

EROSÃO HÍDRICA EM SEMEADURA DIRETA DE MILHO E SOJA NAS DIREÇÕES DA PENDENTE E EM CONTORNO AO DECLIVE, COMPARADA AO SOLO SEM CULTIVO E DESCOBERTO⁽¹⁾

Juliana Marioti⁽²⁾, Ildegardis Bertol⁽³⁾, Júlio César Ramos⁽²⁾, Romeu de Souza Werner⁽²⁾, Juscelia Padilha⁽²⁾ & Douglas Henrique Bandeira⁽⁴⁾

RESUMO

Dados de perdas de água e solo obtidos em estudos de erosão hídrica são necessários nos planos de conservação do solo. Mesmo com o advento do sistema de semeadura direta, difundido no Brasil a partir dos anos de 1970, ainda se fazem necessárias práticas conservacionistas para o efetivo controle da erosão hídrica, como o uso do cultivo em contorno e o terraceamento, especialmente em regiões com altos volumes de chuva. Outra opção para o controle da erosão é o uso de culturas protecionistas do solo. O objetivo deste trabalho consistiu em quantificar as perdas de água e solo por erosão hídrica, em um solo cultivado com soja e milho sob semeadura direta, nas direções da pendente e em contorno ao declive. O experimento foi realizado em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, no período de 2010-2011, sob a aplicação de quatro testes de chuva simulada. Estudaram-se cinco tratamentos, com duas repetições, sendo eles: semeadura de soja no sentido do declive (SD); semeadura de soja no sentido da curva de nível (SC); semeadura de milho no sentido do declive (MD); semeadura de milho no sentido da curva de nível (MC); e testemunha - solo sem cultivo e descoberto (T). Os cultivos foram implantados sobre resíduo cultural de trigo, no sistema de semeadura direta. A semeadura da soja em contorno foi mais eficaz no controle das perdas de solo do que a semeadura dessa no sentido do declive. A cultura do milho foi mais eficaz no controle das perdas de solo do que a soja, independentemente da forma de semeadura, e ambas foram mais eficazes do que a testemunha. As perdas de água

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Recebido para publicação em 14 de setembro de 2012 e aprovado em 6 de junho de 2013.

⁽²⁾ Mestrando em Manejo do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV/UDESC. Av. Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro. CEP 88520-000 Lages (SC). E-mail: julianamarioti@gmail.com; julio.ramos.ta@gmail.com; junaflorestal@hotmail.com; tiomema@msn.com

⁽³⁾ Professor, Departamento de Solos, CAV/UDESC. Bolsista de produtividade do CNPq. E-mail: a2ib@cav.udesc.br

⁽⁴⁾ Estudante de graduação, Lab. de Uso e Conservação do Solo, CAV/UDESC. E-mail: douglas_ibf@hotmail.com

foram influenciadas apenas pela forma de semeadura e relacionaram-se negativamente com a umidade do solo antes do início das chuvas e com o tempo de início da enxurrada.

Termos de indexação: chuva simulada, taxa de enxurrada, perda de solo, perda de água.

SUMMARY: WATER EROSION FROM NO-TILLAGE CORN AND SOYBEAN SOWN ALONG AND PERPENDICULARLY TO THE CONTOUR LINES, COMPARED WITH BARE FALLOW SOIL

Soil and water loss data from rainfall erosion studies are fundamental for the planning of soil conservation. Despite the implantation of no-tillage systems, introduced in the 1970s, conservation practices, e.g., contour cropping and terracing, are still required for an effective control of rainfall erosion, especially in areas with high rainfall amounts. Another alternative for erosion control is the planting of cover crops for soil protection. The objective of this study was to quantify water and soil losses by rainfall erosion from a soil under no-tillage soybean and maize, sown along and perpendicularly to the slope contour lines. The experiment was conducted on an Inceptisol, in the 2010/2011 growing season, with application of four simulated rainfall tests. There were five treatments, in two replications: soybean sown perpendicularly to the contour lines (SD); soybean along the contour lines (SC); maize perpendicular to the contour lines (MD); maize along the contour lines (MC); and control - no crop and bare soil (T). The crops were planted on wheat crop residues in the no tillage system. Soybean along the contour lines was more effective in controlling soil loss than soybean perpendicular to the contour. Maize was more effective in controlling soil loss than soybean, regardless of the form of seeding, and both were more effective than the control. Water losses were only influenced by the form of sowing and negatively correlated with soil moisture before the onset of the rains and the beginning of runoff.

Index terms: simulated rainfall, runoff rate, soil loss, water loss.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo é a principal causa de sua degradação, podendo ocorrer naturalmente ou de forma induzida, acelerada pela ação antrópica. Esse fenômeno é percebido desde a antiguidade, identificado pelos primeiros registros que datam dos Sumérios (3.000 a.C.), conforme descrito por Bennett (1939). Esses registros revelam que a revolução neolítica, a qual determinou a fixação do homem nômade na terra, propiciou uma relação inversa e permanente entre o uso do solo e a sua degradação.

Do ponto de vista agrícola, a erosão causa problemas no seu local de origem e fora dele. No local de origem, diminui a fertilidade do solo pela perda de carbono orgânico e de nutrientes da camada superficial, degrada-o física, biológica e quimicamente e, ao longo do tempo, rebaixa a camada arável. Isto diminui o potencial produtivo do solo e aumenta os gastos com adubação química, podendo inviabilizar a produtividade competitiva e até excluir áreas do processo produtivo. Fora do local de origem, a erosão do solo causa problemas ambientais, em razão da deposição de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica em corpos d'água. Isto causa assoreamento, diminuindo a quantidade de água disponível, e eutrofização, reduzindo a qualidade da água. Com isso,

a qualidade e quantidade de vida aquática e a geração de energia pelas hidroelétricas são prejudicadas, ocorrendo, ainda, potencialização de enchentes.

O solo é influenciado de diferentes formas e em magnitudes distintas pela erosão, a qual, no caso da erosão hídrica pluvial, varia com as características da chuva, o tipo de solo, o relevo, a cobertura e manejo do solo e as práticas conservacionistas de suporte (Wischmeier & Smith, 1978; Hudson, 1995). A influência desses fatores na erosão hídrica foi sistematicamente organizada e apresentada por Wischmeier & Smith (1978), quando determinaram tais agentes e propuseram a Equação Universal de Perda de Solo ("Universal Soil Loss Equation - USLE"). A importância relativa de cada um deles e as inter-relações entre eles são muito complexas, o que dificulta a predição do processo erosivo do solo.

