

COMISSÃO VI — CONSERVAÇÃO E MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA

PERDAS DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES POR EROSÃO EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DOS CERRADOS EM DIFERENTES CULTIVOS SOB CHUVA NATURAL⁽¹⁾

R.A. DEDECEK⁽²⁾, D.V.S. RESCK⁽³⁾ & E. DE FREITAS JR.⁽³⁾

RESUMO

Segundo metodologia de medição de perdas de solo e água, os seguintes tratamentos foram avaliados em Latossolo Vermelho-Escuro álico textural argilosa fase cerradão (Haplustox), com 5,5% de declive: (a) solo descoberto; (b) milho com preparo convencional do solo; (c) arroz com preparo convencional do solo; (d) soja com preparo convencional do solo; (e) soja com preparo convencional do solo e eliminação dos restos culturais; (f) soja em plantio direto e (g) vegetação permanente. O índice erosivo anual foi de 805 t.m/ha.mm/h, sendo janeiro o mês com o maior índice e o mais chuvoso. O tratamento solo descoberto apresentou, em média, uma perda anual de 52,6 t/ha de solo e 293,4 mm de água, e uma infiltração de 76,4% da precipitação total. As culturas anuais testadas permitiram uma redução mínima de 44% nas perdas de solo e no máximo 40% nas de água, em relação às do solo descoberto. A manutenção de uma vegetação permanente, como pastagem perene, permitiu reduções ainda maiores, de 99,7% nas perdas de solo e 94,5% nas de água, comparadas às do solo descoberto. O valor de erodibilidade (K) para o solo estudado foi igual a 0,13t.ha.h/t.m.ha.mm. Em algumas amostras de enxurradas com grande volume, verificou-se não haver aumento na concentração de nutrientes nos sedimentos em relação ao solo original, embora houvesse, em alguns casos, um pequeno aumento no teor de argila e silte no sedimento.

Termos de indexação: perdas de solo, água e nutrientes, erosão, Cerrados, erosividade da chuva.

SUMMARY: SOIL AND NUTRIENT LOSSES BY EROSION FROM DARK RED LATOSOL IN CERRADOS UNDER DIFFERENT CROPPING SYSTEMS AND NATURAL RAINFALL

Following the runoff plot methodology, six treatments were evaluated on a clayey Dark Red Latosol (Haplustox) with a 5.5% slope: a) fallow plot; b) conventional corn; c) conventional rice; d) conventional soybean; e) conventional soybean without residues; f) no-tillage soybean; and g) permanent vegetation. The mean annual erosive index (R) was equal to 805t.m/ha.mm/h, being January the month with the highest erosive index and the highest rainfall. The fallow plot showed annual averages of 52.6t/ha for soil losses, 293.4mm for water losses and 76.4% of infiltration rate. The annual crops tested allowed a minimum reduction of 44% on the soil losses and a maximum reduction of 40% on the water losses compared to the fallow plot with a permanent vegetation that allowed reductions of 99.7% and 94.5% on the soil and water losses, respectively. The soil erodibility factor (k) for this soil was calculated to be equal to 0.13t.ha.h/t.m.ha.mm. On some runoff, for samples of high volume there was no increase in the nutrient concentration in the sediments as related to the original soil although in some cases, there was a slight increment in the clay and silt contents.

Index terms: soil losses, water losses, soil nutrient losses, soil erosion, Cerrados, rainfall erosivity.

INTRODUÇÃO

O aproveitamento agropecuário intensivo de uma região é, em geral, dependente da ocorrência de chuvas, de modo que, praticamente, todas as áreas agrícolas necessitam de maior ou menor proteção contra a erosão hídrica. Assim, a proteção das áreas de cultivo contra a erosão requer um cuidado contínuo e manutenção das práticas conservacionistas do solo.

A erosão do solo pela água é um processo de duas fases. A primeira é a desagregação do solo superficial pelo impacto da gota da chuva ou pela enxurrada. A segunda é o transporte das partículas do solo desagregadas pela enxurrada do seu ponto de origem para um local no declive, onde a deposição ocorre, quando a carga de sedimentos na enxurrada excede sua capacidade de transporte (Foster, 1982). A deposição é um processo seletivo onde as partículas mais grossas são depositadas primeiro, causando a perda das par-

⁽¹⁾ Recebido para publicação em novembro de 1985 e aprovado em julho de 1986.

⁽²⁾ Pesquisador do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo (SNLCS) — EMBRAPA, Caixa Postal 177. — 80030 Curitiba, PR.

⁽³⁾ Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) — EMBRAPA, Caixa Postal 700023. 70300 Planaltina, DF.

tículas mais finas, importantes na retenção de umidade e nutrientes (Frere et alii, 1980).

A erosão é diminuída pela redução das erosividades da chuva e enxurrada, ou da erodibilidade do solo (Renard & Foster, 1983). A cobertura do solo, seja através de resíduos do cultivo anterior, seja de uma comunidade de plantas em crescimento, reduz a erosividade da chuva (Wischmeier, 1976) e da enxurrada (Foster, 1982). A redução de erodibilidade pode ser conseguida pelo aumento de infiltração e do teor de matéria orgânica no solo. A incorporação dos resíduos próximos à superfície e o sistema de preparo que não pulverize o solo aumentam-lhe a resistência à erosão (Wischmeier & Mannering, 1969).

