

RODRIGO VIEIRA LUCIANO

**EROSÃO HÍDRICA EM TRÊS FORMAS DE SEMEADURA DE AVEIA
E ERVILHACA EM UM CAMBISSOLO HÚMICO**

LAGES, SC

2008

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

RODRIGO VIEIRA LUCIANO

**EROSÃO HÍDRICA EM TRÊS FORMAS DE SEMEADURA DE AVEIA
E ERVILHACA EM UM CAMBISSOLO HÚMICO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Manejo do Solo.

Orientador: Dr. Ildegardis Bertol

LAGES, SC

2008

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO

**EROSÃO HÍDRICA EM TRÊS FORMAS DE SEMEADURA DE AVEIA E
ERVILHACA EM UM CAMBISSOLO HÚMICO**

RODRIGO VIEIRA LUCIANO
Engenheiro Agrônomo

Aprovado em: 27/02/2008

Pela Banca Examinadora:

Homologado em:

Dr. Ildegaridis Bertol
Orientador – UDESC/Lages - SC

Dr. Osmar Klauberg Filho
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado
em Manejo do Solo e Coordenador do
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Agrárias – UDESC/Lages - SC

Dr. Tássio Dresch Rech
Pesquisador EPAGRI/Lages - SC

Dr. Adil Knackfuss Vaz
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages - SC

Dr. Ezer Dias de Oliveira Júnior
UDESC/Lages - SC

Dr. Álvaro Luiz Mafra
UDESC/ Lages - SC

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pelas oportunidades proporcionadas, concedendo que chegasse com segurança no fim de mais esta jornada.

Aos meus pais, Antônio e Albertina e aos meus irmãos, Andréia e Eduardo, pelo eterno incentivo, pela confiança depositada em mim e pelos vários momentos de motivação.

Ao professor Ildegardis Bertol, pela excelente orientação e amizade, sendo um modelo de profissional a ser seguido.

Aos demais professores do Curso de Mestrado em Manejo do Solo do CAV, pelos conhecimentos repassados e pela convivência.

Aos laboratoristas Alcir Silva Francisco, Fátima Bittencourt e ao amigo Henrique Germano Doege, pela orientação e realização das análises de laboratório.

Aos colegas, bolsistas de iniciação científica, Bruno Mezzomo Barroso, Eduardo Zavaschi, Evandro Luiz Fabian, Ezequiel Bosseti, Rafael Pegoraro e Rodrigo Daltoé Berci pelo incansável auxílio na condução do experimento a campo.

Aos amigos pela imprescindível companhia durante o curso e permanência em Lages: Alinne da Silva, Amanda Maria Furtado Drehmer, Danilo Zomer Marcon, Leonardo Josué Biffi, Luciane Orben Veronez, Tâmara Pereira, Tatiana Arruda, Vanessa Borelli e, em especial a Fabrício Tondello Barbosa, pela convivência, amizade e divisão dos afazeres do projeto.

Ao Povo Catarinense, pela manutenção de um ensino público e de qualidade.

À UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC, em especial ao CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV, pelas instalações físicas que proporcionaram a realização do projeto e, ao Programa de Pós-Graduação, pela concessão da bolsa de monitoria - PROMOP durante a permanência no curso.

“Vai meu filho, estuda...
Pois, tudo nessa vida você pode perder,
mas o seu conhecimento ninguém vai tirar
de você.”

Meu pai

RESUMO

A forma de semeadura influencia a rugosidade e porosidade da superfície do solo, as quais, associadas à chuva, cobertura do solo pela copa das plantas e a outras variáveis, são fatores que afetam a erosão hídrica pluvial. Com o objetivo de avaliar as perdas de solo e água por erosão hídrica, conduziu-se um experimento sob chuva simulada em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, com declividade média $0,119\text{ m m}^{-1}$, em Lages (SC). Utilizando um simulador de chuvas de braços rotativos, foram aplicados cinco testes de chuva simulada, com intensidade constante de 64 mm h^{-1} , sobre os tratamentos: semeadura mecanizada de aveia em linhas no sentido paralelo ao declive (AP); semeadura manual de aveia a lanço, sendo as sementes incorporadas manualmente com rastelo (AL); semeadura mecanizada de aveia em linhas em contorno no declive (AC); semeadura mecanizada de ervilhaca em linhas no sentido paralelo ao declive (EP); semeadura manual de ervilhaca a lanço, sendo as sementes incorporadas manualmente com rastelo (EL); e semeadura mecanizada de ervilhaca em linhas em contorno no declive (EC). As perdas de solo e água sofreram influência da forma de semeadura e do tipo de cultura. A semeadura em contorno apresentou maior intervalo de tempo para o início da enxurrada do que a semeadura na direção da pendente. A semeadura em contorno foi mais eficiente do que a pendente na redução das perdas de solo na cultura da aveia do que na ervilhaca; em relação às perdas de água, a maior eficiência do contorno foi verificada na cultura da ervilhaca. As perdas de solo diminuíram ao longo do ciclo das culturas de aveia e ervilhaca; as perdas de água não mostraram comportamento definido em relação ao ciclo das culturas estudadas. A semeadura na direção da pendente apresentou menor tempo para início da enxurrada e maior pico de enxurrada do que as demais formas de semeadura. O volume de enxurrada observada diminuiu exponencialmente com o aumento do índice de resistência do solo ao escoamento.

Palavras-chave: Cobertura do solo. Enxurrada. Sedimentos.

ABSTRACT

The way of crop sowing influences roughness and porosity of the soil surface, which, associated with rainfall, soil cover by plant biomass, and other variables, are factors that affect water erosion. To evaluate soil and water losses by water erosion, an experiment was carried out under simulated rain on an Inceptisol, with average slope of 0,119 m m⁻¹, in Lages (SC), Southern Brazil, from April to November 2006 in the field, and from July 2006 to April 2007 in laboratory. Five rainfall tests were applied using a rotating-boom rainfall simulator, with constant intensity of 64 mm h⁻¹. The treatments were: mechanized sowing of oats in rows up-and-down slope; broadcast hand sowing of oats, with superficial seed incorporation using a scarifying rake; mechanized sowing of oats in rows oriented on the contour; mechanized sowing of vetch in rows up-and-down slope; broadcast hand sowing of vetch, with superficial seed incorporation using a scarifying rake; and mechanized sowing of vetch in rows oriented on the contour. The soil and water losses had influences of the sowing form and the crop type. The contour sowing showed greater time to start the runoff in comparison with sowing up-and-down slope. The contour sowing was more efficient to reduce soil losses in the oat than in vetch crop. In relation to water losses, the greater efficiency of the contour sowing was verified in vetch crop. Soil losses decreased during the crop cycle for oat and vetch. Water losses showed no defined behavior in relation to the crop cycle season. The sowing up-and-down slope presented shorter time to start the runoff and higher runoff peak than the contour form. The volume of runoff decreased exponentially with the increase in the rate of soil resistance to flow.