A remediação do solo desgastado pela erosão hídrica, quando ela ainda é possível, demanda, em geral, gastos elevados e longo espaço de tempo. Portanto, a prevenção e o controle da erosão são as alternativas mais viáveis e sustentáveis do ponto de vista técnico e econômico. Assim, o controle da erosão acelerada, visto como a parte mais importante da conservação do solo, constitui um conjunto de práticas que visam manter e melhorar a qualidade dos solos (Barreto, 2007).

A semeadura direta tem sido um sistema de manejo muito utilizado nos últimos 10 a 15 anos, em algumas regiões do Brasil, para fins de controle da erosão hídrica pluvial do solo (Cogo et al., 2003; Mello et al., 2003; Denardin et al., 2005; Bertol et al., 2007), entre outras razões. Porém, a semeadura direta, isoladamente, sem a utilização de práticas conservacionistas de suporte, como cultivo em contorno e terraços agrícolas, não controla totalmente as perdas de solo e, muito menos, as perdas de água, como muitos, equivocadamente, acreditam. Como alternativa, dispõe-se do cultivo em contorno, uma prática conservacionista de solo importante no controle da erosão hídrica, em especial das perdas de solo (Wishmeier & Smith, 1978; Michelena & Mon, 2002; Cogo et al., 2007; Luciano et al., 2009). Essa prática é simples, sem custo adicional algum e, na maioria dos casos, fácil de ser aplicada. O cultivo em contorno deve ser utilizado associado com outras práticas conservacionistas, como a rotação de culturas e o terraceamento.

É, portanto, de senso comum, que o processo acelerado de erosão hídrica do solo em áreas agrícolas é um problema sério e largamente reconhecido no mundo. A estimativa precisa e confiável das perdas por esse processo, seu impacto ambiental fora do local de origem da erosão e os prejuízos econômicos decorrentes dessas perdas, nem sempre são facilmente estimados. Assim, pesquisas sob condições controladas, foco deste trabalho, são importantes para dimensionar o efeito da adoção de determinados sistemas de manejo e práticas alternativas de conservação do solo, fornecendo, ainda, dados e informações necessárias para o desenvolvimento de métodos e modelos que auxiliem na tomada de decisão.

O objetivo deste trabalho consistiu em quantificar as perdas de água e solo por erosão hídrica, em solo cultivado com soja e milho sob semeadura direta, nas direções da pendente e em contorno ao declive. Secundariamente, objetivou-se analisar as relações de algumas variáveis e sua influência nas perdas de água e solo, bem como determinar o fator K da USLE para o solo estudado, sob chuva simulada.

MATERIAL E MÉTODOS

As atividades de campo e laboratório envolvidas na pesquisa foram executadas entre dezembro de 2010 e julho de 2011. Efetivou-se a parte de campo em uma área experimental localizada a 27° 46' 57" S e 50° 18' 20" W de Greenwich, na região do planalto sul catarinense, onde a altitude média é de 900 m e o relevo, suave-ondulado; a parte de laboratório foi realizada no Laboratório de Uso e Conservação do Solo da UDESC/CAV. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfb. De acordo com Schick et al. (2012), o fator de erosividade anual

para essa região é de 5.057 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, com base em dados de 22 anos.

O solo da área experimental é um Cambissolo Húmico aluminóico léptico (Embrapa, 1999; Barbosa et al., 2009), que representa aproximadamente 69 % da área de solo do município de Lages (Epagri, 2002). A erodibilidade desse Cambissolo, determinada por Schick et al. (2013), com base em dados de 20 anos, é de 0,0175 Mg ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, enquanto a tolerância de perda de solo dele é 0,73 mm ano⁻¹, segundo Bertol & Almeida (2000).

Foram instaladas unidades experimentais, ou parcelas, conforme Wishmeier & Smith (1978) e Swanson (1965), para a aplicação de chuvas simuladas com o simulador de chuva de braços rotativos (Swanson, 1965). Os aspersores usados nesse simulador são do tipo VEEJET 80/100 (Meyer & McCune, 1958).

As dimensões de cada parcela eram de 11 m de comprimento na direção do declive e 3,5 m de largura, constituindo uma área útil de 38,5 m² por parcela. Cada parcela foi delimitada na extremidade superior e nas laterais por meio de chapas galvanizadas com 0,2 m de altura, cravadas a 0,1 m no solo. Na extremidade inferior, a delimitação era feita com uma calha coletora de enxurrada conectada a um tubo de PVC, que conduzia a enxurrada até uma trincheira localizada 6 m abaixo da parcela (Figura 1), onde eram feitas as coletas de enxurrada.

Na colheita do trigo, cultivado anteriormente à implantação dos tratamentos desta pesquisa, as espigas da cultura foram retiradas manualmente e a palha restante foi picada e distribuída uniformemente sobre o solo nas parcelas, nas quais a soja e o milho seriam semeados sob semeadura direta sobre os resíduos do trigo, onde a cobertura do solo era de 100 %. Nas duas parcelas onde o solo permaneceria



Figura 1. Aparelho simulador de chuva de braços rotativos tipo Swanson, em operação durante a aplicação de chuva sobre duas parcelas simultaneamente.

descoberto e sem cultivo para implantar o tratamento testemunha, o solo foi revolvido com uma aração e duas gradagens, mantido destorroado, sem culturas e sem resíduos vegetais até o final do experimento.

Foram coletadas amostras de solo deformadas e não deformadas em cada parcela, na profundidade de 0-0,05 m, antes da instalação dos tratamentos. Nas amostras deformadas, determinaram-se a granulometria do solo (Método da pipeta), a densidade das partículas (Método do balão volumétrico) e a estabilidade de agregados em água (Método do balanceamento por via úmida padrão - Kemper & Chepil, 1965); nas não deformadas, a densidade do solo (Método de pesagem) e o volume de poros (total, macro e microporos) (Método da mesa de tensão). Os dados desses atributos encontram-se no quadro 1.

Os tratamentos estudados consistiram de: semeadura direta com cultivos sobre resíduo cultural de trigo: soja semeada no sentido do declive (SD); soja semeada em contorno ao declive (SC); milho semeado no sentido do declive (MD); e milho semeado em contorno ao declive (MC); e solo sem cultivo: solo descoberto e sem cultivo, mantido sem cobertura e com rugosidade mínima, constituindo-se na testemunha (T). Cada tratamento era formado por duas repetições, totalizando 10 parcelas, e a distribuição dos tratamentos na área foi realizada aleatoriamente, em dois blocos. No cultivo de soja, o espaçamento entrelinhas era 0,45 m, enquanto no de milho, 0,8 m, cujos sulcos foram abertos com trator e semeadora do tipo BERTANHA BR-1253.

