

RAZÃO DE PERDAS DE SOLO E FATOR C PARA MILHO E AVEIA EM ROTAÇÃO COM OUTRAS CULTURAS EM TRÊS TIPOS DE PREPARO DE SOLO⁽¹⁾

I. BERTOL⁽²⁾, J. SCHICK⁽³⁾ & O. BATISTELA⁽⁴⁾

RESUMO

Dados de um experimento de perdas de solo e água sob chuva natural em Lages (SC), de novembro de 1992 a outubro de 1998, foram usados para o cálculo da razão de perdas de solo (RPS) e o fator C da equação universal de perda de solo, em três sistemas de preparo com milho e aveia em rotação com outras culturas. Os tratamentos: aração + duas gradagens (A + G), escarificação + uma gradagem (E + G) e semeadura direta (SDI) foram submetidos ao cultivo de milho (*Zea mays*) e aveia preta (*Avena sativa*) em rotação com outras culturas e comparados à aração + duas gradagens sem culturas (SSC), sobre um Cambissolo Húmico aluminico com declividade média de 0,102 m m⁻¹. O ciclo das culturas foi dividido em cinco estádios, com igual intervalo de duração. As RPS e os fatores C variaram amplamente entre os sistemas de preparo do solo e entre os estádios durante os ciclos das culturas, bem como entre os ciclos na mesma cultura e entre as culturas, indicando um forte efeito do manejo do solo, época do ano, cultura e chuva sobre essas variáveis. Os valores de RPS para o milho foram de 0,1189, 0,0888 e 0,0611 (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹, para a A + G, E + G e SDI, respectivamente, enquanto para a aveia esses valores foram, respectivamente, de 0,0783, 0,0655 e 0,0760 (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹. Para os mesmos sistemas de preparo do solo, os valores do fator C foram, respectivamente, de 0,1097, 0,0809 e 0,0610 (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹, para o milho, e de 0,0671, 0,0409 e 0,0372 (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹, para a aveia.

Termos de indexação: equação universal de perda de solo, erosão hídrica, preparo conservacionista.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do segundo autor. Desenvolvido com recursos da FINEP/UEDESC/CAPES. Apresentado na V RELACO, Florianópolis, outubro, 1999. Recebido para publicação em julho de 2001 e aprovado em janeiro de 2002.

⁽²⁾ Professor de Uso e Conservação do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina – CAV/UEDESC. Av. Luiz de Camões 2090, Caixa Postal 281, CEP 88520-000 Lages (SC). Bolsista do CNPq. E-mail: a2ib@cav.udesc.br

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo, MSc., CAV/UEDESC.

⁽⁴⁾ Engenheiro-Agrônomo, CAV/UEDESC.

SUMMARY: *SOIL LOSS RATIO AND C FACTOR FOR CORN AND OAT IN ROTATION WITH OTHER CROPS IN THREE SOIL TILLAGE TYPES*

*Soil and water loss data under natural rainfall in Lages, Santa Catarina State (Brazil), from November 1992 to October 1998, were utilized to calculate the soil loss ratio (SLR) and C factor for the Universal Soil Loss Equation (USLE) under three soil tillage systems for corn and oat in rotation with other crops. The studied treatments were: plowing followed by disking twice (P + D), chiseling plus disking (C + D) and no-tillage (NT)/direct sowing, cultivated with corn (*Zea mays*) and oat (*Avena sativa*) in rotation with other crops and compared to a check plot: plowing followed by double disking without crops (PDW), on an Inceptisol with an average slope of 0.102 m m⁻¹. The culture cycle was divided in five crop stages with equal time intervals. The SLR and C factors varied remarkably among the soil tillage systems, crop cycle stages, cycle stages for same crops, and between crops, indicating a strong effect of soil management, season, crop and rainfall on these variables. The SLR values for corn were 0.1189, 0.0888 and 0.0611 (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹ for the P + D, C + D and NT soil tillage systems, respectively, while for oat the SLR values for the same tillage systems were 0.0783, 0.0655 and 0.0760 (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹. For the above mentioned soil tillage systems, the C factors were 0.1097, 0.0809 and 0.0610 (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹ for corn and 0.0671, 0.0409 and 0.0372 (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹ for oat.*

Index terms: universal soil loss equation, water erosion, conservation tillage.

INTRODUÇÃO

A predição da erosão hídrica e sua aplicação no planejamento de uso da terra são importantes, pois possibilitam comparar as perdas efetivas de solo com a tolerância de perda permitida para determinado solo, tanto do ponto de vista agrícola, quanto ambiental. Para isso, é necessário quantificar os fatores envolvidos na modelagem de erosão hídrica e, posteriormente, validar o referido modelo para cada local e condição edafoclimática.