Sedimentos podem ser considerados os maiores poluentes das águas superficiais, bem como causadores de assoreamento em canais de drenagem e barragens. O enriquecimento do sedimento com nutrientes pode ocorrer pelo processo seletivo de deposição (Frere et alii, 1980), e está muito relacionado ao aumento de partículas mais finas, como argila e silte e à concentração das partículas (Monke et alii, 1976). As partículas geralmente crescem com a declividade e diminuem com o aumento da cobertura do solo; quanto maior o volume de enxurrada, mais aproximada é a distribuição de tamanho de partículas do sedimento e do solo de origem (Young, 1980). Doty & Carter (1965) acharam que a composição química e física dos sedimentos era similar à do solo quando sua concentração era alta e o volume de enxurrada, máximo. A concentração de N, P ou C orgânicos não foi diferente significativamente no solo e nos sedimentos das áreas cultivadas; no entanto, os sedimentos das áreas não cultivadas tinham menos N e P orgânicos do que os solos (Ritchey et alii, 1975).

Apesar do pouco tempo em que a região dos Cerrados tem sido explorada intensivamente, casos de formação de camadas compactadas no solo têm aumentado muito. Considerando que a maioria dos solos agricultáveis são latossolos, sem camada de impedimento, alta permeabilidade e resistência natural à erosão, o principal responsável pela perda dessas características do solo é o seu mau manejo por parte do agricultor. Uma mecanização baseada largamente no uso de grade aradora para seu preparo, no fim da estação seca, caracteriza o mau manejo que tem agravado o problema erosivo nesta região.

O conhecimento dos fatores determinantes da erosão e o isolamento do grau de eficiência de alguns deles nas perdas de solo e água resultantes, permite-nos direcionar o manejo do solo e culturas para um controle eficiente da

erosão. Assim, no sentido de avaliar o potencial erosivo dos Cerrados, bem como o efeito dos sistemas de manejo do solo e planta no controle da erosão, foi realizado este trabalho, com base em metodologia descrita por Wischmeier & Smith (1978), tem-se procurado estudar os fatores da equação universal de perdas de solo nas nossas condições de clima e solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo, iniciado em outubro de 1977, foi conduzido no Centro de Pesquisas Agropecuárias dos Cerrados (CPAC), da EMBRAPA, localizado no quilômetro 18 da BR-020, Planaltina (DF).

O clima classificado por Köppen como Cwa, é chuvoso no verão, seco no inverno e encontrados entre 1.000 e 1.200 metros de altitude (EMBRAPA/SNLCS, 1978).

O solo, conforme descrição da EMBRAPA/SNLCS (1978), é um Latossolo Vermelho-Escuro (LE) álico A moderado, textura argilosa, fase cerrado subcaducifólio, relevo plano. Algumas de suas características químicas e físicas, no seu estado natural, acham-se no quadro 1. Pela classificação americana, é Haplustox (EMBRAPA/CPAC, 1980), sendo a declividade média da área de 5,5%.

Foram testados os seguintes tratamentos: (a) solo descoberto: mantido sem vegetação ou cobertura o ano inteiro, submetido a uma aração e uma gradagem leve todos os anos; (b) milho convencional: plantio de milho após preparo convencional conforme item a; (c) arroz convencional: plantio de arroz em preparo do solo idêntico aos anteriores; (d) soja convencional: plantio de soja em preparo convencional; (e) soja sem palha: idêntico ao anterior, apenas os resíduos de soja eram retirados da parcela; (f) soja plantio direto: plantio sem preparo do solo, apenas com sulcagem manual; (g) vegetação permanente: estabelecida por mudas de *Brachiaria decumbens*, em 1977; cada ano, foram feitas adubações de manutenção na superfície e um a dois cortes manuais. Todos os tratamentos tiveram duas repetições, sendo a área útil das parcelas de 22 m de comprimento por 3,5 m de largura.

O experimento foi instalado em área natural de cerrado recém-desmatado. Para correção da baixa fertilidade natural do solo, foram seguidas recomendações adotadas na ocasião pelo CPAC (EMBRAPA/CPAC, 1978). O calcário foi incorporado através de aração e a adubação corretiva (P e K), por gradagem niveladora, sendo ambas as operações contrárias ao declive. A partir do segundo ano, todas as operações de

Quadro 1. Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho-Escuro na área experimental, CPAC, 1976

Profundidade	Densidade do solo	Areia grossa	Areia fina	Silte (2-50µm)	Argila	pH em água	Al	Ca + Mg	P	K	Matéria orgânica
cm	g/cm ³	%		%			— meq/100 ml —		— ppm —		%
Solo natural											
0-10	1,00	14	37	4	45	4,3	1,2	0,3	0,5	18	2,3
10-20	1,04	14	34	6	46	4,4	1,0	0,2	tr	15	...
20-40	1,06	12	36	5	47	4,2	1,0	0,3	tr	12	...
40-60	1,08	10	37	4	48	4,2	0,9	0,2	tr	7	...
Solo corrigido											
0-10	...	...	...	...	...	5,0	0,4	2,6	12,3	18	2,3

preparo do solo foram efetuadas no sentido do declive. A semeadura e a adubação de manutenção foram executadas manualmente em sulco no sentido de declive. O espaçamento entre linhas empregado de acordo com as culturas foram: milho: 1 m, arroz e soja: 0,50 m, e os cultivares usados: milho: C111; arroz: IAC 47 e soja: UFV 1, mantendo-se cinco plantas por metro para milho, 25 para soja e 30 para arroz. Procedeu-se à colheita manual, sendo a palha devolvida às parcelas após trilha. Os cortes nas parcelas de vegetação perene foram manuais, coletando-se três amostras para determinação de matéria seca, sendo o restante descartado. As parcelas de solo descoberto foram preparadas todos os anos na mesma época das demais. O controle das invasoras foi feito com o uso de herbicidas de contato e havendo necessidade de controle posterior, procedeu-se à erradicação manual.