A semeadura e adubação nos tratamentos com cultivo do solo foram realizadas de forma manual,

imediatamente após a abertura dos sulcos, aplicando-se a formulação 7-30-15 NPK, 400 kg ha⁻¹, na quantidade de 1,5 kg por parcela. A semeadura do milho e da soja foi realizada utilizando-se um “saraquá” ou “matraca”, regulada para depositar, por cova, de duas a três sementes de milho e de três a quatro sementes de soja. Durante a fase inicial da soja, ocorreu ataque de animais (lebres), que, ao desfolharem as plantas, retardaram o pleno desenvolvimento delas, reduzindo sua capacidade de cobrir o solo com a parte aérea da cultura.

Sobre os tratamentos, foram aplicados quatro testes de chuva simulada ao longo do ciclo das culturas, com cinco chuvas cada teste, totalizando 20 chuvas. A duração de cada uma delas foi de 90 min e a intensidade programada de 65 mm h⁻¹. O teste 1 foi aplicado em 20 de janeiro de 2011; o 2, em 26 de fevereiro de 2011; o 3, em 19 de março de 2011 e o 4, em 19 de abril de 2011. A erosividade (EI₃₀) das chuvas simuladas foi calculada conforme recomendado por Meyer & McCune (1958), por meio da seguinte equação:

$$EI_{30} = 0,2083 Q I \quad (1)$$

em que: Q = altura de chuva aplicada (mm); e I = intensidade da chuva aplicada (mm h⁻¹).

A intensidade média da chuva aplicada durante o experimento foi de 66,5 mm h⁻¹ e a altura média da lâmina de água, de 99,8 mm, resultando numa erosividade média de 1.382 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹.

Antes da aplicação das chuvas, determinaram-se a porcentagem de cobertura do solo por resíduos culturais em cada parcela, pelo método da “corda

Quadro 1. Declividade do terreno (D), granulometria, densidade das partículas (Dp), densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), volume de macroporos (Ma) e de microporos (Mi) e diâmetro médio ponderado de agregados (DMP), da camada superficial do solo (0-5 cm), em um Cambissolo Húmico aluminico léptico, antes da implantação dos diferentes tratamentos

Tratamento	D	Areia	Silte	Argila	Dp	Ds	Pt	Mi	Ma	DMP
	m m ⁻¹	%			g cm ⁻³		%		mm	
Bloco 1										
SD	0,139	16,2	39,8	44,1	2,43	1,11	54,4	18,4	36,1	5,9
MD	0,145	15,6	41,9	43,1	2,34	0,93	60,4	27,8	32,6	5,3
SC	0,137	18,9	41,7	38,9	2,46	1,26	44,9	22,4	22,6	5,8
MC	0,134	18,4	39,4	42,3	2,50	1,32	47,2	23,3	24,4	5,5
T	0,129	20,5	38,5	41,1	2,52	1,10	56,5	37,0	19,6	4,5
Bloco 2										
SD	0,137	24,7	42,4	33,0	2,38	1,14	51,8	19,2	33,1	6,1
MD	0,124	21,3	44,2	34,5	2,49	1,26	49,7	24,3	24,9	5,7
SC	0,128	21,4	44,2	34,5	2,34	1,21	50,8	24,5	26,3	5,4
MC	0,134	26,5	42,7	31,0	2,50	1,09	56,9	28,3	28,8	6,2
T	0,136	19,7	37,7	42,6	2,47	0,92	62,8	29,1	33,8	4,4
Média	0,134	20,3	41,0	38,3	2,44	1,13	53,6	25,7	27,5	5,5

SD: soja no sentido do declive; MD: milho no sentido do declive; SC: soja em contorno ao declive; MC: milho em contorno ao declive; e T: testemunha.

marcada”, descrito por Hartwig & Laflen (1978), e a cobertura do solo pela copa das plantas, pelo método do “metro sombreado”, descrito por Adams & Arkin (1977). Coletaram-se amostras do solo, nas profundidades de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em um ponto de cada parcela, para a determinação do teor de água gravimétrico (Forsythe, 1975).

Durante a aplicação das chuvas, registrou-se o tempo de início do escoamento superficial a partir do início da chuva. Após ter iniciado o escoamento superficial, em intervalos regulares de 5 min, coletaram-se amostras da enxurrada de 1 L cada uma. Com essas amostras, definiram-se as perdas de solo. Nesses mesmos momentos, mediram-se as taxas instantâneas de escoamento superficial, com as quais as perdas de água foram calculadas. Essas determinações seguiram método descrito em Cogo (1981). A velocidade da enxurrada e a intensidade da chuva aplicada também foram medidas. A velocidade da enxurrada foi discriminada utilizando-se um corante a base de azul de metileno diluído em água a 1,5 %. Esse corante foi jogado sobre o fluxo, cronometrando-se o tempo necessário para percorrer 6 m de distância na parcela. A intensidade da chuva foi calculada a partir do volume de chuva coletado em 20 pluviômetros, distribuídos estrategicamente sobre a área coberta pela chuva simulada.

A quantidade total de solo perdido por erosão foi calculada integrando-se as taxas instantâneas de perda de solo. Com o auxílio de uma planilha de cálculo em Excel, calcularam-se a taxa instantânea de escoamento superficial e a concentração instantânea de sedimentos na enxurrada para cada minuto do escoamento, por meio da interpolação linear dos dados coletados em campo. As perdas totais de água pela enxurrada foram calculadas, integrando-se as taxas instantâneas de enxurrada.

Os resultados de perdas totais de água e solo foram ajustados para a intensidade de chuva planejada, conforme procedimento descrito em Cogo (1981). Após esse ajuste, as perdas totais de solo foram, ainda, ajustadas para a declividade média das parcelas experimentais, em razão da variação de declividade entre uma parcela e outra, com base no fator S da USLE (Wischmeier & Smith, 1978), pela equação a seguir:

$$S = 0,065 + 4,56 \text{ sen}\theta + 65,41 (\text{sen}\theta)^2 \quad (2)$$

em que: S = fator S; e θ = ângulo do declive.