A equação universal de perdas de solo (EUPS) é um modelo empírico que possibilita prever a perda média anual de solo por erosão hídrica, com base no conhecimento dos fatores locais que influenciam a erosão: erosividade da chuva e enxurrada a ela associada (fator R), susceptibilidade natural do solo à erosão (fator K), associação do comprimento da rampa e percentagem do declive (fator LS), cobertura e manejo do solo (fator C) e práticas conservacionistas de suporte (fator P) (Wischmeier & Smith, 1978).

O fator C da EUPS para uma cultura é calculado por meio do produto da razão de perda de solo (RPS) pela fração do índice de erosividade (FEI₃₀) do ciclo da cultura (Wischmeier & Smith, 1978). A RPS expressa o quociente entre a perda de solo ocorrida em determinado sistema de manejo e aquela ocorrida num solo sem cultura e descoberto, variando, portanto, de zero a um. A FEI₃₀ também varia de zero a um, significando a percentagem do índice de erosividade que produziu a erosão utilizada no cálculo da respectiva RPS. Assim, o fator C da EUPS varia de zero a um, aproximando-se de zero, nos sistemas de manejo conservacionistas, e de um, nos sistemas não-conservacionistas.

O fator C varia de acordo com a variação da erosividade e erodibilidade, para cada cultura e tipos de manejo ou cultivo do solo. Portanto, há grande dificuldade na determinação desse fator, em virtude das muitas combinações possíveis de erosividade, cultura, sistema de cultivo, tipo de preparo e manejo e tipo de solo.

Dechen et al. (1981) constataram que as gramíneas foram mais eficazes do que as leguminosas na diminuição das perdas de solo. Margolis et al. (1985) obtiveram menor fator C na semeadura direta do que nos demais sistemas de manejo e Dedecek et al. (1986) concluíram que a vegetação permanente, seguida da soja em semeadura direta, ocasionou menor RPS do que os demais sistemas de manejo.

Levien et al. (1990) concluíram que o primeiro mês após a semeadura é o mais crítico na cultura do milho, em relação à erosão hídrica, enquanto Hernani et al. (1997) constataram maior eficácia da semeadura direta, considerando os demais sistemas de manejo do solo, na redução da erosão hídrica, em todos os estádios de crescimento das culturas de trigo e soja.

DeMaria & Lombardi Neto (1997) obtiveram valores de fator C variando de 0,025 a 0,156 (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹, para a cultura do milho, conforme as variações de solo, clima e manejo, enquanto Nascimento & Lombardi Neto (1999) constataram que a mucuna-preta ocasionou menor RPS do que a crotalaria e labe-labe. Bertol et al. (2001), por outro lado, obtiveram valores de fator C variando de 0,0455 a 0,1437 e de 0,0588 a 0,2158, para a sucessão soja e trigo, respectivamente, dependendo do sistema de manejo do solo.

O objetivo deste trabalho foi calcular a RPS e o fator C para as culturas de milho e aveia em rotação com outras culturas, em condições de chuva natural, para os sistemas de preparo do solo aração + duas gradagens, escarificação + uma gradagem e semeadura direta, em um Cambissolo Húmico aluminico, visando à sua utilização na EUPS para a predição da perda de solo na região de Lages (SC).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre novembro de 1992 e outubro de 1998, no Campus do Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages (SC), situado a 27° 49' de latitude sul e 50° 20' de longitude oeste, com 937 m de altitude média, na região do Planalto Sul Catarinense, onde o clima é do tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen. O solo no local do experimento é um Cambissolo Húmico aluminico argiloso horizonte A moderado, com substrato composto de siltitos + argilitos e declividade média de 0,102 m m⁻¹, descrito em Bertol (1994).

Os tratamentos de preparo do solo, executados duas vezes ao ano sem repetição, consistiram em: uma aração+duas gradagens (A + G); uma escarificação + uma gradagem (E + G), e semeadura direta (SDI). Além desses, um tratamento com uma aração + duas gradagens, em duas repetições, foi mantido sem cultura e livre de vegetação e de crosta superficial (SSC) (parcela-padrão da EUPS). Foram estudados o milho (*Zea mays*) e a aveia preta (*Avena sativa*), em rotação com outras culturas.