A delimitação das parcelas foi feita com chapas galvanizadas de 25 cm de largura, com 15 cm enterrados no solo. Calhas coletoras na parte inferior das parcelas conduziram o volume de enxurrada para dois tanques em sucessão; no primeiro, foi colocada uma placa divisória com quinze colunas de orifícios, desaguando a coluna central no segundo tanque. Junto às parcelas, foi instalado um pluviômetro e os dados do pluviômetro da estação meteorológica do CPAC, distante 500 m do local do experimento, serviram para cálculo da erosividade da chuva. A coleta da enxurrada foi feita, sempre que possível, após cada chuva, e o material amostrado, levado ao laboratório para quantificação do volume de solo e água. Para análise do teor de nutrientes no sedimento, amostras separadas foram levadas a estufa a 40°C, para evaporação da água, nos eventos que permitiram coleta de material sólido suficiente para análises químicas e físicas em todas as parcelas.

O índice de erosividade do solo (EI_{30}) foi calculado pelo método elaborado por Wischmeier (1959), de acordo com programa de computador desenvolvido no SNLCS, constante dos arquivos do Centro de Computação da EMBRAPA (CCE), a partir de pluviogramas diários coletados de janeiro de 1977 a dezembro de 1985 no CPAC.

O fator de erodibilidade do solo (K) foi calculado segundo Wischmeier & Smith (1978), com a correção necessária da declividade das parcelas (5,5%) para a declividade padrão de 9%, usando-se as perdas de solo medidas nas parcelas de solo descoberto. Os resultados K são expressos em toneladas.hectare.hora por toneladas.hectare.milímetros (t.ha.h/t.m.ha.mm), sendo os dados de EI_{30} expressos em toneladas por hectare.milímetros por hora (t.m/ha.mm/h).

Com base na metodologia descrita por Wischmeier & Smith (1978), o ano agrícola foi dividido em cinco períodos, cujas datas limites foram seguidas com uma flexibilidade máxima de dois dias antes ou após as citadas a seguir:

- F = da colheita até o próximo preparo do solo: 19/4 a 10/10;
 1 = do preparo do solo até o plantio: 11/10 a 15/11;
 2 = do plantio até um mês após: 16/11 a 15/12;
 3 = do primeiro mês até o segundo após o plantio: 16/12 a 15/1;
 4 = do segundo mês após o plantio até a colheita: 16/1 a 31/3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os oito meses (outubro a maio) da estação chuvosa, ocorrem, em média, 1.600 mm de chuvas, 70% das quais entre novembro e março (cinco meses) e aproximadamente 1.200 mm causam erosão. O mês mais chuvoso é janeiro (Figura 1) seguido de dezembro e março: a variação de ano para ano nas médias de precipitação pluvial pode ser superior a 100%, principalmente nos meses marginais, como outubro e maio, e em fevereiro, pela ocorrência de veranicos.

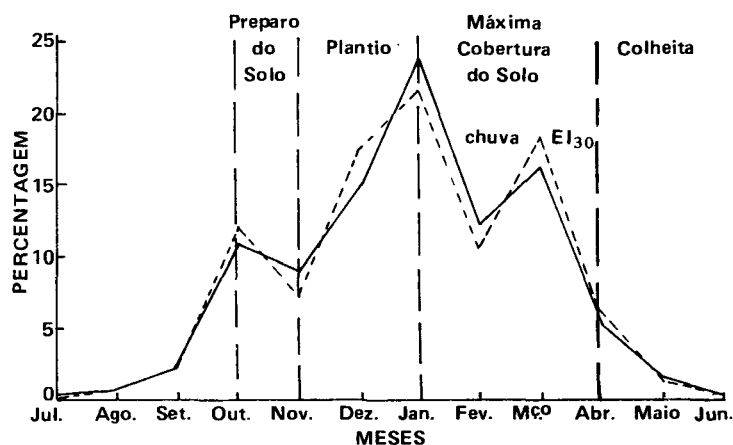


Figura 1. Distribuição média percentual mensal, em função dos totais anuais, das chuvas erosivas e do índice de erosividade das chuvas no CPAC, Brasília (período 1977/85).

O índice erosivo anual médio é de 805 t.m/ha.mm/h (Quadro 2), sendo janeiro o mês com maior índice erosivo (Figura 1).