Keywords: Soil cover. Runoff. Sediment.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Granulometria e teor de carbono orgânico (CO) do Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC, referentes aos perfis no local do experimento.....	22
Tabela 2 - Intensidade (mm h^{-1}) e altura (mm) das chuvas simuladas com duração de uma hora no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC.....	25
Tabela 3 - Erosividade (EI_{30}) das chuvas simuladas no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC.....	26
Tabela 4 - Densidade (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi) no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC antecedente aos testes 1, 2 e 4 de chuva simulada, nos diferentes tratamentos durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições).....	27
Tabela 5 - Valores dos fatores considerados para obtenção do índice de resistência do solo à enxurrada, IRE.....	30
Tabela 6 - Teor de água no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC antecedente aos testes de chuva simulada, em duas profundidades (m), nos diferentes tratamentos durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições).....	32
Tabela 7 - Cobertura do solo pela copa das plantas antes dos testes 1, 2, 3 e 4 e cobertura do solo pelos resíduos culturais antes do teste 5 de chuva simulada, durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições).....	33
Tabela 8 - Tempo para o início da enxurrada, no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC em função dos diferentes tratamentos e de chuvas simuladas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições).....	34

Tabela 9 - Perdas de água por enxurrada observada em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas, no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC durante os cultivos da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições).....	35
Tabela 10 -Índice de resistência de um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC à enxurrada, resultante do produto dos valores dos fatores teor de água no solo antecedente às chuvas, declividade das parcelas, índice devido à compactação do solo pelo rodado do trator e índice devido à direção dos sulcos ocasionados pelas operações de manejo.....	38
Tabela 11 -Concentração média de sedimentos na enxurrada em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum em um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC (média de duas repetições).....	40
Tabela 12 -Perda total de solo ajustada para a intensidade da chuva de 64 mm h ⁻¹ e declividade média de 0,119 m m ⁻¹ , em função dos diferentes tratamentos e das chuvas simuladas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum em um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC (média de duas repetições).....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição espacial dos tratamentos na área experimental	23
Figura 2 - Simulador de chuva em operação	25
Figura 3 - Hidrograma unitário gerado nas três formas de semeadura das culturas da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições e cinco testes de chuva simulada).....	36
Figura 4 - Relação do volume de enxurrada (Vo) com o índice de resistência do solo a enxurrada (IRE) (duas repetições e média de cinco testes de chuva simulada).....	39
Figura 5 - Concentração de sedimentos na enxurrada (CS), em função das diferentes formas de semeadura e dos testes de chuva simulada (média de duas repetições).....	41
Figura 6 - Relação da taxa de perda total de solo (TPS) com cobertura do solo pela copa das plantas (CC), do teste 1 ao teste 4, de chuva simulada (duas repetições e média dos seis tratamentos).....	44
Figura 7 - Relação da perda de solo acumulada com a altura de chuva acumulada do teste 1 ao teste 4 em um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC (duas repetições e média dos seis tratamentos).....	45
Figura 8 - Relação da perda de solo acumulada com a erosividade da chuva simulada acumulada (EI_{30}) do teste 1 ao teste 4 em um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC (duas repetições e média dos seis tratamentos).....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL DO SOLO	13
2.1.1 Aspectos gerais	13
2.1.2 Fatores que influenciam a erosão hídrica pluvial do solo	14
2.2 PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL	16
2.2.1 Influência da chuva.....	16
2.2.2 Influência do tipo de cultura.....	17
2.2.3 Influência do crescimento das plantas	18
2.2.4 Influência da orientação da semeadura em relação ao declive.....	18
2.3 HIPÓTESES DO TRABALHO.....	20
2.4 OBJETIVO DO TRABALHO.....	20
3 MATERIAIS E MÉTODO	21
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO.	21
3.2 SOLO E HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	21
3.3 TRATAMENTOS	22
3.4 UNIDADE EXPERIMENTAL	24
3.5 APARELHO SIMULADOR DE CHUVAS	24
3.6 TESTES DE CHUVA SIMULADA	25

3.7 PROCEDIMENTOS EFETUADOS EM CAMPO, ANTES DA APLICAÇÃO DOS TESTES DE CHUVA	26
3.8 PROCEDIMENTOS EFETUADOS EM CAMPO, DURANTE A APLICAÇÃO DOS TESTES DE CHUVA	27
3.8.1 Verificação da intensidade das chuvas aplicadas	28
3.9 PROCEDIMENTOS E CÁLCULOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO E ESCRITÓRIO.....	28
3.9.1 Taxa instantânea e volume de enxurrada.....	28
3.9.2 Concentração de sedimentos na enxurrada.....	28
3.9.3 Taxa instantânea e quantidade de perda de solo.....	29
3.10 ÍNDICE DE RESISTÊNCIA DO SOLO À ENXURRADA	29
3.11 AJUSTE DE DADOS.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 TEOR DE ÁGUA NO SOLO ANTES DO INÍCIO DAS CHUVAS	32
4.2 COBERTURA DO SOLO PELA COPA DAS PLANTAS E PELOS RESÍDUOS CULTURAIS	32
4.3 TEMPO NECESSÁRIO PARA O INÍCIO DA ENXURRADA	33
4.4 PERDAS DE ÁGUA POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL	34
4.5 ÍNDICE DE RESISTÊNCIA DO SOLO A ENXURRADA	37
4.6 CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS NA ENXURRADA.....	39
4.7 PERDA TOTAL DE SOLO	42
5 CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICES	53

1 INTRODUÇÃO

A busca indiscriminada de lucro pode tornar a atividade agrícola predatória do meio ambiente, pois o agricultor em geral fica atrelado a um determinado sistema exploratório do solo, sem se preocupar e, muitas vezes, sem se dar conta, das consequências que suas ações resultarão para as gerações futuras. Tem-se observado crescente degradação do solo e contaminação da água, muitas vezes em decorrência de sistemas de manejo e cultivo do solo inadequados, os quais em geral proporcionam aumento da erosão hídrica pluvial. Este processo acarreta vários problemas ambientais, dentre eles, o assoreamento de mananciais decorrente da carga de sedimentos presentes na enxurrada e a acumulação de produtos e compostos químicos conduzidos pela enxurrada. Além disso, pode-se considerar o efeito financeiro negativo decorrente das perdas, especialmente de nutrientes das plantas por erosão hídrica.

As perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica são intensamente influenciadas pelo manejo do solo e sistema e cultivo, os quais, quando não adequados, podem degradar os agroecossistemas. A erosão hídrica pluvial do solo pode resultar em danos elevados e, em alguns casos, irreversíveis, caso não seja controlada de forma apropriada. Entretanto, o uso racional e a conservação do solo não se relacionam apenas ao controle da erosão, mas à conservação do solo que resulta também na manutenção e aumento da produtividade das terras. O uso de práticas conservacionistas de suporte, dentre elas o cultivo em contorno, diminui as perdas de sedimentos, água e nutrientes, em relação ao cultivo morro – abaixo e, sendo assim, torna-se uma prática fundamental para conservar o solo a qualidade das águas superficiais. Esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de quantificar as perdas de solo e água por erosão hídrica sob chuva simulada, em três diferentes formas de semeadura de aveia preta (*Avena strigosa*) e ervilhaca comum (*Vicia sativa*), durante o ciclo das culturas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL DO SOLO

2.1.1 Aspectos gerais

A erosão hídrica pluvial do solo é consequência de um trabalho mecânico que requer energia, a qual é fornecida pelas gotas de chuva e pelo escoamento superficial da água (WISCHMEIER & SMITH, 1958). Este trabalho ocorre em três fases: desagregação, transporte e deposição de partículas do solo (ELLISON, 1947).