O milho foi semeado em linhas espaçadas de 0,90 m, paralelas ao declive, com semeadora manual ("saraquá"), tendo recebido, em média, 140 kg ha⁻¹ cultivo⁻¹ de superfosfato triplo e 150 kg ha⁻¹ cultivo⁻¹ de cloreto de potássio, respectivamente. A massa seca produzida foi de 10,0 Mg ha⁻¹ cultivo⁻¹. A aveia preta foi semeada a lanço, sem adubo, com 150 kg ha⁻¹ de sementes, tendo produzido 8,0 Mg ha⁻¹ cultivo⁻¹ de massa seca.

A unidade experimental constituiu-se de uma parcela com 22,1 x 3,5 m, delimitada lateralmente e na extremidade superior por chapas galvanizadas cravadas 10 cm no solo e, na extremidade inferior, por um sistema coletor de enxurrada composto de uma calha para receber o material erodido, conectada por um tubo de PVC a um primeiro tanque situado seis metros abaixo da parcela, com capacidade de 750 L. Este, por sua vez, estava ligado, por meio de um divisor de enxurrada com nove janelas, a um segundo tanque, também com capacidade de 750 L.

A coleta e o processamento das amostras de enxurrada para a quantificação das perdas de solo e água foram feitos seguindo o método proposto por

Cogo (1978). As perdas de solo observadas no campo foram ajustadas para o declive de 0,09 m m⁻¹ (parcela-padrão da EUPS), seguindo o procedimento de Wischmeier & Smith (1978).

Para o cálculo da erosividade (EI₃₀), estudaram-se chuvas erosivas individuais, conceituadas por Wischmeier (1959) e Wischmeier & Smith (1978), para as quais, após terem sido cotadas em segmentos de intensidade uniforme, calculou-se a energia cinética por meio de programa computacional (Cataneo et al., 1982), seguindo-se o método proposto por Wischmeier & Smith (1978), expressando o resultado em unidades métricas, conforme sugerido por Foster et al. (1981).

Para obter o fator C, os estádios durante o ciclo das culturas devem ser estabelecidos considerando-se a percentagem de cobertura do solo ocasionada por elas (Wischmeier & Smith, 1978). Neste experimento, no entanto, não foram feitas as determinações da cobertura pela copa das plantas. Assim, para estabelecer os referidos estádios, adotou-se um procedimento semelhante ao de Wischmeier (1960), ou seja, o ciclo de cada cultura foi dividido em cinco estádios, com igual tempo de duração em cada um deles.

A RPS em cada estádio do ciclo das culturas foi calculada pelo quociente entre a perda de solo ocorrida no tratamento com determinada cultura e a ocorrida na parcela-padrão da EUPS. A FEI₃₀, em cada estádio do ciclo das culturas, foi obtida pelo quociente entre o valor da erosividade, EI₃₀, que causou a perda de solo em cada um dos estádios no ciclo das culturas, e o valor total da erosividade, EI₃₀, ocorrida no ciclo das referidas culturas. O fator C, para cada estádio durante o ciclo das culturas, foi calculado pelo produto da RPS e FEI₃₀ do referido estádio. O somatório dos valores do fator C dos estádios do ciclo das culturas permitiu obter o fator C das referidas culturas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na média dos tratamentos de preparo do solo envolvendo culturas, houve redução na erosão hídrica em 95 %, para a cultura do milho, e em 93 %, para a cultura da aveia, em relação ao SSC (Quadro 1). No caso da SDI, a referida redução foi de 96 %, tanto no milho quanto na aveia, enquanto na E + G e A + G, ela foi de 94 e 94 %, respectivamente, no milho, e respectivamente, de 94 e 88 %, na aveia, cujos dados são semelhantes aos obtidos por Bertol et al. (2001). Tal comportamento é explicado pelo efeito dos resíduos vegetais da parte aérea que protegeram a superfície do solo contra os agentes erosivos e pelo efeito das raízes que provavelmente melhoraram a estrutura do solo, aumentando sua resistência à erosão hídrica.

Quadro 1. Valores médios de perdas de solo ajustadas para a declividade média de 0,09 m m⁻¹ e erosividade das chuvas, durante o ciclo das culturas, em diferentes preparos em um Cambissolo Húmico aluminico em Lages (SC) (média de dois cultivos)

Tratamento	Milho ⁽¹⁾	Aveia ⁽²⁾
	Mg ha ⁻¹ cultivo ⁻¹	
SSC	57,33	41,50
A + G	3,42	4,91
E + G	3,35	2,53
SDI	2,10	1,67

SSC: solo sem cultura (parcela-padrão da EUPS); A + G: aração + duas gradagens; E + G: escarificação+uma gradagem; SDI: semeadura direta. ⁽¹⁾ EI₃₀ = 3.106 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ cultivo⁻¹. ⁽²⁾ EI₃₀ = 2.390 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ cultivo⁻¹.