O desenvolvimento máximo das culturas anuais coincide com a ocorrência do mês de maior erosividade. No início e

Quadro 2. Distribuição percentual da quantidade e da erosividade das chuvas no CPAC, por períodos do ano agrícola

Períodos ⁽¹⁾	Precipitação pluvial						Índice erosivo - EI_{30}					
	1979/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	1979/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85
	mm						t.m/ha.mm/h					
F	129	66	317	468	463	419	46	0	63	68	126	264
1	212	116	392	40	51	140	104	27	251	23	94	35
2	103	216	219	130	194	191	41	65	28	73	50	67
3	407	223	171	292	207	432	194	108	42	111	127	217
4	810	551	584	713	753	648	488	319	376	346	700	375
Total	1.661	1.172	1.683	1.643	1.669	1.830	873	519	760	624	1.097	958

⁽¹⁾ Períodos: F - 19/4-10/10; 1 - 11/10-15/11; 2 - 16/11-15/12; 3 - 16/12-15/1; 4 - 16/1-31/3.

no final do período chuvoso, como outubro e março, o percentual do índice erosivo é superior ao da quantidade de chuvas: estas são de curta duração e alta intensidade e muito localizadas, coincidindo com as fases de preparo do solo, plantio e colheita dos cultivos anuais. Embora sejam de alta erosividade, isso não se traduz em grandes perdas de solo, porque ocorrem a grandes intervalos, dando tempo a uma secagem do solo antes da próxima chuva. Uma chuva de 16,5 mm ($EI_{30} = 3,6$) ocorrida no período de estiagem não provocou perdas de solo, enquanto outra, de 5 mm ($EI_{30} = 0,2$), no período chuvoso, acarretou uma perda de 500 kg de solo por hectare nas parcelas de solo descoberto. Obi (1982) relatou que chuvas esporádicas, no início da época chuvosa, de até 11 mm, não produziram enxurrada em solo descoberto recém-preparado, enquanto no período chuvoso, após um intervalo de vinte e quatro horas, 5 mm de chuvas foram suficientes para iniciar a enxurrada.

Em média, ocorrem 49 chuvas erosivas por ano, seguindo a sua distribuição anual a figura 1, com exceção dos meses de junho, julho e agosto, quando não há chuva com capacidade de causar enxurrada. Dividindo-se o ano agrícola em cinco períodos, conforme consta no quadro 2, pode-se observar que tanto em termos de quantidade como de erosividade das chuvas, os maiores valores ocorrem no período 4. Nos demais, há uma variação muito grande de ano para ano, o que, em parte, explica as variações observadas nas perdas de solo e água (Quadro 3), principalmente no que se refere aos tratamentos com culturas anuais. No último ano agrícola (84/85), ocorreu o mais alto valor de precipitação, e o mais alto índice erosivo, no ano agrícola 1983/84.

As maiores perdas de solo, de forma geral, ocorreram no ano agrícola 1979/80 (Quadro 3), sendo que apenas três chuvas durante o período 4 provocaram perdas de 100 t/ha de solo nas parcelas de solo descoberto. Neste período, houve o maior volume de precipitações, embora não tenha sido o maior índice erosivo (Quadro 2). No último ano agrícola, as perdas de solo nas parcelas de solo descoberto, aproximaram-se muito do valor médio obtido nos seis anos de estudo (Quadro 4). Isoladamente, as maiores perdas deram-se no período 4, que, nos anos analisados, foi o que apresentou o maior volume de chuvas e o maior índice

erosivo (Quadro 2). Em 1982/83, com valor do índice erosivo maior do que no ano anterior, as perdas de solo foram menores do que as do ano 1981/82 nas parcelas de solo descoberto (Quadro 3). Como se observa no quadro 2, grande parte das chuvas erosivas de 81/82 ocorreram no período 2, isto é, logo após o preparo do solo, que melhora muito as condições de infiltração do solo.

As perdas de água foram maiores no solo descoberto no ano agrícola 84/85, que também apresentou o maior volume de chuvas. Observa-se, no quadro 3, que as perdas de água aumentaram com as perdas de solo, embora a variação seja bem menor de ano para ano.

A presença de vegetação, mesmo na forma de culturas anuais, é suficiente para reduzir até 90% as perdas de solo em relação às parcelas de solo descoberto (Quadro 3). Plantas em crescimento protegem o solo, reduzindo diretamente a erosividade da chuva e da enxurrada; transpiram grandes quantidades de água, reduzindo a umidade do solo, aumentando a infiltração e reduzindo o volume de enxurrada, fornecem matéria orgânica ao solo, reduzindo sua tendência ao crostamento; aumentam sua rugosidade superficial, reduzindo a velocidade da enxurrada (Wischmeier, 1976; Meyer & Mannering, 1971; Wischmeier & Mannering, 1965; Meyer et alii, 1975).