A desagregação consiste na separação de partículas (argila, silte, areia e agregados) da massa do solo, sendo a fase mais importante da erosão. Portanto, se não houver desagregação, não ocorrerá transporte e, consequentemente, deposição. O transporte consiste na remoção das partículas desagregadas para fora do lugar de origem. A deposição representa o fim do processo erosivo e ocorre toda vez que a carga de sedimentos no fluxo excede sua capacidade de transporte. A deposição é seletiva, de tal modo que as partículas de tamanho e/ou densidade maiores são depositadas primeiramente e, as demais, posteriormente (ELLISON, 1947; FOSTER & MEYER, 1972; FOSTER, 1982). O impacto das gotas de chuva é o principal agente causador de desagregação, enquanto a enxurrada é o principal agente transportador de partículas. O transporte pode ocorrer sobre ampla área de fluxo laminar, como ocorre na erosão em entre sulcos, ou, em função da microtopografia do terreno, em canais, com fluxo concentrado, como na erosão em sulcos (ELLISON, 1947).

Na erosão em entre sulcos (porções mais ou menos lisas da superfície), a desagregação do solo se dá pela ação de impacto das gotas de chuva, enquanto que o transporte se dá pelo salpico ocasionado pelo impacto das gotas e pela ação da enxurrada laminar turbulenta. Na erosão em sulcos (dentro dos sulcos), tanto a desagregação quanto o transporte dos sedimentos são ocasionados pela ação da enxurrada concentrada nos sulcos (MEYER et al., 1975; ALBERTS et al., 1980; FOSTER, 1982). A erosão em entre sulcos é independente da erosão em sulcos, enquanto a erosão em sulcos depende grandemente dos sedimentos

produzidos pela erosão em entre sulcos (MEYER et al., 1975; ALBERTS et al., 1980; FOSTER, 1982).

2.1.2 Fatores que influenciam a erosão hídrica pluvial do solo

A erosão hídrica pluvial do solo é influenciada por variáveis físicas e de manejo, combinadas, quais sejam, chuva, solo, topografia, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte (WISCHMEIER, 1959; WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A chuva é o agente ativo do processo erosivo cujas características (intensidade, duração e volume) dependem do clima, se refletem na sua energia e definem a sua erosividade. Assim, a erosividade representa a capacidade potencial da chuva e da enxurrada a ela associada em causar erosão hídrica pluvial do solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978; RENARD et al., 1997).

O solo é o agente passivo no processo de erosão e sua susceptibilidade a este fenômeno é representada pela erodibilidade, a qual expressa a taxa de perda de solo por unidade de índice de erosividade (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Assim, a erodibilidade retrata o efeito combinado das propriedades intrínsecas do solo que influenciam a desagregação, o transporte e a infiltração de água no solo (WISCHMEIER & MANNERING, 1969).

O relevo da área é constituído basicamente pelo grau do declive e pelo comprimento da rampa. As perdas de solo aumentam com o aumento do comprimento da rampa, decorrente do aumento do volume da enxurrada que incrementa sua capacidade de desagregação e transporte. No entanto, as perdas de solo aumentam mais acentuadamente com o aumento do grau do declive do que com o aumento do comprimento da rampa, sendo as potências médias dessas relações de 1,5 e 0,5, respectivamente (HUDSON, 1981).

A cobertura e manejo do solo são os fatores mais importantes na erosão hídrica, influenciados pela copa das plantas e pelos resíduos vegetais e pelas características de superfície do solo relacionadas à rugosidade e porosidade (FOSTER, 1982). Assim, este fator varia com a qualidade e tipo de resíduo vegetal, tipo de cultura, tipo de manejo, preparo e cultivo do solo, além da erosividade da chuva (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A cobertura do solo pela copa das plantas não tem efeito no volume e velocidade da enxurrada, entretanto, dissipia a energia cinética da chuva, por interceptar a queda das gotas (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A capacidade que a copa das plantas tem em reduzir a ação erosiva da chuva depende, então, da altura e da densidade das copas e, também, da ausência ou presença de

ventos. A cobertura por resíduos vegetais é, mas eficaz na redução da erosão do que a copa das plantas, pois, ao interceptar as gotas, dissipar sua energia cinética no nível da superfície do solo dissipando também, em parte, a energia do escoamento (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A cobertura do solo por resíduos reduz a velocidade da enxurrada e, assim, a sua capacidade de desagregação e transporte de sedimentos (MANNERING & MEYER, 1962; WISCHMEIER & SMITH, 1978; FOSTER, 1982). A eficiência dos resíduos vegetais no controle da erosão hídrica do solo depende de vários fatores, como: percentagem de cobertura do solo e tipo, quantidade, forma de manejo e estágio de decomposição dos resíduos (COGO, 1981). O fator cobertura e manejo são afetados ainda pelo sistema de preparo e manejo e exerce influência sobre as propriedades físicas do solo, na camada superficial, alterando a taxa de infiltração de água e o escoamento superficial e, portanto, a erosão hídrica (COGO, 1981; BERTOL et al., 1987; BERTOL et al., 1997a).

As práticas conservacionistas de suporte compreendem o preparo e cultivo em contorno, cultivo em faixas com rotação de culturas e terraceamento, as quais têm por objetivo principal reduzir a ação erosiva do escoamento superficial (WISCHMEIER & SMITH, 1978; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Essas práticas são complementares às práticas conservacionistas básicas, dadas pela cobertura e manejo. O preparo e cultivo em contorno significa fazer as operações de preparo do solo e as de cultivo no sentido transversal à pendente (cortando o declive), seguindo as curvas de nível (mesma altitude ou cota) (PIRES & SOUZA, 2003; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). O preparo e cultivo em nível, quando comparados com o preparo e cultivo na direção da pendente, têm demonstrado eficiência no controle das perdas de solo e água, podendo reduzir em 50% as perdas de solo em torno de 30% as perdas de água (BERTONI et al., 1972). O cultivo em faixas com rotação de culturas em contorno é uma prática conservacionista de natureza vegetativa, pouco praticada atualmente. Isto se deve ao errôneo conceito de que as linhas de cultura devem sempre estender-se continuamente sobre a mesma gleba, na direção do maior comprimento da lavoura, sem levar em conta a direção da pendente (ALVES et al., 1995). No cultivo em faixas residem as vantagens de renovação da fertilidade, aumento da matéria orgânica, cobertura do solo por diferentes culturas, promovendo, assim, um sistema mais resistente à ação da erosão hídrica. O terrameamento compreende a prática mecânica mais importante no controle da enxurrada. Consiste na locação e construção de estruturas no sentido transversal à direção do declive do terreno, formando obstáculos físicos capazes de reduzir e disciplinar a

velocidade da água das chuvas, promovendo o seu escoamento e/ou seu armazenamento, sem o risco de erosão (ALVES et al., 1995).

2.2 PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL

Os fatores que influenciam a erosão hídrica pluvial do solo são muitos, como recém enumerados. No entanto, aqui será feita uma abordagem apenas daqueles fatores que variaram e, portanto, influenciaram a erosão neste trabalho.