As perdas de solo nos tratamentos com culturas foram relativamente baixas, independentemente do sistema de preparo e do tipo de cultura (Quadro 1), comparadas à tolerância de perda para esse solo determinada por Bertol & Almeida (2000), concordando com Bertol (1994), Schick et al. (2000) e Bertol et al. (2001). Isto é explicado pelo fato de grandes quantidades de resíduos culturais, especialmente de milho, trigo e aveia, terem sido incorporadas no solo no tratamento A + G, semi-incorporadas na E + G e mantidas na superfície na SDI (Schick et al., 2000), o que provavelmente contribuiu para aumentar a resistência do solo à erosão nesses tratamentos. Além disso, a rugosidade superficial, ocasionada pelo preparo do solo na A + G e na E + G, foi alta (Schick et al., 2000), enquanto os valores médios anuais de erosividade foram relativamente baixos (Quadro 1).

A cultura da aveia reduziu as perdas de solo em 34 % em relação à cultura do milho, na média dos sistemas de preparo do solo, com a maior redução na E + G (24 %) (Quadro 1). Isto é explicado pelas características das culturas, sendo maior a densidade radicular da aveia do que do milho, o que

provavelmente aumentou a resistência do solo à erosão na aveia em relação ao milho. Além disso, a erosividade média anual foi cerca de 23 % menor no outono-inverno (época de cultivo da aveia) do que na primavera-verão (época de cultivo do milho) (Quadro 1), embora os volumes de precipitação tenham sido praticamente iguais em ambos os ciclos de cultivo (Quadro 2).

A erosividade das chuvas apresentou grande variação de distribuição entre os estádios, ciclos e culturas (Quadros 3 e 4), concordando com dados de Margolis et al. (1985), Dedecek et al. (1986), DeMaria & Lombardi Neto (1997), Nascimento & Lombardi Neto (1999) e Bertol et al. (2001). Essa variação na distribuição temporal da erosividade das chuvas é normal, em consequência da variação climática, indicando a necessidade da continuidade de pesquisas dessa natureza por um período de tempo mais longo (Wischmeier & Smith, 1978).

As perdas de solo no SSC, do mesmo modo como a erosividade, variaram entre os estádios, ciclos e culturas (Quadros 3 e 4), concordando com dados de Margolis et al. (1985), Dedecek et al. (1986), De Maria & Lombardi Neto (1997), Nascimento & Lombardi Neto (1999) e Bertol et al. (2001). No SSC, a variação de perda de solo entre os estádios foi maior do que no caso da erosividade, concordando com dados DeMaria & Lombardi Neto (1997) e Bertol et al. (2001). Essa maior variação nas perdas de solo do que nas erosividades, nesse tratamento, é explicada pela provável variabilidade da umidade antecedente do solo no momento de ocorrência das chuvas.

Durante o ciclo do milho (Quadro 3), em geral, não houve uma correspondência entre as erosividades e as perdas de solo no SSC, ou seja, em poucas ocasiões uma alta erosividade proporcionou uma alta perda de solo e uma baixa erosividade proporcionou uma baixa perda de solo. Isto se explica pela provável variabilidade na umidade antecedente do solo durante os ciclos dessa cultura (primavera-verão), fato comum no sul do Brasil. Durante o ciclo da aveia (Quadro 4), no entanto, houve uma melhor correspondência entre erosividades e perdas de solo no SSC, explicado da mesma forma como no caso da soja, ou seja, a umidade do solo foi provavelmente

Quadro 2. Valores de EI₃₀ e volumes de chuvas ocorridos durante os ciclos das culturas de milho e aveia em Lages (SC)

Cultura de milho			Cultura de aveia		
Ciclo da cultura	EI ₃₀	Volume	Ciclo da cultura	EI ₃₀	Volume
Data	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹	mm	Data	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹	mm
19/11/94 a 30/07/95	1.469	554	09/06/93 a 17/11/93	2.659	663
16/11/97 a 30/04/98	4.742	1.035	01/05/98 a 30/10/98	2.120	895
Total	6.211	1.589	Total	4.779	1.558
Média	3.106	795	Média	2.390	779