O Fator K, correspondente à erodibilidade do solo, foi calculado pela relação da perda de solo (PS) média no tratamento testemunha com a erosividade média das quatro chuvas simuladas (EI_{30}), aplicadas sobre esse tratamento, conforme a equação 3:

$$K = (PS) / (EI_{30}) \quad (3)$$

O delineamento experimental foi blocos ao acaso. O experimento fatorial $4 \times 2 \times 2$ foi, respectivamente, dias após a semeadura (DAS), cultura e forma de

semeadura. Assim, foram quatro níveis de variação do fator chuva (30, 64, 88 e 120 DAS), dois do fator cultura (milho e soja) e dois do fator forma de semeadura (em contorno e no sentido do declive). Quando houve interação ($p < 0,05$ ou muito próximo de 0,05, embora levemente maior), essas formas desdobradas e os efeitos simples de cada fator, analisados. Aplicaram-se o teste Tukey (5 %) e as análises de regressão não linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A superfície do solo coberta pela copa das plantas (CC) apresentou variação em razão da cultura (C) e do tempo após a semeadura (DAS), tendo sido significativa a interação DAS *versus* C (Quadro 2, $\alpha = 5\%$). O milho promoveu maior CC do que a soja (Quadro 3), sem influência da forma de semeadura (S). O milho atingiu o valor máximo de 80,8 % de CC na média do período compreendido entre o 64º e 88º DAS, enquanto a soja atingiu o valor máximo de 50,7 % de CC no 88º DAS, na média das formas de semeadura (Figura 2). A baixa cobertura de copa das plantas de soja deveu-se ao ataque de animais no início do ciclo da cultura, os quais (lebres) alimentaram-se dos brotos das plantas, retardando o pleno desenvolvimento da cultura. Ao final do ciclo das culturas, ocorreu diminuição na CC por causa da senescência das plantas e queda das folhas, com consequente redução de produção de parte aérea. Souza et al. (2010) encontraram valores de cobertura máxima pela copa na cultura do milho de 78 a 95 %, antes do final do ciclo, para diferentes cultivares. Amaral et al. (2008) observaram que a cobertura máxima atingida pela copa da soja foi de 80 % e Engel et al. (2009), de 100 %, ambas antes do final do ciclo da cultura. A cobertura do solo pela copa das plantas é menos eficaz do que a por resíduos culturais no controle da erosão hídrica (Wischmeier & Smith, 1978), condição essa inerente ao sistema de semeadura direta.

A cobertura do solo por resíduos culturais (CR) também apresentou interação de tipo de cultura (C) *versus* forma de semeadura (S) (Quadro 2). A CR era de 100 % antes da abertura dos sulcos para semeadura, nos tratamentos com cultivo do solo. Essa cobertura teve redução de 29 % na soja e de 21 % no milho, após essa operação e antes da aplicação do teste 1 de chuva, na média para a soja e para o milho (Quadro 3). Isto foi decorrente do efeito do equipamento utilizado para a abertura dos sulcos, conforme verificado também por Bertol et al. (1997). A maior redução de CR na soja do que no milho foi atribuída ao maior número de sulcos abertos para a semeadura da soja, em razão do menor espaçamento entrelinhas. Nos tratamentos dessa cultura, a relação entre metro linear de sulco e metro quadrado de área foi de 2,23, enquanto nos tratamentos da cultura do milho essa relação foi de 1,37. Quanto maior essa relação, maior

Quadro 2. Análise estatística da variância e do coeficiente de variação, em fatorial 4 x 2 x 2, correspondente aos dias após a semeadura (DAS: 30, 64, 88 e 120), tipo de cultura (C), forma de semeadura (S) e testemunha (T), em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, nos diferentes tratamentos

Fonte de variação	GL	QM					
		CC ⁽¹⁾	CR ⁽¹⁾	VE	TI	PS ⁽²⁾	PA
DAS	3	3657,3**	225,3**	0,0017**	563,65**	0,190 ^{NS}	1259,0**
C	1	7087,6**	300,1**	0,0000 ^{NS}	114,38*	2,190**	702,1 ^{NS}
S	1	32,1 ^{NS}	30,0 ^{NS}	0,0072**	106,95*	1,230**	1864,3**
T x C	3	52,3*	54,4*	0,0001 ^{NS}	28,05 ^{NS}	0,088 ^{NS}	127,8 ^{NS}
T x S	3	37,0 ^{NS}	39,9 ^{NS}	0,0002 ^{NS}	25,79 ^{NS}	0,034 ^{NS}	150,1 ^{NS}
C x S	1	86,9*	72,0*	0,0008 ^{NS}	23,63 ^{NS}	0,346*	254,9 ^{NS}
T x C x S	3	50,1*	17,7 ^{NS}	0,0002 ^{NS}	2,05 ^{NS}	0,009 ^{NS}	50,9 ^{NS}
Tratamento x T	1	-	-	0,0027**	30,83 ^{NS}	4,781**	6,7 ^{NS}
Erro	17 ⁽¹⁾ - 16	12,5	14,6	0,0002	14,55	0,077	175,6
CV (%)		7,57	5,60	16,82	37,00	10,05	19,14

⁽¹⁾ Não foi considerada a T, condição sem cultivo e sem resíduos. Nesse caso, o grau de liberdade (GL) do resíduo foi igual a 17. ⁽²⁾ Normalização dos dados utilizando-se escala logarítmica. CC: Cobertura pela copa; CR: cobertura por resíduos; VE: velocidade da enxurrada; TI: tempo de início do escoamento; PS: perda de solo; PA: perda de água; e CV (%): coeficiente de variação. * e **: significativo a 5 e 1 %, respectivamente; NS: não significativo.

é a quantidade de resíduos incorporados ao solo pela haste sulcadora da semeadora. Levien & Cogo (2001) não constataram diferença na CR após a operação de semeadura de milho e aveia, no sistema de semeadura direta. Cogo et al. (2003) verificaram redução de 18 % na CR, em área cultivada com soja, adotando o mesmo procedimento de abertura de sulcos e com o mesmo espaçamento entre linhas adotados neste trabalho. As diferenças encontradas para essa variável nos diversos trabalhos encontrados na literatura são devidas às diferenças quanto ao tipo de resíduo cultural, densidade, morfologia e grau de fragmentação dos resíduos (Lopes et al., 1987) ou pelo tipo de semeadora, com ou sem hastes sulcadoras acopladas.

Na cultura da soja, a CR foi de 71 % aos 30 DAS, reduzindo para 64 e 57 % no 64^o e 88^o DAS, respectivamente, na média das formas de semeadura (Figura 2, Quadro 3). Isto é explicado, em parte, pelo arraste dos resíduos por ação da enxurrada, o que justificou maior redução na forma de semeadura no sentido do declive e, em parte, pela provável decomposição dos resíduos. Ao final do ciclo da soja (120 DAS), a CR aumentou por causa da queda das folhas das plantas sobre o solo. No milho, após a diminuição da CR, em razão da operação de abertura de sulcos para semeadura, a CR manteve-se constante, com média de 69 % e, nesse caso, a forma de semeadura não influenciou na CR. Dados semelhantes a esses foram obtidos por Leite et al. (2004) e Engel et al. (2009).