2.2.1 Influência da chuva

A intensidade é a característica da chuva mais importante na erosão hídrica do solo, pois, duplicando-a, a erosão aumenta em aproximadamente quatro vezes (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A duração da chuva relacionada à intensidade resulta em seu volume. O aumento do volume ou da duração da chuva, isoladamente, considerando chuvas individuais, resulta em aumento da erosão hídrica. A freqüência das chuvas afeta as perdas de solo e água devido ao teor de água do solo antecedente a chuva. Assim, o solo submetido às chuvas freqüentes apresenta maior umidade, o que resulta em maior volume de escoamento superficial (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). No entanto, chuvas sucessivas, de mesma duração, intensidade e volume, resultam em perdas de solo cada vez menor, devido à maior fragilidade do solo à erosão nas chuvas iniciais em relação às finais (LEITE et al., 2004; ENGEL, 2005).

A chuva modifica as condições físicas da superfície do solo, especialmente quando este está descoberto, devido aos efeitos de desagregação e transporte das partículas, cujas mudanças são mais notórias em superfície de solo recém preparado, provocando selamento superficial (COGO, 1981). O selamento superficial predominantemente ocorre no início da chuva (ELLISON & SLATER, 1945), enquanto a redução da rugosidade superficial e da porosidade da camada preparada do solo ocorre principalmente durante o período que antecede o início da enxurrada (BURWELL et al., 1966) ou em um período levemente mais longo (COGO, 1981; BERTOL, 1995). A degradação física do solo pela chuva é influenciada ainda pelo tipo de solo, cobertura por resíduos culturais, orientação das operações de preparo, inclinação do declive e comprimento da rampa (BURWELL et al., 1966; COGO, 1981), aumentando as perdas de solo e água.

2.2.2 Influência do tipo de cultura

As características morfológicas das plantas, tais como, o tipo de sistema radicular, o tipo de folhas, o ângulo de disposição das folhas em relação ao colmo, a espessura do colmo e o hábito de crescimento das plantas influenciam diretamente a erosão hídrica especialmente em solos sem resíduos vegetais na superfície. As plantas hábito cespitoso/erecto, como algumas gramíneas, apresentam sistema radicular fasciculado, rápida diferenciação foliar, com folhas semi-eretas e unilaterais e capacidade de perfilhamento dos colmos, reunindo todas as características protetoras do solo, sendo consideradas as espécies mais úteis a sua conservação (DECHEM et al., 1981, SILVA et al., 1986). A parte aérea forma uma camada uniforme na proteção da superfície do solo dissipando a energia cinética das gotas de chuva, evitando o impacto direto das gotas na superfície do solo, diminuindo assim, a degradação das partículas da camada superficial do solo (DECHEM et al., 1981). O aumento da espessura dos colmos destas plantas discipam parte da energia do escoamento superficial, diminuindo a velocidade da enxurrada, e filtram os sedimentos, diminuindo a concentração e o tamanho dos sedimentos transportados e, consequentemente as taxas de perda de solo (MELLO et al., 2003; LEITE et al., 2004; ENGEL, 2005). O sistema radicular fasciculado potencializa a agregação na camada superficial do solo (DECHEM et al., 1981) e, após sua decomposição, as raízes promovem abertura de canais para a infiltração de água no solo e aumentam a reserva de matéria orgânica no solo, melhorando suas propriedades físicas. As plantas de hábito prostrado, como algumas leguminosas, apresentam sistema radicular pivotante, caule volúvel, lenta diferenciação foliar no estágio inicial, folhas alternadas, compostas e, com grande superfície foliares. Deste modo, as leguminosas apresentam elevada taxa de cobertura da superfície do solo, que, além de disciparem a energia cinética das gotas de chuva e, em parte, do escoamento superficial, reduzem a degradação da matéria orgânica pela radiação solar e acrescentam nitrogênio ao solo (BERTONI et al., 1972).

Dechen et al. (1981) constataram que, em geral, as gramíneas foram mais eficazes do que as leguminosas na diminuição das perdas de solo, em todos os estádios de desenvolvimento das culturas. Atribuíram este fato ao sistema radicular das gramíneas que atuou como reestruturador da camada arável, tornando o solo mais resistente à ação do impacto das gotas de chuva e ao transporte pela enxurrada. Analisando a diferença de arquitetura entre as plantas de milho e feijão, Leite et al. (2004) observou, durante as chuvas simuladas, expressivo fluxo de água nos colmos no milho, o que contribuiu para que a água

atingisse a superfície do solo com mínima energia de impacto, facilitando, assim, a infiltração no solo.

2.2.3 Influência do crescimento das plantas

A proteção do solo proporcionada pela copa das plantas, no controle da erosão hídrica fundamenta-se na heterogeneidade e altura das copas (FOSTER, 1982; SILVA et al., 1986), determinada pela diversidade, manejo e crescimento das plantas vivas, desde a semeadura até a sua colheita. O efeito da cobertura do solo pela copa está diretamente relacionado com a espécie de planta, sendo consideradas, entre outros fatores, especialmente a percentagem e a velocidade com que a mesma cobre o solo (BALDISSERA, 1985). O fator velocidade de cobertura do solo tem grande influência no processo erosivo, pois no período inicial de crescimento das culturas o solo se encontra desprotegido e, portanto, mais suscetível à erosão (AMADO et al., 1987; BEZERRA et al., 2006). As leguminosas oferecem baixa eficiência da cobertura do solo no primeiro mês do plantio, em relação às gramíneas, acarretando maior perda de solo (SILVA et al., 1986). Segundo Foster, (1982), as diferentes culturas revelaram distinta capacidade de reduzir a erosão, principalmente pelas variações na cobertura do solo pela copa das plantas. Bezerra et al. (2006) verificaram que o aumento da cobertura do solo pela copa das plantas de cana-de-açúcar favoreceu a infiltração de água no solo, devido à barreira vegetal produzida e, por consequência, reduziu o transporte de partículas no escoamento gerado. Isto também foi observado nos trabalhos de Silva et al. (1986); Levien et al. (1990); Leite et al. (2004); Inácio et al. (2007) que obtiveram taxas de perda de solo decrescentes com o aumento da cobertura do solo pela copa das plantas.

2.2.4 Influência da orientação de semeadura em relação ao declive

A orientação de semeadura das culturas em relação ao declive acarreta mudanças no sistema solo-planta. Modificam-se a rugosidade superficial e, consequentemente, a capacidade de captação e armazenamento de água e de sedimentos na superfície do solo. A orientação na semeadura das culturas, quando mal executada, ou seja, em direção à pendente, pode proporcionar aumento de até 100% nas perdas de solo em relação à semeadura em contorno (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A semeadura em direção a pendente ocasiona obstrução parcial ou total dos poros do solo, reduzindo a capacidade de infiltração de água no solo e, consequentemente, aumentando o volume de escoamento superficial (CRUZ, 2006).

Os sulcos abertos pelo mecanismo sulcador da semeadora, em direção a pendente, servem como canais, os quais concentram a enxurrada ao longo do declive, desagregando com maior intensidade o solo e transportando com maior energia suas partículas (COGO et al., 2003).