Quadro 3. Valores de perdas de solo no solo sem cultura ajustados para a declividade média de 0,09 m m⁻¹, fração do EI₃₀, razão de perdas de solo e fator C em diferentes estádios nos ciclos culturais do milho, em três sistemas de manejo do Cambissolo Húmico alumínico em Lages (SC)

Ciclo da cultura	Estádio no ciclo da cultura	SSC	FEI ₃₀	A + G		E + G		SDI	
				RPS	C	RPS	C	RPS	C
		kg ha ⁻¹							
19/11/94 a	1 ⁽¹⁾	1.559,08	0,1342	0,0886	0,0119	0,3061	0,0411	0,0639	0,0086
	2 ⁽¹⁾	1.162,21	0,5684	0,1443	0,0820	0,0866	0,0492	0,0966	0,0549
	3 ⁽¹⁾	33,96	0,0612	0,0710	0,0043	0,0968	0,0059	0,1293	0,0079
	4 ⁽¹⁾	60,17	0,0908	0,4266	0,0387	0,1557	0,0141	0,1428	0,0130
	5 ⁽¹⁾	4,35	0,1454	0,2736	0,0398	0,0966	0,0140	0,0920	0,0134
	Média	563,95	0,2000	0,2008	0,0353	0,1484	0,0249	0,1049	0,0196
16/11/97 a	1 ⁽²⁾	3.703,84	0,0782	0,0517	0,0040	0,0225	0,0018	0,0138	0,0011
	2 ⁽²⁾	1.008,13	0,0688	0,0168	0,0012	0,0177	0,0012	0,0020	0,0001
	3 ⁽²⁾	26.592,71	0,2799	0,0060	0,0017	0,0010	0,0003	0,0020	0,0006
	4 ⁽²⁾	22.663,63	0,2451	0,0078	0,0019	0,0028	0,0007	0,0028	0,0007
	5 ⁽²⁾	57.853,59	0,3280	0,1029	0,0338	0,1021	0,0335	0,0657	0,0216
	Média	22.364,39	0,2000	0,0370	0,0085	0,0292	0,0075	0,0173	0,0048
Média de dois ciclos		11.464,17	0,2000	0,1189	0,0219	0,0888	0,0162	0,0611	0,0122
C.V. (%)		158	76	107	115	99	108	84	129

SSC: solo sem cultura; FEI₃₀: fração do índice de erosividade, EI₃₀, no estádio da cultura; A + G: aração + duas gradagens; E + G: escarificação + uma gradagem; SDI: semeadura direta; RPS: razão de perdas de solo entre um tratamento qualquer e o solo sem cultura, (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹; C: fator C = produto da RPS pela FEI₃₀. CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾ 50 dias por estádio. ⁽²⁾ 39 dias por estádio.

Quadro 4. Valores de perdas de solo no solo sem cultura ajustados para a declividade média de 0,09 m m⁻¹, fração do EI₃₀, razão de perdas de solo e fator C em diferentes estádios nos ciclos culturais da aveia, em três sistemas de manejo do Cambissolo Húmico alumínico em Lages (SC)

Ciclo da cultura	Estádio no ciclo da cultura	SSC	FEI ₃₀	A + G		E + G		SDI	
				RPS	C	RPS	C	RPS	C
		kg ha ⁻¹							
09/06/93 a	1 ⁽¹⁾	56.067,24	0,5163	0,0531	0,0274	0,0260	0,0134	0,0146	0,0075
	2 ⁽¹⁾	19,66	0,0180	0,1343	0,0024	0,2482	0,0045	0,4181	0,0073
	3 ⁽¹⁾	70,69	0,0840	0,1275	0,0107	0,0719	0,0061	0,0621	0,0052
	4 ⁽¹⁾	180,45	0,1170	0,0875	0,0102	0,1460	0,0171	0,0345	0,0040
	5 ⁽¹⁾	249,35	0,2647	0,0136	0,0036	0,0267	0,0071	0,0088	0,0023
	Média	11.317,48	0,2000	0,0832	0,0109	0,1038	0,0096	0,1076	0,0053
01/05/98 a	1 ⁽²⁾	3.929,00	0,1093	0,0237	0,0026	0,0257	0,0028	0,0478	0,0052
	2 ⁽²⁾	4.140,89	0,0801	0,1109	0,0089	0,0117	0,0009	0,0301	0,0024
	3 ⁽²⁾	3.805,20	0,1488	0,0804	0,0120	0,0310	0,0046	0,0274	0,0041
	4 ⁽²⁾	11.671,78	0,4170	0,1109	0,0462	0,0519	0,0216	0,0448	0,0187
	5 ⁽²⁾	2.853,37	0,2448	0,0411	0,0101	0,0150	0,0037	0,0719	0,0176
	Média	5.280,05	0,2000	0,0734	0,0160	0,0271	0,0067	0,0444	0,0096
Média de dois ciclos		8.298,77	0,2000	0,0783	0,0134	0,0655	0,0082	0,0760	0,0074
C.V. (%)		196	76	53	96	109	79	152	76