As reduções nas perdas de solo são diretamente relacionadas com a quantidade de cobertura do solo proporcionada pela cultura e seus resíduos. Assim, o milho, devido à arquitetura da planta e espaçamento de plantio usado (1 m) foi a planta que menor redução proporcionou nas perdas de solo quando comparadas às do solo descoberto (Quadro 3). A soja, cultivada em espaçamento menor (0,50 m), oferecendo maior cobertura e mais próxima do solo, diminuiu as perdas de solo ainda mais que o milho e o arroz. A redução das perdas de solo com a vegetação perene é aproximadamente de 100%, mostrando a grande importância da sua cobertura. As diferenças observadas na redução das perdas de solo pelos cultivos anuais de ano para ano devem-se principalmente ao período de ocorrência das chuvas e ao nível de produção alcançada. Em anos com incidência maior de chuvas nos períodos 1, 2 e 3, as reduções nas perdas de solo sob cultivos anuais em relação ao solo descoberto

Quadro 3. Perdas de solo e água por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro com 5,5% de declive sob diferentes cultivos por ano agrícola (5/1979-4/1985)

Ano	Índice erosividade	Solo descoberto	Milho convencional	Arroz convencional	Soja convencional	Soja palha	Soja plantio direto	Vegetação permanente
t.m/ha.mm/h		Perdas de solo – t/ha						
79/80	873	183	87	39	13	11	2	0,2
80/81	519	5	2	1	1	1	0,5	0,1
81/82	760	13	13	4	7	5	4	0,1
82/83	624	25	23	3	8	5	5	0,1
83/84	1097	38	20	16	11	7	6	0,1
84/85	958	54	28	10	10	8	8	0,2
chuva, mm		Perdas de água – mm						
79/80	1661	300	231	273	140	192	93	17
80/81	1172	105	80	70	46	65	74	19
81/82	1683	237	219	186	50	174	192	12
82/83	1644	334	297	286	218	279	268	17
83/84	1669	375	358	351	256	274	196	16
84/85	1830	398	346	344	258	277	273	36

foram menores, devido à ausência ou pequena cobertura do solo pelas plantas em desenvolvimento nesses períodos. O aumento nas reduções das perdas de solo pelos cultivos anuais ocorreu quando a maior incidência das chuvas se deu nos períodos F e 4, em vista da proteção oferecida pelos restos culturais e período de máximo desenvolvimento da cultura respectivamente.

As perdas de água são menos afetadas pela presença de plantas do que as de solo, confirmando que o efeito da cobertura do solo é mais relacionado ao processo de impacto da chuva no solo e conseqüente desagregação, deslocamento e arrasto das partículas de solo. Wischmeier (1966) notou que as reduções nas enxurradas dos cultivos em relação ao solo descoberto foram inferiores às reduções nas perdas de solo, e que tais reduções variaram grandemente com o nível de produtividade. Considerando que a rugosidade é um fator importante na redução da velocidade da enxurrada e a metodologia usada neste trabalho foi com plantio no sentido do declive, apenas os restos vegetais e a vegetação perene teriam condições de alterar os valores da enxurrada (Quadro 3).

Usando-se as médias de seis anos de dados de perdas de solo e água e separando-as por períodos (Quadro 4), pode-se ter melhor idéia de como a existência de vegetação afeta essas perdas. Uma comparação entre as perdas de solo da parcela de solo descoberto e as das culturas anuais permite observar que nos períodos F, 3 e 4, as reduções nessas perdas são mais acentuadas. Os restos culturais são os responsáveis pela redução das perdas de solo no período F, que percentualmente são as mais drásticas, no mínimo 80% (Quadro 4). Acredita-se que o pequeno aumento

nas perdas de solo da parcela em que a palha é retirada em relação à soja convencional se deva basicamente a pouca produção de restos vegetais, característica da soja, e a pequena e pouco freqüente incidência de chuvas neste período. Também nele ocorreram as maiores reduções na enxurrada, mostrando que os restos culturais mantidos na superfície do solo são o fator mais importante na redução da erosão (Lafren & Colvin, 1981). Nota-se que o preparo convencional do solo permite obter valores de enxurrada iguais ao do plantio direto (Quadro 4), devido aos ganhos em infiltração obtidos por um período logo após esta prática, e ao fato de as chuvas serem bem espaçadas entre si, permitindo a secagem do solo. Os dados de infiltração confirmam os altos valores característicos dos latossolos (Quadro 4). Mesmo a parcela de solo descoberto, mantido sem vegetação por oito anos, com um teor de matéria orgânica no último ano agrícola (1984/85) de 2,0% apresentou em média 76,4% de infiltração da água da chuva. Considerando os altos valores de infiltração em termos médios, seria quase impossível preocupar-se com erosão, não fossem ao redor de dez eventos que no total podem representar até 70% das perdas de solo e água.

A concentração média de solo por volume de enxurrada (Quadro 5) mostra melhor os efeitos da presença de uma vegetação ou de seus resíduos vegetais no fenômeno da erosão. No período pós-colheita até o próximo preparo do solo (F), os restos do milho reduzem aproximadamente 50% a quantidade de solo na enxurrada; a soja em plantio direto alcança uma redução de 85% e a pastagem perene, de 95%. A retirada dos restos vegetais da soja aumenta 50% a quantidade de solo na enxurrada comparada à

Quadro 4. Perdas de solo e água (média de seis anos) por períodos do ano agrícola em Latossolo Vermelho-Escuro com 5,5% de declive sob diferentes cultivos