Na semeadura em contorno, as fileiras das plantas, os sulcos e leiras e os restos culturais deixados na superfície do solo são dispostos perpendicularmente ao sentido do declive, formam barreiras físicas, impedindo o livre escoamento da enxurrada e, consequentemente, oportunizam maior infiltração de água no solo. Assim, reduzindo a velocidade e a quantidade de enxurrada que escoa na superfície do solo e, dissipando a energia cisalhante da enxurrada, em decorrência, proporciona menor erosão hídrica. (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005; DENARDIN, 2005; CRUZ, 2006). Nesta forma de semeadura pode ocorrer redução em mais 50 % nas perdas de solo (DENARDIN, 2005) e em 30% nas perdas de água em relação à semeadura morro a baixo (WISCHMEIER & SMITH, 1978; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Os sulcos em contorno ocasionados pela semeadura agem no solo como verdadeiros canais/diques, na captação e armazenagem de água e sedimentos, aumentando a infiltração e retardando o início da enxurrada (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Cruz, (2006), trabalhando com milho, sob chuva natural, constatou que a semeadura em contorno proporcionou redução 69% nas perdas de solo e 28% nas de água, quando comparado à semeadura morro a baixo. Isto também foi observado nos trabalhos de Wischmeier & Smith, (1978); Silva et al. (1986); Bertoni & Lombardi Neto, (2005). Analisando o tamanho dos sedimentos entre a semeadura do milho em nível e morro a abaixo, Cruz, (2006), observou durante chuvas naturais, maior presença de sedimentos menores no milho em nível. A disposição em nível das linhas de plantio teve um efeito significativo, o que contribuiu para a redução da velocidade da enxurrada fazendo com que fosse transportada maior quantidade de material com partículas finas. Para o tratamento milho morro a baixo, foi observado no material erodido, maior quantidade de material pesado. Bertoni & Lombardi Neto, (2005) constataram que a eficiência da semeadura em contorno diminuiu dos solos argilosos para os arenosos; à medida que o comprimento de rampa e a declividade do terreno aumentam e; das culturas mais densas para as menos densas. A semeadura a lanço, por outro lado, proporciona rugosidade ao acaso na superfície do solo, também retardando o início da enxurrada (CASTRO et al., 2006) e, as plantas, distribuídas aleatoriamente no terreno, também filtram as partículas em suspensão no fluxo e diminuem a velocidade da enxurrada. (SILVA et al., 1986)

2.3 HIPÓTESES DO TRABALHO

1. A forma de semeadura em contorno no declive diminui as perdas de solo e água por erosão hídrica em relação à forma de semeadura no sentido da pendente.
2. As perdas de solo tendem a diminuir com o crescimento das culturas de aveia e ervilhaca, devido ao aumento de proteção do solo pela copa das plantas e de estruturação do solo pelas raízes.

2.4 OBJETIVO DO TRABALHO

Quantificar as perdas de solo e água por erosão hídrica durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum, em sistemas de semeadura mecanizada em contorno no declive e na direção da pendente do terreno, e manualmente a lanço na superfície do solo.

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO

A pesquisa foi realizada entre abril e novembro de 2006, em campo, no Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV, Lages, Santa Catarina, em uma área localizada a 27°46'57" de latitude Sul e 50°18'20" longitude, a Oeste de Greenwich, na região do Planalto Sul Catarinense, onde o clima é do tipo Cfb (mesotérmico - Köppen), com altitude média de 900 m. A região onde se localiza a área do experimento caracteriza-se por apresentar relevo suave-onulado, com pendentes variando de 200 a 300 m de comprimento, com áreas de pequenas lavouras experimentais, pastagens cultivadas e pastagem natural.

3.2 SOLO E HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O solo descrito no local experimento, de acordo com os resultados analíticos constantes na tabela 1, é um Cambissolo Húmico alumínico léptico (EMBRAPA, 1999), ou seja, um Inceptisol (NSTH, 1999). Até março de 2006, a área experimental era mantida com campo natural e, a partir daí, o solo foi preparado com uma aração e três gradagens. Em seguida, realizou-se a correção da acidez e da fertilidade do solo com a incorporação de 15 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT = 80%). A incorporação do calcário foi realizada após a aração, aplicando-se meia dose do calcário ao solo, gradeando-se, aplicando-se o restante da dose e, em seguida, gradeando-se novamente. Antes da semeadura das culturas os fertilizantes (superfosfato simples, cloreto de potássio e uréia) foram distribuídos manualmente e incorporados ao solo com a última gradagem.

Tabela 1 Granulometria e teor de carbono orgânico (CO) do Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC, referentes aos perfis no local do experimento

Pefil - Horizonte	Prof cm	Argila (H ₂ O)	Argila total	Silte	Areia total	Areia grossa	Areia fina	CO
P1 - A	0 - 2,5	7	27	52	21	5	16	4,00
P1 - A	2,5 - 8	7	28	49	23	5	18	3,13
P1 - A	8 - 20	8	28	50	22	3	19	1,86
P1 - B	20 - 38	9	28	47	25	6	19	1,10
P1 - Cr	38 - 55	1	32	66	2	1	1	0,0
P2 - A	0 - 2,5	7	29	51	20	2	18	2,67
P2 - A	2,5 - 8	8	28	50	22	3	19	1,91
P2 - AB	8 - 20	9	33	45	22	3	19	1,39
P2 - Bi	20 - 50	13	30	47	23	3	20	0,70
P2 - Cg	50 - 70	0	35	48	17	1	16	0,12
P3 - A1	0 - 2,5	8	24	47	29	5	24	2,73
P3 - A2	2,5 - 18	8	26	46	28	4	24	2,32
P3 - AB	18 - 40	10	26	43	31	5	26	1,16
P3 - Bi	40 - 60	13	29	42	29	3	26	1,80
P3 - C1	60 - 72	12	33	43	24	3	21	1,28
P3 - Cr	72 - 90	12	29	67	4	1	3	0,12

3.3 TRATAMENTOS

Os tratamentos estudados consistiram de três formas de semeadura das culturas de aveia preta e ervilhaca comum, semeadas no solo preparado com uma aração e três gradagens, com duas repetições. O experimento se constituiu de dois blocos, sendo um bloco por cultura. Em cada bloco, os tratamentos de forma de semeadura foram distribuídos ao acaso, em duplas (repetições) de parcelas (Figura 1).

Tratamento 1 – semeadura mecanizada de aveia preta em linhas no sentido paralelo ao declive (AP).

Tratamento 2 – semeadura manual de aveia preta a lanço, sendo as sementes incorporadas ao solo manualmente com rastelo (AL).

Tratamento 3 – semeadura mecanizada de aveia preta em linhas no sentido transversal ao declive (AC).

Tratamento 4 – semeadura mecanizada de ervilhaca comum em linhas no sentido paralelo ao declive (EP).

Tratamento 5 – semeadura manual de ervilhaca comum a lanço, sendo as sementes incorporadas ao solo manualmente com rastelo (EL).

Tratamento 6 – semeadura mecanizada de ervilhaca comum em linhas no sentido transversal ao declive (EC).