O tempo de início do escoamento superficial (TI) variou nos períodos avaliados (DAS), nas culturas (C) e nas formas de semeadura (S) (Quadro 2). No teste realizado aos 88 DAS, o TI diferiu dos demais, levando, em média, 22,8 min para iniciar a enxurrada, 3,5 vezes mais do que a média dos demais testes, que foi

de 6,5 min (Quadro 3). Esse teste foi realizado após um período de estiagem, em que o teor de água no solo antecedente às chuvas era 25 % menor do que nos demais testes. A baixa umidade do solo proporcionou maior infiltração, o que explica o retardamento do tempo para início da enxurrada (TI).

Dentre as culturas, o milho retardou o TI em 43,6 %, em relação à soja, com média de 12,4 min nos tratamentos com milho e 8,7 min nos com soja (Quadro 3). O menor ângulo de inserção das folhas de milho e a maior cobertura pela copa facilitaram a captação de água da chuva pela parte aérea, enquanto as raízes fasciculadas melhoraram a estrutura do solo, aumentando a infiltração no milho em relação à soja, conforme verificado também por Levien & Cogo (2001).

Considerando a direção da operação de semeadura, o TI foi 29,6 % maior quando realizado em contorno ao declive do que em direção da pendente (Quadro 3). Os sulcos da semeadora em contorno ao declive formaram barreiras que retiveram a água da chuva e aumentaram o volume de enxurrada armazenada na superfície do solo, retardando início do escoamento superficial, conforme verificado também nos trabalhos de Luciano et al. (2009) e Barbosa et al. (2010).

Os valores de TI apresentaram correlação negativa com os de teor de água no solo antecedente às chuvas, quando a semeadura foi efetuada no sentido do declive, não havendo diferença entre os tratamentos, apresentando coeficiente de determinação de 0,79 (Figura 3a). Na semeadura efetuada em contorno ao declive, houve diferença do TI entre as culturas. O milho teve menor TI e, em ambas as culturas, o coeficiente de determinação foi de 0,99 (Figura 3b).

Quanto maior o teor de água no solo antecedente à chuva, menor foi o TI e menor a diferença entre as

Quadro 3. Cobertura do solo pela copa das plantas e pelos resíduos culturais, umidade do solo, tempo de início da enxurrada, velocidade da enxurrada e perdas de solo e água, em um Cambissolo Húmico aluminico léptico, em quatro testes de chuva simulada ao longo do ciclo da soja e do milho, semeados no sentido do declive e em contorno ao declive e na testemunha

Teste de chuva simulada	DAS	Tratamento				
		SD	SC	MD	MC	T
Cobertura pela copa (%)						
1	30	7,0	7,5	28,8	37,5	0
2	64	36,1	49,8	79,0	78,8	0
3	88	49,0	52,4	86,0	79,5	0
4	120	24,1	27,8	54,8	47,7	0
Cobertura pelos resíduos (%)						
1	30	72,3	69,3	79,5	79,0	0
2	64	62,5	64,8	72,5	68,5	0
3	88	53,3	60,5	68,8	66,0	0
4	120	62,5	75,8	66,3	69,3	0
Umidade do solo (%)						
1	30	33,1	28,3	29,2	29,6	26,0
2	64	39,6	37,2	34,0	33,1	34,7
3	88	25,2	22,5	25,4	26,9	25,3
4	120	30,8	32,3	30,4	30,6	29,4
Início do escoamento (min)						
1	30	8,0	9,0	7,5	11,5	13,0
2	64	2,8	4,0	3,5	5,5	3,0
3	88	15,0	21,5	21,5	33,0	7,0
4	120	5,0	4,0	6,5	10,5	3,0
Velocidade da enxurrada (m s ⁻¹)						
1	30	0,13	0,08	0,12	0,10	0,14
2	64	0,12	0,08	0,11	0,07	0,12
3	88	0,09	0,06	0,08	0,07	0,12
4	120	0,09	0,05	0,08	0,08	0,13
Perdas de solo (t ha ⁻¹)						
1	30	2,12	0,50	0,44	0,44	11,66
2	64	2,35	0,49	0,41	0,35	21,06
3	88	1,68	0,51	0,20	0,10	11,61
4	120	1,87	0,54	0,28	0,13	27,39
Total		7,95	2,05	1,34	1,03	71,70
Perdas de água (% da chuva aplicada)						
1	30	78,4	66,3	75,7	60,9	60,3
2	64	86,9	84,8	84,5	78,2	81,0
3	88	61,8	51,8	61,9	36,1	66,9
4	120	86,9	73,5	77,6	40,7	78,5
Média		78,5	69,1	74,9	54,0	71,7

DAS: dia após a semeadura; SD: soja no sentido do declive; SC: soja em contorno; MD: milho no sentido do declive; MC: milho em contorno; e T: testemunha.

culturas nessa variável. A umidade inicial do solo, quando elevada, sobrepôs o efeito do tipo de cultura. A umidade inicial do solo, que influenciou a infiltração de água, influenciou o TI também pelo tempo necessário para o enchimento dos sulcos. Essa variável, embora não apresentada, foi observada pelos autores no campo durante os eventos de chuva

simulada, apresentando variação entre os tratamentos com cultivo em contorno e no sentido do declive, em razão do distinto número de sulcos abertos no solo pela operação de semeadura.

A velocidade da enxurrada (VE) foi influenciada pela direção da operação de semeadura (S) e pelos

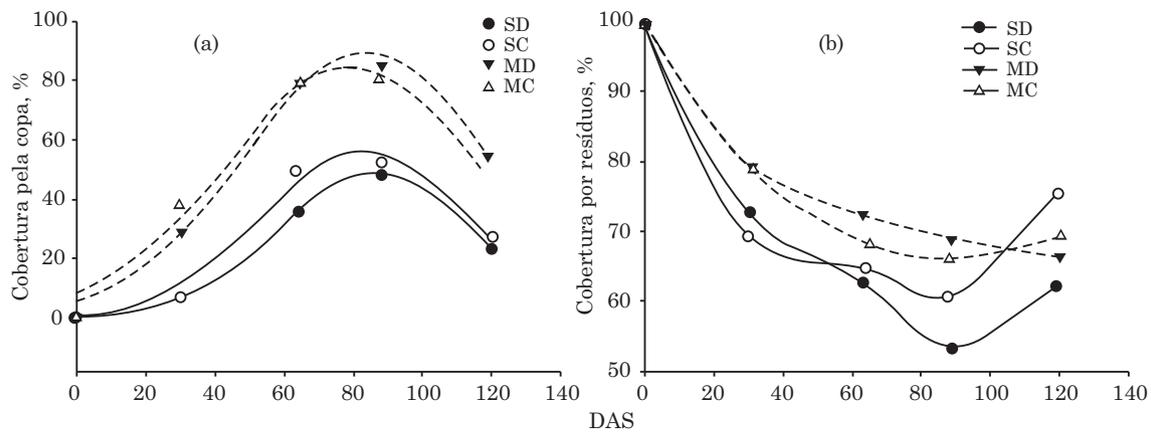


Figura 2. (a) Cobertura do solo pela copa e (b) pelos resíduos culturais, nos tratamentos soja semeada no sentido do declive (SD), soja semeada em contorno ao declive (SC), milho semeado no sentido do declive (MD) e milho semeado em contorno ao declive (MC), ao longo do ciclo das culturas (dia após a semeadura - DAS).

