26. VETTORI, L. Métodos de análises do solo. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).