SSC: solo sem cultura; FEI₃₀: fração do índice de erosividade, EI₃₀, no estádio da cultura; A + G: aração + duas gradagens; E + G: escarificação + uma gradagem; SDI: semeadura direta; RPS: razão de perdas de solo entre um tratamento qualquer e o solo sem cultura, (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹; C: fator C = produto da RPS pela FEI₃₀; CV: coeficiente de variação. ⁽¹⁾ 32 dias por estádio. ⁽²⁾ 36 dias por estádio.

maior e menos variável no outono-inverno, o que também é comum no sul do Brasil.

Os valores de RPS foram distintos entre os estádios, ciclos e culturas, nos três sistemas de preparo do solo, embora a erosividade tenha sido semelhante em várias dessas situações (Quadros 3 e 4), concordando com dados obtidos por DeMaria & Lombardi Neto (1997) e Bertol et al. (2001). Por exemplo, no estádio 4 da cultura de milho, no ciclo de 19/11/94 a 30/07/95 (Quadro 3), a erosividade foi equivalente a 9,1 % do EI_{30} total do ciclo, enquanto a RPS no tratamento A + G, nesse estádio, a 42,7 % daquela ocorrida no SSC. No estádio 3, no entanto, a erosividade foi equivalente a 6,1 % do EI_{30} total e a RPS a 7,1 % daquela ocorrida no SSC. Comportamentos semelhantes ocorreram também na cultura da aveia (Quadro 4), cujos dados concordam com aqueles obtidos por Dedecek et al. (1986), DeMaria & Lombardi Neto (1997) e Bertol et al. (2001). Isto é explicado pelo fato de serem as perdas de solo fortemente influenciadas não só pela cobertura do solo ocasionada pela copa das plantas, a qual aumenta com o seu crescimento, mas também pelo efeito positivo das raízes na agregação do solo. Além disso, tanto nos tratamentos com culturas (SDI, E + G e A + G) quanto naquele sem cultura (SSC), a erosão depende da umidade antecedente do solo, bem

como das condições da superfície do solo (cobertura com invasoras e resíduos culturais e rugosidade superficial ocasionada por capinas mecânicas) no momento de ocorrência das chuvas.

As RPS variaram com o sistema de preparo do solo, tanto para o milho (Quadro 3) quanto para a aveia (Quadro 4), concordando com Dedecek et al. (1986), DeMaria & Lombardi Neto (1997) e Bertol et al. (2001). Na média dos ciclos culturais, a SDI reduziu as RPS em 49 e 31 % em relação a A + G e E + G, respectivamente, na cultura de milho (Quadro 3), enquanto na aveia (Quadro 4), essa redução foi de 3 % em relação a A + G e, em relação à E + G, houve aumento de 16 %. Isto significa que, em relação ao A + G, a SDI perdeu uma quantidade de solo equivalente a 51 e 97 % daquela perdida na A + G, nas culturas de milho e aveia, respectivamente, enquanto as respectivas perdas, equivalentes à E + G, foram de 69 e 116 %, o que, mais uma vez, ressalta a importância da SDI no controle das perdas de solo, na maioria das situações.

Espera-se que tanto os valores de RPS quanto os de fator C diminuam à medida que a cultura se desenvolva, aumentando a cobertura e melhorando a estrutura do solo. Os dados de RPS e fator C, constantes nos quadros 3, 4 e 5, não mostram

Quadro 5. Valores médios de perdas de solo no solo sem cultura ajustados para a declividade média de 0,09 m m⁻¹, fração do EI_{30} , razão de perdas de solo e fator C para as culturas de milho e aveia, em três sistemas de manejo do Cambissolo Húmico aluminico em Lages (SC) (média de dois cultivos)