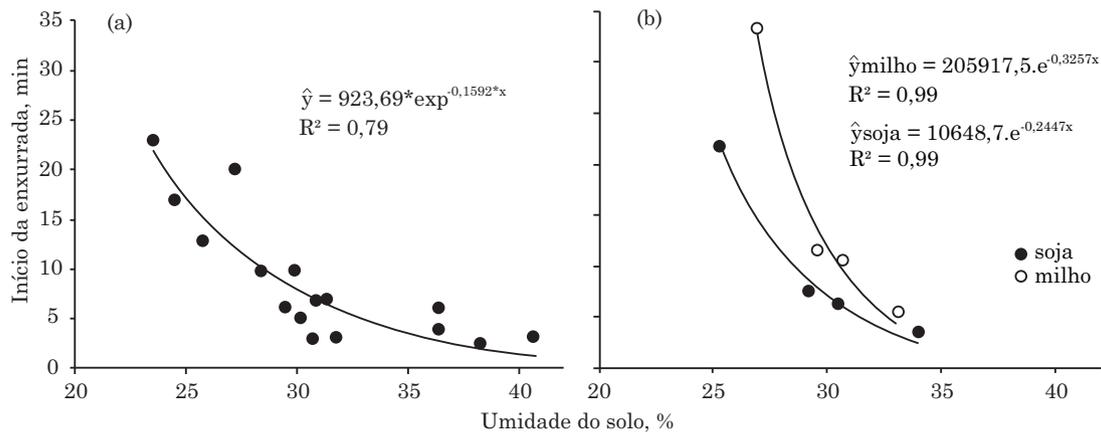


Figura 3. Correlação negativa entre o tempo de início da enxurrada e o teor de água no solo, imediatamente antes de cada chuva simulada aplicada: (a) conjunto de dados dos tratamentos com cultivo no sentido do declive e testemunha e (b) cultivo em contorno para os tratamentos milho e soja.

dias após a semeadura (DAS), diferenciando-se também do tratamento T (Quadro 2). Nos tratamentos com semeadura na direção do declive, a VE foi de $0,105 \text{ m s}^{-1}$ e, em contorno, de $0,075 \text{ m s}^{-1}$, na média dos testes de chuva e das culturas (Quadro 3). A menor VE na semeadura em contorno deveu-se à barreira física formada pela rugosidade superficial dos sulcos e pelos colmos e hastes das plantas, dispostas transversalmente ao declive, conforme constatado também por Barbosa et al. (2010). A VE foi reduzida também em razão do crescimento das plantas. Aos 30 DAS, estágio inicial de crescimento, a VE foi de $0,1 \text{ m s}^{-1}$, maior do que nos períodos subsequentes, como aos 88 e 120 DAS, em que era de $0,075 \text{ m s}^{-1}$, na média das duas datas.

As perdas de solo (PS) dos tratamentos com cultivo foram menores ($\alpha = 1 \%$) do que do tratamento testemunha (Quadro 2). A PS total (soma dos quatro testes) dos tratamentos com cultivo foi de 3 t ha^{-1} , na

média dos tratamentos, enquanto no testemunha, de $71,7 \text{ t ha}^{-1}$ (Quadro 3, Figura 4). O fato de manter o solo coberto com resíduos culturais e cultivado, a redução nas perdas de solo foi de aproximadamente 96 %, em relação ao solo sem cultivo e descoberto. Resultados semelhantes foram encontrados por Beutler et al. (2003), em que a semeadura direta reduziu em 99 % as PS, em relação ao solo sem cultivo e descoberto, em um Latossolo Roxo.

Por meio da análise do efeito simples da interação C versus S, significativa a 5 %, foi possível verificar que as PSs foram maiores nos tratamentos com soja (leguminosa) do que com milho (gramínea), tanto em contorno como no sentido do declive (Quadro 2). O tratamento SC perdeu em média 49 % mais solo do que o MC (Quadro 3). Na semeadura realizada no sentido do declive, a diferença de PS aumentou para 83 % entre os tratamentos SD e MD. Dechen et al. (1981), em experimento realizado em um Latossolo

Roxo, constataram que, de modo geral, as gramíneas foram mais eficientes no controle das PSs do que as leguminosas, em todos os estádios de desenvolvimento das culturas, resultado encontrado também por Luciano et al. (2009), comparando aveia e ervilhaca.

Analisando ainda o efeito simples de interação dos fatores, agora comparando as PSs quanto à direção de semeadura para cada cultura (SD x SC) e (MD x MC), observou-se que somente nos tratamentos com soja tal diferença foi significativa (Quadro 2). Nesse caso, no tratamento SC, a PS foi de 74,6 % menor do que no SD. Wischmeier & Smith (1978) afirmaram que o cultivo em contorno reduziu em 50 % as PSs em relação ao cultivo morro abaixo, em um comprimento máximo de 122 m e declividade entre 3 e 8 %, no preparo convencional de solo, sem especificar o tipo de cultura. Na cultura do milho, a não significância quanto à direção de semeadura, pode ser atribuída à alta eficiência das plantas na proteção do solo contra a erosão, não só pelo efeito da cobertura pela copa, mas, principalmente, pelo efeito das raízes fasciculadas na melhoria da estrutura do solo. De acordo com Dechen et al. (1981), as raízes de gramíneas potencializam a agregação do solo na camada superficial em relação às leguminosas. Portanto, é possível que esse efeito tenha sobreposto o efeito da direção de semeadura, na comparação entre esses tratamentos quanto às PSs. Albuquerque et al. (2002) concluíram que o cultivo em nível em relação àquele em desnível reduziu as perdas de solo e água em 53,4 e 20 %, respectivamente. Cogo et al. (2007), em um experimento sobre um Argissolo Vermelho, observaram que a semeadura direta em contorno reduziu o escoamento superficial e a erosão hídrica pluvial do solo, em comparação à semeadura efetuada na direção do declive. Luciano et al. (2009), em experimento realizado em um Cambissolo Húmico, observaram perdas de solo e água, respectivamente 43 e 27 %, menores na semeadura em contorno, comparadas à direção da pendente.