Períodos ⁽¹⁾	Índice de erosividade	Solo descoberto	Milho convencional	Arroz convencional	Soja convencional	Soja em palha	Soja plantio direto	Vegetação permanente
	t.m/ha.mm/h	Perdas de solo – t/ha						
F	112	4	1	0	0	0		0
1	81	1	2	1	1	1	1	0
2	54	1	1	1	1	0	0	0
3	133	11	7	2	3	2	1	0
4	425	36	19	4	4	3	3	0,1
Total	805	53	29	8	9	6	5	0,1
	Chuva, mm	Perdas de água – mm						
F	183	43	29	31	19	20	16	2
1	134	12	17	13	15	14	12	1
2	128	13	11	10	7	11	9	1
3	224	52	31	36	31	37	36	2
4	574	173	176	167	108	134	95	9
Total	1243	293	264	257	180	216	168	15
		Infiltração – %						
F	–	77	84	83	89	89	91	99
1	–	91	88	91	89	89	91	99
2	–	90	91	92	94	92	93	99
3	–	77	86	84	86	84	84	99
4	–	70	69	71	81	77	83	98
Total	–	76	79	79	86	83	87	99

⁽¹⁾ Períodos: F – 19/4-10/10; 1 – 11/10-15/11; 2 – 16/11-15/12; 3 – 16/12-15/1; 4 – 16/1-31/3.

parcela onde estes são mantidos na superfície. O efeito das plantas anuais é crescente com seu desenvolvimento, mostrando-se mais notoriamente a partir do período 3 e na sua plenitude no período 4, quando atingem o desenvolvimento máximo.

O valor médio de solo perdido na parcela de solo descoberto foi de 52,6 t/ha/ano de um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, com 5,5% de declive em 1610 mm de chuvas anuais e 805 t.m/ha.mm/h de índice

erosivo. Considerando-se a densidade do solo igual a 1,0 g/cm³ (Quadro 1), estas perdas de solo equivalem a uma camada aproximada de 5 mm de solo que é perdida anualmente. Fazendo-se as correções necessárias na declividade para os padrões determinados pela metodologia usada (Wischmeier & Smith, 1978), em termos médios, a erodibilidade do solo (K) estudado é de 0,13 t.ha.h/t.m.ha.mm. Segundo El-Swaify et alii (1982), a faixa de erodibilidade para oxissolos varia de 0,10 a 0,22, sendo, comparativa-

Quadro 5. Concentração média de solo por volume de enxurrada por períodos do ano agrícola e diferentes cultivos

Períodos ⁽¹⁾	Solo descoberto	Milho convencional	Arroz convencional	Soja convencional	Soja sem palha	Soja plantio direto	Vegetação permanente
	%						
F	2,5	1,2	0,6	0,5	0,9	0,4	0,1
1	1,7	2,2	1,8	1,2	1,0	1,1	0,4
2	0,9	1,5	0,8	1,0	0,8	0,9	0,1
3	2,8	1,8	0,5	0,1	1,0	0,7	0,1
4	3,0	1,8	0,6	0,8	0,6	0,3	0,1

(¹) Períodos: F – 10/4-10/11; 1 – 11/10-15/11; 2 – 16/11-15/12; 3 – 16/12-15/1; 4 – 16/1-31/3.

Quadro 6. Perdas de solo e composição química dos sedimentos de Latossolo Vermelho-Escuro coletados após as chuvas relacionadas

Tratamentos	Perdas de solo	pH em água	Al ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K	P	Matéria orgânica
	t/ha		———— meq/100 g ————		———— ppm ————		%
Dia 16/5/77 Chuva 45,8 mm EI ₃₀₋₅₅ – Duração – 5 horas							
Solo descoberto	1,4	5,3	0,1	2,9	50	4	2,0
Milho convencional	0,3	5,3	0	3,6	37	4	1,7
Arroz convencional	0,2	5,7	0	3,8	49	5	1,9
Soja convencional	0,5	5,5	0	3,4	58	5	1,8
Soja sem palha	0,3	5,8	0	3,3	42	4	1,5
Soja direto	0,5	5,4	0	3,7	44	5	2,0
Vegetação permanente	0,2	5,7	0	3,3	68	3	1,7
Dia 13/3/78 Chuva 90,7mm EI ₃₀₋₁₀₁ – Duração – 6 horas							
Solo descoberto	12,6	5,3	0,1	3,8	—	5	2,0
Milho convencional	0,8	5,3	0,0	3,8	92	10	2,0
Arroz convencional	1,1	5,5	0,0	3,5	63	7	—
Soja convencional	0,4	5,4	0,0	2,9	—	4	2,8
Soja sem palha	0,2	5,5	0,0	3,9	68	7	2,3
Soja direto	0,2	5,5	0,0	3,5	64	7	2,4
Dia 26/12/78 Chuva 127,0 mm EI ₃₀₋₅₅ – Duração – 32h 40min.							
Solo descoberto	5,6	5,4	0,1	3,4	39	2	...
Milho convencional	5,3	5,5	0,1	3,4	38	4	...
Arroz convencional	4,1	5,3	0,2	2,8	32	5	...
Soja convencional	1,6	5,5	0,1	3,1	48	5	...
Soja sem palha	1,3	5,5	0,1	3,0	50	4	...
Dia 27/12/84 Chuva 30,5mm EI ₃₀₋₂₄ – Duração – 2h 20 min.							
Solo descoberto	3,8	5,7	0,5	2,1	7	2	2,0
Milho convencional	1,1	5,7	0,5	2,5	27	5	2,4
Arroz convencional	0,6	5,7	0,4	2,5	29	6	2,2
Soja convencional	0,6	5,7	0,4	2,4	27	6	2,1
Soja sem palha	0,5	5,7	0,4	2,4	24	4	2,1
Soja direto	0,1	6,0	0,0	4,0	71	11	3,1

mente a outros grupos de solos, os valores mais baixos de K. O Latossolo Vermelho-Escuro (Unidade de Mapeamento Passo Fundo) teve sua erodibilidade determinada, através de chuva simulada por Denardin & Wünsche (1981), como igual a 0,21. Para o Latossolo Roxo do Centro Experimental de Campinas, Bertoni et alii (1975) obtiveram um valor de K igual a 0,12, sob chuva natural.