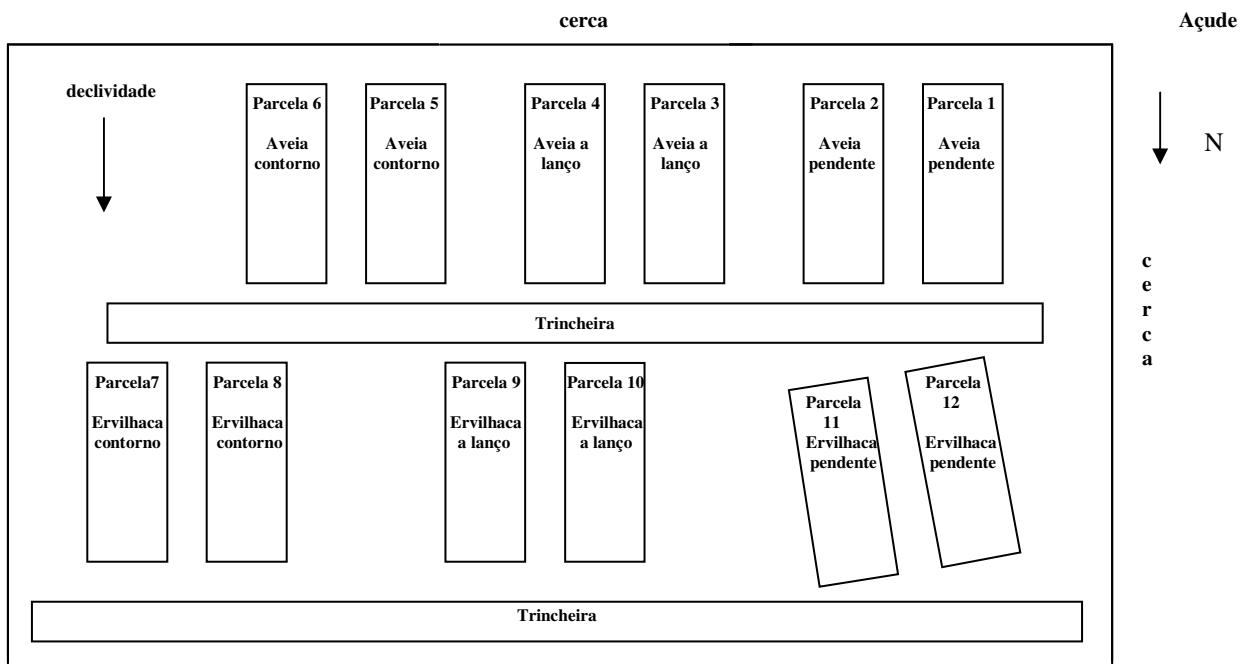


Figura 1 - Distribuição espacial dos tratamentos na área experimental.

Nos tratamentos com semeadura mecanizada na pendente e em contorno as culturas de aveia preta e ervilhaca comum foram semeadas em 05 de julho de 2006, com semeadora acionada por trator. A semeadora estava regulada para a profundidade de 0,04 m, ocasionando no solo sulcos nessa profundidade, nas direções de semeadura. O espaçamento utilizado entre linhas foi de 0,17 m, com 20 linhas por parcela para a semeadura no sentido paralelo ao declive e 64 linhas por parcela para a semeadura em contorno no declive. A quantidade de sementes no tratamento a lanço foi de 100 kg ha^{-1} na aveia preta e 60 kg ha^{-1} na ervilhaca. As culturas receberam adubações distintas, seguindo às recomendações técnicas da COMISSÃO (2004). Na semeadura da aveia, aplicou-se 195 kg ha^{-1} de superfosfato triplo, 121 kg ha^{-1} de cloreto de potássio e 10 kg ha^{-1} de nitrogênio, além de 15 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura, no início do afilhamento, antecedendo o primeiro teste de chuva simulada. Na semeadura da ervilhaca, aplicou-se 146 kg ha^{-1} de superfosfato triplo.

Ao atingir a plena floração, em novembro de 2006, as culturas foram roçadas com roçadeira costal, distribuindo-se uniformemente a massa verde sobre o solo. A produção

média de massa seca foi de 7 t ha⁻¹ para a aveia e 4,8 t ha⁻¹ para a ervilhaca (Apêndice A). Durante o ciclo das culturas, o controle de ervas daninhas foi realizado manualmente.

3.4 UNIDADE EXPERIMENTAL

A unidade experimental, ou parcela, possuía área útil de 38,5 m², com dimensão de 11,0 m de comprimento no sentido do declive e 3,5 m de largura. Cada parcela era delimitada na extremidade superior e nas laterais por chapas galvanizadas com 0,2 m de altura, cravadas 0,1 m no solo, as quais foram retiradas no final dos testes de chuva, a partir do teste 2, sendo recolocadas no dia antecedente ao próximo teste de chuva procedimento realizado até o final do experimento por motivo de insegurança na área experimental. A extremidade inferior da parcela era delimitada por uma calha coletora de enxurrada, sendo conectada a um cano de PVC que conduzia a enxurrada até o local de coleta (trincheira), localizado 6 m abaixo. Foram utilizadas doze parcelas, compreendendo seis tratamentos com duas repetições, as quais apresentavam declividade média de 0,119 m m⁻¹, com amplitude de variação de 0,088 a 0,149 m m⁻¹ (Tabela 5).

3.5 APARELHO SIMULADOR DE CHUVAS

A pesquisa foi conduzida sob condições de chuva simulada, utilizando um aparelho simulador de chuva com braços rotativos (Figura 2), o qual cobria duas parcelas simultaneamente, espaçadas entre si 3,5 m (EMBRAPA, 1975; SWANSON, 1975). O simulador contém 10 braços com comprimento de 7,5 m cada um, distribuídos radialmente em cima da torre, nos quais estão 30 bicos distribuídos de forma helicoidal formando uma espiral concêntrica. Na condução do experimento, o simulador de chuva operou com 15 bicos abertos, para produzir chuva com intensidade planejada de 64 mm h⁻¹. A intensidade das chuvas, durante os testes, foi controlada por intermédio de dois manômetros, sendo um localizado a 7 m da entrada de água no simulador, operando com pressão de 73,8 Pa e, o outro, em um dos braços próximo a torre do simulador, com a pressão regulada em 39 Pa.



Figura 2 - Simulador de chuva em operação.

3.6 TESTES DE CHUVA SIMULADA

Cinco testes de chuva simulada foram realizados com duração das chuvas de 60 minutos e intensidade variável de 58 a 87 mm h⁻¹, resultando em volume variável de 58 a 87 mm (Tabela 2). O primeiro teste foi realizado em 04 de agosto de 2006, 30 dias após a semeadura das culturas, o segundo teste em 13 de setembro, o terceiro em 17 de outubro, o quarto em 21 de outubro e o quinto e último teste em 24 de novembro do mesmo ano. O simulador de chuva cobria simultaneamente duas unidades experimentais, as quais eram repetições dos tratamentos.

Tabela 2 - Intensidade (mm h⁻¹) e altura (mm) das chuvas simuladas com duração de uma hora no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Média
AP	63	67	63	63	68	65
AC	58	77	70	66	67	68
AL	69	68	70	66	72	69
EP	67	76	76	72	78	74
EC	76	84	79	76	81	79
EL	68	87	80	75	81	78

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

A erosividade das chuvas simuladas do experimento com o bico do aspersor VEEJET 80100 foi calculada conforme a metodologia de MEYER (1958), em que o EI é calculado por:

$$EI = 0,2083 Q I \text{ (MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

Onde:

Q = quantidade de chuva aplicada, em mm

I = intensidade da chuva aplicada, em mm h^{-1}

As chuvas durante a realização do experimento apresentaram variação de erosividade entre 701 e 1.577 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Tabela 3).