O fator de erodibilidade do solo (fator K) calculado foi de 0,0132 t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, portanto dentro da faixa encontrada para os solos brasileiros, de 0,006 a 0,049 t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, conforme Cogo (1988). Esse valor é semelhante aos encontrados para esse mesmo tipo de solo, de 0,0115 e 0,0175 t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, obtidos em condição de chuva natural, respectivamente por Bertol et al. (2002) e Schick et al. (2013).

As perdas de água (PA) apresentaram diferença entre os DAS e entre as formas de semeadura (S), sem diferença entre as culturas (C) (Quadro 2). A média das Pas, aos 64 DAS (84 %), diferiu da média aos 88 DAS (53 %), coincidindo, respectivamente, com maior e menor umidade antecedente do solo (Quadro 3), demonstrando que quanto maior essa umidade, maiores foram as PAs. Nos tratamentos onde a semeadura foi realizada na direção do declive, perderam-se 77 % da água das chuvas aplicadas, enquanto naqueles onde a semeadura foi em contorno, a PA foi de 62 % das chuvas, na média dos testes e dos

cultivos (Quadro 3). O maior TI e menor VE, observado na semeadura em contorno, contribuíram para o aumento da infiltração de água no solo e conseqüente redução no escoamento superficial. Silva & De Maria (2011) verificaram que o cultivo em contorno foi eficiente na redução das perdas de água apenas para comprimentos de rampa de até 50 m, reduzindo-a em 7,8 %, quando comparada a semeadura realizada morro abaixo. A ausência de diferença nas PAs entre as culturas deveu-se provavelmente à variabilidade da umidade inicial do solo entre os testes de chuva, o que sobrepôs o efeito proporcionado por essas.

Os valores de PA correlacionaram-se negativamente com os de TI, apresentando coeficiente de determinação de 0,86 (Figura 5), indicando que

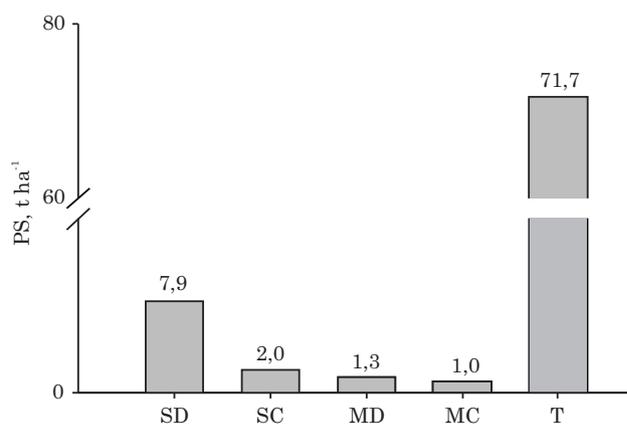


Figura 4. Perdas de solo totais (PS) obtidas em quatro testes de chuva simulada, em um Cambissolo Húmico aluminico léptico, nos tratamentos soja semeada no sentido do declive (SD), soja semeada em contorno ao declive (SC), milho semeado no sentido do declive (MD), milho semeado em contorno ao declive (MC) e testemunha (T).

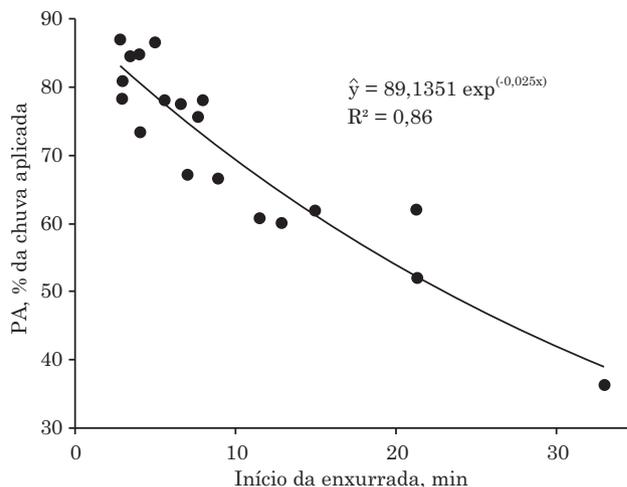


Figura 5. Correlação negativa entre as perdas de água (PA) e o tempo de início da enxurrada, em um Cambissolo Húmico aluminico léptico de Lages, SC.

quanto maior o retardamento do início do escoamento superficial, menores as perdas de água.

As menores reduções das PAs, comparadas às diferenças de PS, entre os tratamentos, observadas na maioria dos trabalhos de erosão hídrica, ocorrem em razão de os solos apresentarem limitada capacidade de infiltração, independente do sistema de manejo; a partir dessa, a taxa de enxurrada tende a igualar-se em diferentes sistemas de manejo do solo (Kohnke, 1968; Schick et. al., 2000; Amaral et al., 2008; Gobbi et al., 2011).

CONCLUSÕES

1. O solo cultivado sob sistema de semeadura direta reduziu a velocidade da enxurrada e, com isso, diminuiu as perdas de solo em 96 %, mas não influenciou o tempo de início do escoamento superficial e as perdas de água, em relação ao sem cultivo e descoberto.

2. O cultivo em contorno, comparado ao no sentido do declive, retardou o tempo de início do escoamento superficial e reduziu a velocidade da enxurrada, amortizando assim em 15 % as perdas de água; no ciclo da soja, as perdas de solo foram reduzidas em 74 %.

3. O cultivo do milho em contorno ao declive não proporcionou redução das perdas de solo, em comparação ao milho cultivado no sentido do declive.

4. A cultura do milho apresentou características mais protecionistas do solo quando comparada à cultura da soja; promoveu maior cobertura do solo pela copa, com desenvolvimento mais rápido; e retardou o início do escoamento superficial.

5. As perdas de solo na cultura do milho foram 76 % menores do que na da soja, embora o tipo de cultura não tenha exercido influência nas perdas de água.