Os dados dos quadros 6 e 7 referem-se à composição química e física, respectivamente, dos sedimentos e do solo que os originou, em eventos isolados, em anos agrícolas diferentes. O fato comum é que as coletas foram feitas após chuvas muito intensas, que causaram grandes perdas de solo em todos os tratamentos. No quadro 6, são incluídos alguns dados sobre as chuvas que ocasionaram as referidas perdas de solo, cabendo acrescentar que a coleta em 16/5/77 aconteceu no período F do ano agrícola 77/78; a de 13/3/78, no período 4 do mesmo ano agrícola; a de 26/12/78, no período 3 do ano agrícola 78/79 e a de 27/12/84, no período 3 do ano agrícola 84/85.

Comparando-se o teor de alguns nutrientes do solo em condições naturais (Quadro 1) e o dos sedimentos origina-

dos após a correção da fertilidade natural dos solos (Quadro 6), pode-se observar que a não conservação do solo seria inaceitável após a correção e fertilização básica de um perfil do solo.

Embora, em termos de espaço, não ter sido possível a inclusão da composição química do solo de cada tratamento, outras evidências permitem observar que não há enriquecimento em nutrientes do sedimento em relação ao solo de origem. Considerando-se o teor de alumínio nos sedimentos, observa-se a perda de eficiência, esperada, da calagem inicial no decorrer dos anos, estando em níveis aceitáveis em 1977 e 78, respectivamente primeiro e segundo ano, e muito elevados em 1984, oito anos após. Os teores de fósforo e potássio nos sedimentos das parcelas de solo descoberto, por não serem adubados anualmente, uma vez que não foram plantadas, decresceram gradativamente. Na última coleta de 27/12/84, a composição química do tratamento plantio direto apresentou teores elevados de Ca, Mg, P, K e matéria orgânica numa consequência da característica deste sistema de plantio, que é a concentração dos nutrientes na camada superficial do solo.

Análise textural dos sedimentos (Quadro 7) não mostra diferença significativa na distribuição das partículas em relação aos primeiros 5 cm do solo original. Poucas evidências podem ser obtidas em que as quantidades de partículas mais finas do solo (silte e argila) sejam maiores no sedimento do que no solo original, como nas chuvas dos dias 13/3/78 e 27/12/84 e nos sedimentos das parcelas de solo descoberto. Nessas duas chuvas, a capacidade erosiva é bem superior às outras, considerando-se o índice erosivo, duração das chuvas, ocorrência em época de chuvas frequentes e diferença em relação a textura dos sedimentos das parcelas com vegetação, o que lhes deve ter conferido uma capacidade desagregadora muito alta.

CONCLUSÕES

Na estação chuvosa, que se estende de outubro a maio, ocorrem em média 1200 mm de chuvas com capacidade erosiva, sendo o índice erosivo igual a 805 t.m/ha.mm/h, e janeiro o mês mais chuvoso e com maior índice erosivo. As perdas de solo, água e nutrientes obtidas nos seis anos de coleta (1979/85) num Latossolo Vermelho-Escuro alíco textura argilosa fase cerradão com 5,5% de declividade em condições de chuvas naturais, permitem as seguintes conclusões:

- O período de chuvas mais erosivas na região coincide com o estágio de maior desenvolvimento das principais culturas anuais, permitindo redução mínima de 50% nas perdas de solo, comparadas ao solo descoberto;
- As perdas de água são muito menos reduzidas pelas culturas anuais, no máximo igual a 40% das do solo descoberto, mostrando que as plantas podem exercer influência na erosividade da chuva, mas menos na enxurrada;
- A manutenção de uma vegetação permanente, como *Brachiaria decumbens*, reduz tanto a erosividade da chuva como a da enxurrada, diminuindo aproximadamente 95% as perdas de solo e água;
- O cultivo convencional da soja mostrou-se como o menos sujeito à erosão, entre os cultivos anuais testados, e a soja em plantio direto permite diminuir ainda mais as perdas de solo;

Quadro 7. Textura dos sedimentos de um Latossolo Vermelho-Escuro coletados após as chuvas relacionadas no quadro 6

Tratamentos	Argila	Areia grossa	Areia fina	Silte (2-50µm)	Argila natural
%					
Dia 16/5/77					
LE ⁽¹⁾	46	13	38	3	...
Solo descoberto	43	18	34	5	...
Milho convencional	40	23	32	5	...
Arroz convencional	38	23	34	5	...
Soja convencional	45	18	31	6	...
Soja sem palha	36	19	39	6	...
Soja plantio direto	40	18	37	5	...
Vegetação permanente	39	24	32	5	...
Dia 13/3/78					
Solo descoberto	54	12	24	10	7
Milho convencional	42	12	39	7	4
Soja convencional	40	14	36	10	2
Soja sem palha	41	15	38	6	0
Soja plantio direto	43	10	43	4	6
Dia 26/12/78					
Solo descoberto	44	12	38	6	...
Milho convencional	45	11	37	7	...
Arroz convencional	47	13	32	8	...
Soja convencional	48	9	36	7	...
Soja sem palha	46	12	34	7	...
Dia 27/12/84					
Solo descoberto	52	14	29	5	...
Milho convencional	50	11	33	6	...
Arroz convencional	51	14	32	3	...
Soja convencional	49	13	33	5	...
Soja sem palha	49	14	29	8	...