Tabela 3 - Erosividade (EI_{30}) das chuvas simuladas aplicadas no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Total
..... MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹						
AP	827	935	827	827	963	4.378
AC	701	1.235	1.021	907	935	4.799
AL	992	963	1.021	907	1.080	4.963
EP	935	1.203	1.203	1.080	1.267	5.688
EC	1.203	1.470	1.300	1.203	1.367	6.543
EL	963	1.577	1.333	1.172	1.367	6.411

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

3.7 PROCEDIMENTOS EFETUADOS EM CAMPO, ANTES DA APLICAÇÃO DAS CHUVAS

Imediatamente antes da aplicação das chuvas, foram coletadas amostras do solo, nas profundidades de 0 - 0,1 m e 0,1 - 0,2 m, em um ponto em cada parcela, para posterior determinação do teor de água gravimétrico do solo (FORSYTHE, 1975) (Apêndice D). Na profundidade de 0 – 0,025 m foram coletadas amostras indeformadas de solo, em dois pontos em cada parcela, considerando a média destas. Para extração e confinamento das amostras utilizaram-se anéis metálicos com bordas cortantes (KIEHL, 1979), com volume de 50 cm^3 , para póstuma determinação da porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade total do solo (EMBRAPA, 1999) (Tabela 4).

Tabela 4 - Densidade (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi) no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC antecedente aos testes 1, 2 e 4 de chuva simulada, nos diferentes tratamentos durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições)

Trat.	Teste 1				Teste 2				Teste 4			
	Ds g dm ⁻³	PTdm ³ dm ⁻³	Madm ³ dm ⁻³	Mi	Ds g dm ⁻³	PTdm ³ dm ⁻³	Madm ³ dm ⁻³	Mi	Ds g dm ⁻³	PTdm ³ dm ⁻³	Madm ³ dm ⁻³	Mi
AP	0,95	0,66	0,40	0,26	0,83	0,67	0,35	0,33	1,04	0,59	0,21	0,38
AC	1,00	0,64	0,4	0,23	1,02	0,63	0,25	0,38	1,03	0,58	0,23	0,36
AL	0,96	0,65	0,44	0,21	0,99	0,68	0,33	0,34	1,03	0,6	0,25	0,34
EP	0,94	0,65	0,45	0,20	0,97	0,69	0,33	0,36	0,90	0,64	0,33	0,31
EC	0,85	0,66	0,44	0,21	0,92	0,69	0,34	0,35	0,94	0,58	0,28	0,3
EL	0,93	0,66	0,43	0,23	0,93	0,69	0,33	0,35	0,91	0,60	0,29	0,31

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

A cobertura do solo proporcionada pela copa das plantas de aveia preta e ervilhaca comum foi determinada por meio do método do “metro sombreado”, descrito por ADAMS & ARKIN (1977), antecedendo os testes 1 e 2 de chuva simulada. Uma régua de um metro de comprimento foi estendida ao lado da linha e sob a copa das plantas, em três locais na parcela (três repetições) e, a cada 0,1 m, mediu-se sobre este metro a extensão transversal da projeção das copas. A média dessas medidas, em metro, foi dividida pelo espaçamento entre linhas das culturas, em metro, resultando na cobertura do solo, em $m^2 m^{-2}$. A determinação da cobertura do solo pelos resíduos culturais, após a roçada das culturas, foi estimada pelo método da corda. Uma corda de 10 m de comprimento, marcada a cada 0,10 m foi estendida na diagonal em cada parcela sobre os resíduos culturais, em dois locais na parcela (formando um xis) e, em cada marca da corda (0,10 m), contou-se os pontos que coincidiram exatamente sobre um resíduo cultural, sendo considerada igual a $1 m^2 1 m^{-2}$ em todos os tratamentos.

3.8 PROCEDIMENTOS EFETUADOS EM CAMPO, DURANTE A APLICAÇÃO DOS TESTES DE CHUVA

Inicialmente, foram cronometrados os tempos de início e término da enxurrada. Assim que iniciava a enxurrada, eram feitas medições da taxa instantânea, em intervalos de três minutos, até o término da mesma. Utilizou-se proveta graduada, de 1.000 mL ou 2.000 mL, conforme a necessidade, a qual era colocada sob o fluxo, na extremidade do cano conectado à calha coletora de onde saia à enxurrada. A duração da coleta era de três, cinco ou dez segundos, anotando-se em planilhas o volume e o tempo de coleta. Em seguida, colocava-se sob o fluxo um pote plástico com capacidade de 1 L, o qual era mantido ali o tempo

necessário para enchê-lo, objetivando posterior determinação da concentração de sedimentos na enxurrada.

3.8.1 Verificação da intensidade das chuvas aplicadas

A verificação da intensidade das chuvas simuladas aplicadas foi realizada com 20 pluviômetros, distribuídos na superfície do terreno sob o raio de aplicação da chuva simulada. A intensidade média da chuva foi calculada dividindo-se o volume médio dos 20 pluviômetros (mL), pela área média de captação dos pluviômetros ($53,63\text{ cm}^2$). O resultado foi multiplicado pelo valor obtido da divisão de 60 minutos pelo tempo total de duração da chuva, em minutos e, então, multiplicado por 10, sendo o resultado expresso em mm h^{-1} .

3.9 PROCEDIMENTOS E CÁLCULOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO E ESCRITÓRIO

3.9.1 Taxa instantânea e volume de enxurrada

A taxa instantânea de enxurrada, inicialmente calculada a cada três minutos para cada minuto, foi obtida por meio de interpolação linear para cada minuto, sendo expressa em mm h^{-1} . O volume de enxurrada de cada chuva simulada aplicada foi obtido pela integração das taxas instantâneas de enxurrada, sendo os resultados expressos em porcentagem da chuva aplicada.

3.9.2 Concentração de sedimentos na enxurrada

Os potes plásticos de 1 L contendo as amostras coletadas da enxurrada a cada três minutos, foram transportados para o laboratório. Após a pesagem dos potes, adicionaram-se 5 gotas de solução de ácido clorídrico 2,5 N, em cada um, com o objetivo de decantar os sedimentos em suspensão. Após a decantação dos sedimentos (48 h), succionou-se o líquido sobrenadante com o uso de um sistema de sifão, deixando uma lâmina de água de 2 cm sobre os sedimentos. Os potes plásticos foram pesados e depois levados à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 50 °C, permanecendo 72 h e, depois de secos, efetuou-se novamente sua pesagem. O cálculo da concentração de sedimentos na enxurrada foi feito dividindo-se a massa dos sedimentos secos pela massa dos sedimentos + água, sendo o resultado expresso em kg m^{-3} . A concentração instantânea de sedimentos para cada minuto

após o início da enxurrada foi obtida pela interpolação linear das concentrações de sedimentos obtidas em intervalos de 3 minutos. A concentração média de sedimentos durante o tempo de duração da enxurrada foi obtida por meio da média aritmética dos valores de concentração instantânea de sedimentos na enxurrada, sendo o resultado expresso em g L⁻¹.