6. A condição de umidade do solo precedente às chuvas simuladas aplicadas foi o fator preponderante nas perdas de água.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, J.E. & ARKIN, G.F. A light interception method for measuring row crop ground cover. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:789-792, 1977.
- ALBUQUERQUE, A.W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V.S. & SANTOS, J.R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, 16:136-141, 2002.
- AMARAL, A.J.; BERTOL, I.; COGO, N.P. & BARBOSA, F.T. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2145-2155, 2008.
- BARBOSA, F.T.; BERTOL, I.; LUCIANO, R.V.; PAZ GONZÁLEZ, A. & VIDAL VÁZQUEZ, E. Teor de nitrogênio solúvel na água de erosão hídrica em cultura de aveia e ervilhaca em três formas de semeadura. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:439-446, 2009.
- BARBOSA, F.T.; BERTOL, I.; LUCIANO, R.V. & PAZ-FERREIRO, J. Proporção e tamanho de sedimentos e teor de carbono orgânico na enxurrada e no solo para dois cultivos e duas formas de semeadura. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1701-1710, 2010.
- BARRETO, A.G.O.P. História e geografia da pesquisa brasileira em erosão do solo. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 120p. (Dissertação de Mestrado)
- BENNETT, H.H. Soil conservation. New York, McGraw-Hill, 1939. 939p.
- 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.; COGO, N.P.; SCHICK, J.; GUADAGNIN, J.C. & AMARAL, A.J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:133-142, 2007.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D. & AMARAL, A.J. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico aluminóico léptico, determinada sob chuva natural entre 1989 e 1998 em Lages (SC). *R. Bras. Ci. Solo*, 26:465-471, 2002.
- BERTOL, O.J.; AMADO, T.J.C.; SCHLOSSER, J.F. & REINERT, D.J. Desempenho de mecanismos sulcadores de semeadura sob condições de preparo reduzido do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:257-262, 1997.
- BEUTLER, J.F.; BERTOL, I.; VEIGA, M. & WILDNER, L.P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:509-517, 2003.
- COGO, N.P.; LEVIEN, R. & SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:743-753, 2003.
- COGO, N.P.; PORTELA, J.C.; AMARAL, A.J.; TREIN, C.R.; GILLES, L.; BAGATINI, T. & CHAGAS, J.P. Erosão e escoamento superficial em semeadura direta efetuada com máquina provida de hastas sulcadoras, influenciadas pela direção da operação de semeadura e pela cobertura da superfície do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., Gramado, 2007. Anais... Gramado, 2007.
- COGO, N.P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1988. Anais...Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.251-262.
- COGO, N.P. Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters. West Lafayette, Purdue University, 1981. 346p. (Tese de Doutorado)

- DECHEN, S.L.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.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; FLORES, C.A.; FERREIRA, T.N.; CASSOL, E.A.; MONDARDO, A. & SCHWARZ, R.A. Manejo de enxurrada em sistema plantio direto. Porto Alegre, Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. 88p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa, 1999. 412p.
- EPAGRI. Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Sul Catarinense – UPR 3. Florianópolis, 2002. 76p.
- ENGEL, F.; BERTOL, I.; RITTER, S.R.; PAZ GONZÁLEZ, A.; PAZ-FERREIRO, J. & VIDAL VÁZQUEZ, E. Soil erosion under simulated rainfall in relation to phenological stage of soybeans and tillage methods in Lages, SC, Brazil. Soil Till. Res., 103:216-221, 2009.
- FORSYTHE, W. Física de suelos. Manual de laboratorio. San José, Internacional de Ciencias Agrícolas, 1975. 209p.
- GOBBI, E.; BERTOL, I.; BARBOSA, F.T.; WERNER, R.S.; RAMOS, R.R.; PAZ-FERREIRO, J. & GEBLER, L. Erosão hídrica associada a algumas variáveis hidrológicas em pomar de maçã submetido a diferentes manejos do solo. R. Bras. Ci. Solo, 35:1013-1024, 2011.
- HARTWIG, R.O. & LAFLEN, J.M. A meterstick method for measuring crop residue cover. J. Soil Water Conserv., 33:90-91, 1978.
- HUDSON, N.W. Soil conservation. 3.ed. Ithaca, Cornell University Press, 1995. 324p.
- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, America Society of Agronomy, 1965. p.449-510.
- KOHNKE, H. Soil physics. New York, McGraw Hill, 1968. 224p.
- LEITE, D.; BERTOL, I. & GUADAGNIN, J.C. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada; I. Perdas de solo e água. R. Bras. Ci. Solo, 28:1033-1044, 2004.
- LEVIEN, R., & COGO, N.P. Erosão na cultura do milho em sucessão à aveia preta e pousio descoberto, em preparo convencional e plantio direto, com tração animal e tratorizada. R. Bras. Ci. Solo, 25:683-692, 2001.
- LOPES, P.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhado uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. R. Bras. Ci. Solo, 11:71-75, 1987.
- LUCIANO, R.V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F.T.; VIDAL VÁZQUEZ, E. & FABIAN, E.L. Perdas de água e solo por erosão hídrica em duas direções de semeadura de aveia e ervilhaca. R. Bras. Ci. Solo, 33:669-676, 2009.
- MELLO, E.L.; BERTOL, I.; ZAPAROLLI, A.L.V. & CARRAFA, M.R. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico submetido à chuva simulada. R. Bras. Ci. Solo, 27:901-909, 2003.
- MEYER, L.D. & McCUNE, D.L. Rainfall simulator for runoff plots. Agric. Eng., 39:644-648, 1958.
- MICHELENA, R.O. & MON, R. El cultivo en contorno, una práctica para la conservación del solo y del agua. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária/ Instituto de Suelos - Castelar, Centro de Investigación em Recursos Naturales, 2002. p.1-10. (Documentos Informes)
- SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O. & BALBINOT JÚNIOR, A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico aluminico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. R. Bras. Ci. Solo, 24:427-436, 2000.
- SCHICK, J.; BERTOL, I.; BARBOSA, F.T.; PAZ GONZÁLEZ, A.; VIDAL VÁZQUEZ, E.; WERNER, R.S.; RAMOS, J.C.; FLORES, M.C.; BANDIERA, D.H.; CASTELANI, H. & TANAKA, M.S. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 2010 no município de Lages (SC). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 19., Lages, 2012. Anais... Lages, 2012. CD-ROM
- SCHICK, J.; BERTOL, I.; WERNER, R.S.; RAMOS, J.C.; BANDIERA, D.H. & FLORES, M.C. Erodibilidade do solo determinada com dados coletados durante 20 anos, em um Cambissolo Húmico sob chuva natural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., Florianópolis, 2013. Anais... Florianópolis, 2013. CD-ROM
- SILVA, R.L. & DE MARIA, I.C. Erosão em sistema plantio direto: Influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 15:554-561, 2011.
- SOUZA, F.S.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; AVANZI, J.C.; PINHO, R.G.V. & LIMA, G.C. Índice de cobertura vegetal pela cultura do milho no período de chuvas intensas no sul de Minas Gerais. Ci. Agrotec., 34:345-351, 2010.
- SWANSON, N.P. Suggestions for use the rotating-boom field plot rainfall simulator to obtain data for application of the Universal Soil Loss Equation. Paraná, FAO, Nebraska University, 1965. 6p. (Relatório de Consultoria)
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537)