Época de cultivo	Estádio no ciclo da cultura	SSC	FEI_{30}	A + G		E + G		SDI	
				RPS	C	RPS	C	RPS	C
kg ha ⁻¹									
Cultura de milho									
Primavera verão	1 ⁽¹⁾	2.531,46	0,1062	0,0702	0,0080	0,1643	0,0214	0,0388	0,0048
	2 ⁽¹⁾	1.085,17	0,3186	0,0806	0,0416	0,0522	0,0252	0,0493	0,0275
	3 ⁽¹⁾	13.313,34	0,1706	0,0385	0,0030	0,0489	0,0031	0,0656	0,0044
	4 ⁽¹⁾	11.361,90	0,1679	0,2172	0,0203	0,0792	0,0074	0,0728	0,0068
	5 ⁽¹⁾	28.928,97	0,2367	0,1883	0,0368	0,0994	0,0238	0,0789	0,0175
	Média	11.464,17	0,2000	0,1189	0,0219	0,0888	0,0162	0,0611	0,0122
	C.V. (%)	87	36	59	70	47	56	24	74
Total	57.320,84	1,0000	0,1189 ⁽³⁾	0,1097	0,0888 ⁽³⁾	0,0809	0,0611 ⁽³⁾	0,0610	
Cultura de aveia									
Outono inverno	1 ⁽²⁾	29.998,12	0,3128	0,0384	0,0150	0,0259	0,0081	0,0312	0,0065
	2 ⁽²⁾	2.080,28	0,0491	0,1226	0,0057	0,1299	0,0027	0,2241	0,0048
	3 ⁽²⁾	1.937,95	0,1164	0,1040	0,0114	0,0515	0,0054	0,0447	0,0046
	4 ⁽²⁾	5.926,17	0,2670	0,0992	0,0281	0,0991	0,0193	0,0397	0,0114
	5 ⁽²⁾	1.551,36	0,2547	0,0274	0,0069	0,0208	0,0054	0,0403	0,0099
	Média	8.298,77	0,2000	0,0783	0,0134	0,0655	0,0082	0,0760	0,0074
	C.V. (%)	132	50	49	60	65	71	98	37
Total	41.493,82	1,0000	0,0783 ⁽³⁾	0,0671	0,0655 ⁽³⁾	0,0409	0,0760 ⁽³⁾	0,0372	

SSC: solo sem cultura; FEI_{30} : fração do índice de erosividade, EI_{30} , no estádio da cultura; A + G: aração + duas gradagens; E + G: escarificação + uma gradagem; SDI: semeadura direta; RPS: razão de perdas de solo entre um tratamento qualquer e o solo sem cultura, (Mg ha⁻¹) (Mg ha⁻¹)⁻¹; C: fator C = produto da RPS pela FEI_{30} ; ⁽¹⁾ Em média, 45 dias por estádio. ⁽²⁾ Em média, 34 dias por estádio. ⁽³⁾ Média dos valores dos estádios durante o ciclo da cultura. CV: coeficiente de variação.

tendência clara quanto a esse aspecto, discordando de outros trabalhos (Levien et al., 1990; DeMaria & Lombardi Neto, 1997), nos quais se constatou que o estágio crítico de perda de solo em geral foi aquele que sucedeu à sementeira. Isto é explicado pelo fato de que os estádios dos ciclos das culturas foram definidos, dividindo-se os ciclos em cinco estádios com igual duração de tempo entre eles. Portanto, não se consideraram os intervalos de tempo entre o preparo primário e secundário do solo, bem como os intervalos necessários para que as culturas atingissem determinado estágio de crescimento e de proteção do solo, ou, ainda, aqueles após as colheitas, como o fizeram os autores supramencionados.

Os valores de fator C para a cultura de milho (Quadros 3 e 6) foram de 0,1097, 0,0809 e 0,0610 (Mg ha^{-1}) (Mg ha^{-1})⁻¹, para a A + G, E + G e SDI, respectivamente, enquanto para a cultura de aveia (Quadros 4 e 6), os referidos valores, para os respectivos sistemas de preparo do solo, foram de 0,0671, 0,0409 e 0,0372 (Mg ha^{-1}) (Mg ha^{-1})⁻¹, na média dos dois cultivos, com ampla variação de valores entre anos e culturas discutidos anteriormente.

Na cultura de milho, a eficácia relativa da SDI na redução da erosão hídrica, avaliada com base no fator C, foi de 44 % em relação a A + G e de 25 % em relação à E + G, na média dos dois cultivos, enquanto, na cultura de aveia, a referida eficácia foi de 45 e 9 %, concordando com dados de Margolis et al. (1985), DeMaria & Lombardi Neto (1997) e Bertol et al. (2001). Isto é explicado principalmente pela presença dos resíduos vegetais na superfície do solo na SDI, os quais dissiparam a energia cinética das gotas de chuva e, ainda, pela diminuição de desagregação da superfície do solo em função da ausência de preparo nesse tratamento, em relação aos demais.