(1) LE: Latossolo Vermelho-Escuro no estado natural na camada de 0 a 5 cm.

- O Latossolo Vermelho-Escuro é altamente resistente à erosão, confirmado pelo valor da erodibilidade do solo obtido;
- As análises química e textural dos sedimentos não apresentaram grandes diferenças em relação às do solo que lhes deu origem para os eventos amostrados, talvez devido às características comuns das enxurradas amostradas: grande volume e alta concentração de sedimentos.

AGRADECIMENTOS

Aos Técnicos Agrícolas Antero Marques Ferreira e José Antonio F. da Silva, e a Waldemar Pereira de Souza pelo auxílio na condução deste trabalho.

LITERATURA CITADA

- BERTONI, J.; LOMBARDI, F. & BENATTI, R. Equação de perdas de solo. Campinas, Instituto Agronômico, 1975. 25p. (Boletim Técnico, 21)
- DENARDIN, J.E. & WUNSCH, W.A. Erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Anais. . ., Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1981. p. 219.
- DOTY, C.W. & CARTER, C.E. Rates and particle size distribution of soil erosion from unit sources areas. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, 8:309-311, 1965.
- EMBRAPA/CPAC. Relatório técnico-anual, 1976-77. Planaltina, CPAC, 1978. 183p.
- EMBRAPA/CPAC. Relatório técnico-anual, 1978-79. Planaltina, CPAC, 1980. 170p.
- EMBRAPA/SNLCS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, SNLCS, 1978. 455p. (Boletim Técnico, 53)
- EL-SWAIFY, J.A.; DANGLER, E.W. & ARMSTRONG, C.L. Soil erosion by water in the tropics. Honolulu, University of Hawaii, 1982. 173p.
- FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C.T., JOHNSON, H.P. & BRAKENSIER, D.L., eds. Hydrologic modeling of small water sheds. St. Joseph, American Society Agriculture Engineers, 1982. p.297-382.
- FRERE, M.H., ROSS, J.D. & LANE, L.J. The nutrient sub-model. In: KNISEL W.G., ed. CREAMS: A field-scale model for Chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems. Washington, USDA, 1980. p.65-87. (Conservation Res. Rept., 26)
- LAFFLEN, J.M. & COLVIN, T.S. Effect of crop residue on soil loss from continuous row cropping. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, 24:605-609, 1981.
- MEYER, L.D. & MANNERING, J.V. The influence of vegetation and vegetative mulches on soil erosion. Inter. Seminar for Hydrology Professors, West Lafayette, 1971. Proceedings, Purdue University, 1971. p.355-366.
- MEYER, L.D.; FOSTER, G.R. & NIKOLOV, S. Effect of flow rate and canopy on rill erosion. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, 18:905-911, 1975.
- MONKE, E.J., MARELLI, H.J., MEYER, L.D. & DE JONG, J.F. Runoff erosion and nutrient movement from interill areas. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, 20:58-61, 1976.
- OBI, M.E. Runoff and soil loss from an oxisol in Southeastern Nigeria under various management practices. Agric. Wat. Manag., Amsterdam, 5:183-203, 1982.
- RENARD, K.G. & FOSTER, G.R. Soil conservation: principles of erosion by water. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. Dryland Agriculture. Madison, 1983. p.155-176. (Agron. Monograph, 23)
- RITCHIE, J.C., GILL, A.C. & MCHENRY, J.R. A comparison of nitrogen, phosphorus, and carbon in sediments and soils of cultivated and non-cultivated watersheds in the North Central States. J. Environ. Qual., Madison, 4:339-341, 1975.
- WISCHMEIER, W.H. Cropland erosion and sedimentation. In: ARS-EPA. Control of water pollution from cropland. An Overview. Washington USDA, 1976. p.31-57. v.II, cap.3.
- WISCHMEIER, W.H. Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed areas. Sediment Yield Workshop, Oxford, 1972. Proceedings, ARS/USDA, 1975. p.118-124, (ARS-S-40)
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 23:243-249, 1959.
- WISCHMEIER, W.H. Relation of field-plot runoff to management and physical factors. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 30: 272-277, 1966.
- WISCHMEIER, W.H. & MANNERING, J.V. Effect of organic matter content of the soil on infiltration. J. Soil Wat. Conserv., St. Joseph, 20:150-152, 1965.
- WISCHMEIER, W.H. & MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 33: 131-137, 1969.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall-erosion losses. A guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agric. Handbook, 537)
- YOUNG, R.A. Characteristics of eroded sediment. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, 23:1139-1142, 1146, 1980.