Os valores médios do fator C foram maiores na cultura de milho do que na de aveia, em todos os sistemas de preparo do solo (Quadro 6). A maior variação entre culturas ocorreu na E + G e, as menores, na SDI e E + G. Este comportamento é

explicado pela erosividade das chuvas que, em média, foi 30 % maior no cultivo do milho do que no da aveia (Quadro 2), o que ocasionou maiores perdas de solo no SSC durante os ciclos do milho (Quadro 3) do que da aveia (Quadro 4) e, conseqüentemente, menores valores de RPS no milho do que na aveia (Quadros 3, 4 e 5).

CONCLUSÃO

1. Os valores médios de RPS para o milho foram de 0,1189, 0,0888 e 0,0611 (Mg ha^{-1}) (Mg ha^{-1})⁻¹, para a aração+duas gradagens, escarificação+uma gradagem e sementeira direta, respectivamente, enquanto, para a aveia, foram, respectivamente, de 0,0783, 0,0655 e 0,0760 (Mg ha^{-1}) (Mg ha^{-1})⁻¹.

2. Os valores médios do fator C para os respectivos preparos foram de 0,1097, 0,0809 e 0,0610 (Mg ha^{-1}) (Mg ha^{-1})⁻¹, no caso do milho, e de 0,0671, 0,0409 e 0,0372 (Mg ha^{-1}) (Mg ha^{-1})⁻¹, no caso da aveia.

LITERATURA CITADA

- BERTOL, I. Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de culturas. R. Bras. Ci. Solo, 18:267-271, 1994.
- BERTOL, I. & ALMEIDA, J.A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do Estado de Santa Catarina. R. Bras. Ci. Solo, 24:657-668, 2000.
- BERTOL, I.; SCHICK, J. & BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para as culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um Cambissolo Húmico aluminico. R. Bras. Ci. Solo, 25:451-461, 2001.
- CATANEO, A.; CASTRO FILHO, C. & ACQUAROLE, R.M. Programa para cálculo de índices de erosividade de chuvas. R. Bras. Ci. Solo, 6:236-239, 1982.

Quadro 6. Valores do fator C para cada ciclo das culturas de milho e aveia, obtidos pelo produto da razão de perdas de solo e fração do EI₃₀, em três sistemas de manejo do Cambissolo Húmico aluminico em Lages (SC)

Tipo de preparo	Milho		Média	Aveia		Média
	19/11/94 a 30/07/95	16/11/97 a 30/04/98		09/06/93 a 17/11/93	01/05/98 a 30/10/98	
	(Mg ha ⁻¹) (Mg ⁻¹ ha ⁻¹) ⁻¹					
A + G	0,1767	0,0426	0,1097	0,0543	0,0798	0,0671
E + G	0,1243	0,0375	0,0809	0,0482	0,0336	0,0409
SDI	0,0978	0,0241	0,0610	0,0263	0,0480	0,0372

A + G: aração + duas gradagens; E + G: escarificação + uma gradagem; SDI: sementeira direta.

- COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de erosão em condições de chuva natural. I. Sugestões gerais, medição dos volumes, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada (1ª aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. p.75-98.
- DEDECEK, R.A.; RESK, D.V.S. & FREITAS JÚNIOR, E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. R. Bras. Ci. Solo, 10:265-272, 1986.
- DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F. & CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. R. Bras. Ci. Solo, 5:133-137, 1981.
- DeMARIA, I.C. & LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. R. Bras. Ci. Solo, 21:263-270, 1997.
- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. J. Soil Water Conserv., 36:355-359, 1981.
- HERNANI, L.C.; SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; DEDECEK, R. & ALVES JÚNIOR, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). R. Bras. Ci. Solo, 21:667-676, 1997.
- LEVIEN, R.; COGO, N.P. & ROCKENBACH, C.A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 14:73-80, 1990.
- MARGOLIS, E.; SILVA, A.B. & JACQUES, F.O. Determinação dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo para as condições de Caruaru (PE). R. Bras. Ci. Solo, 9:165-169, 1985.
- NASCIMENTO, P.C. & LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo sob cultivo de três leguminosas. R. Bras. Ci. Solo, 23:121-125, 1999.
- SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O. & BALBINOT Jr., A.A. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo - I: perdas de solo e água. R. Bras. Ci. Solo, 24:427-436, 2000.
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 23:246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W.H. Cropping-management factor for a universal soil-loss equation. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 24:322-326, 1960.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537)