3.9.3 Taxa instantânea e quantidade de perda de solo

A taxa instantânea de perda de solo, kg h⁻¹, foi calculada multiplicando-se a taxa instantânea de enxurrada, m³ h⁻¹, pela concentração instantânea de sedimentos, kg m⁻³. A quantidade total de solo foi obtida pela integração das taxas instantâneas de perda de solo. Os resultados obtidos na área da parcela experimental (38,5m²), foram extrapolados para a área de 1 ha, t ha⁻¹ h⁻¹ e para perda total de solo, t ha⁻¹.

3.10 ÍNDICE DE RESISTÊNCIA DO SOLO À ENXURRADA

O índice de resistência do solo à enxurrada (IRE) foi desenvolvido e calculado conforme a equação 2, utilizando os dados constantes na tabela 5. Nessa equação o teor de água do solo antecedente às chuvas (TA) foi multiplicado pela declividade do terreno (DE), pelo índice devido à compactação do solo pelo rodado do trator (fração da superfície compactada) (ICS) e pelo índice devido à direção dos sulcos ocasionados pelas operações de manejo (ISM), para todos os tratamentos.

$$\text{IRE} = (\text{TA} \cdot \text{DE} \cdot \text{ICS} \cdot \text{ISM}) \quad (2)$$

Tabela 5 - Valores dos fatores considerados para obtenção do índice de resistência do solo à enxurrada, IRE

Tratamento	Parcela	T1	T2	T3	T4	T5
	Fator 1. Teor de água no solo antecedente à chuva, g g ⁻¹					
AP	1	0,33	0,32	0,31	0,32	0,35
	2	0,30	0,33	0,33	0,31	0,34
AC	5	0,32	0,32	0,33	0,41	0,34
	6	0,28	0,31	0,30	0,34	0,34
AL	3	0,27	0,29	0,30	0,33	0,30
	4	0,29	0,28	0,33	0,29	0,31
EP	11	0,33	0,37	0,37	0,40	0,33
	12	0,35	0,33	0,32	0,33	0,33
EC	7	0,33	0,35	0,30	0,38	0,37
	8	0,36	0,33	0,29	0,34	0,32
EL	9	0,30	0,35	0,31	0,35	0,32
	10	0,31	0,33	0,32	0,35	0,32
Fator 2. Declividade das parcelas, m m ⁻¹						
AP	1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	2	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
AC	5	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	6	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
AL	3	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
	4	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
EP	11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
	12	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
EC	7	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
	8	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
EL	9	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Fator 3. Índice devido à compactação do solo pelo rodado do trator (fração da superfície compactada)						
AP	1	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
	2	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
AC	5	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
	6	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
AL	3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EP	11	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
	12	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
EC	7	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
	8	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
EL	9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fator 4. Índice devido à direção dos sulcos ocasionados pelas operações de manejo

	AP	1	0,50	0,50	0,50	0,50
		2	0,50	0,50	0,50	0,50
AC		5	1,50	1,50	1,50	1,50
		6	1,50	1,50	1,50	1,50
AL		3	1,00	1,00	1,00	1,00
		4	1,00	1,00	1,00	1,00
EP		11	0,50	0,50	0,50	0,50
		12	0,50	0,50	0,50	0,50
EC		7	1,50	1,50	1,50	1,50
		8	1,50	1,50	1,50	1,50
EL		9	1,00	1,00	1,00	1,00
		10	1,00	1,00	1,00	1,00

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

3.11 AJUSTE DE DADOS

O ajuste da perda total de solo foi realizado em função da variação verificada na intensidade das chuvas simuladas aplicadas (Tabela 2) e na declividade das parcelas experimentais (Tabela 5). Assim, o ajuste para a intensidade de 64 mm h^{-1} foi feito dividindo-se a intensidade de chuva planejada pela intensidade da chuva observada, elevando-se este valor ao quadrado e multiplicando-se o resultado pela perda de solo observada. Após este ajuste, a perda total de solo ainda foi ajustada para a declividade média de $0,119 \text{ m m}^{-1}$, multiplicando-se a perda de solo ajustada para a intensidade por um índice resultante da divisão do fator S de um declive médio de $0,119 \text{ m m}^{-1}$ pelo fator S do declive de cada parcela, conforme a metodologia de WISCHMEIER & SMITH (1978), em que o fator S é calculado por:

$$S = 0,065 + 4,56 \operatorname{sen} \theta + 65,41 (\operatorname{sen} \theta)^2 \quad (3)$$

Onde: θ é o ângulo do declive.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEOR DE ÁGUA NO SOLO ANTES DO INÍCIO DAS CHUVAS

Na profundidade 0 – 0,1 m, o teor de água no solo antecedente às chuvas variou de 0,27 a 0,34 g g⁻¹, enquanto na profundidade de 0,1 – 0,2 m a variação foi de 0,29 a 0,39 g g⁻¹ (Tabela 6). A pequena variação no teor de água no solo, tanto entre os testes de chuva, quanto entre os tratamentos e culturas, foi decorrente da homogeneidade na camada arável do solo, em toda a área experimental, indicando que os resultados de perdas de solo e água devem ter sido pouco influenciados por esta variável.

Tabela 6 - Teor de água no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC antecedente aos testes de chuva simulada, em duas profundidades (m), nos diferentes tratamentos durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições)

Tratamento	Teste 1		Teste 2		Teste 3		Teste 4		Teste 5		Média
	0-0,1	0,1-0,2	0-0,1	0,1-0,2	0-0,1	0,1-0,2	0-0,1	0,1-0,2	0-0,1	0,1-0,2	
.....g g ⁻¹											
AP	0,31	0,32	0,31	0,35	0,33	0,32	0,32	0,31	0,34	0,35	0,33
AC	0,30	0,31	0,32	0,31	0,32	0,31	0,36	0,39	0,33	0,36	0,33
AL	0,27	0,30	0,28	0,29	0,34	0,29	0,32	0,30	0,31	0,30	0,30
EP	0,35	0,35	0,34	0,36	0,32	0,37	0,35	0,38	0,32	0,34	0,35
EC	0,33	0,36	0,32	0,35	0,29	0,30	0,35	0,37	0,33	0,36	0,34
EL	0,31	0,30	0,32	0,36	0,32	0,32	0,36	0,34	0,31	0,33	0,33

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

4.2 COBERTURA DO SOLO PELA COPA DAS PLANTAS E PELOS RESÍDUOS CULTURAIS

A cobertura do solo pela copa das plantas praticamente não foi influenciada pela forma de semeadura, mas foi influenciada pela cultura (Tabela 7), conforme observado também por Baldissera (1985); Silva et al. (1986) e Cruz (2006).

Tabela 7 - Cobertura do solo pela copa das plantas antes dos testes 1, 2, 3 e 4 e cobertura do solo pelos resíduos culturais antes do teste 5 de chuva simulada, durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições)

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5
	$\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$				
AP	0,30	0,74	0,89	0,95	1,00
AC	0,31	0,77	0,91	0,95	1,00
AL	0,29	0,77	0,91	0,95	1,00
EP	0,23	0,56	1,00	1,00	1,00
EC	0,24	0,52	1,00	1,00	1,00
EL	0,25	0,49	1,00	1,00	1,00

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

Além disso, a referida cobertura aumentou ao longo do ciclo das culturas (Teste 1 ao Teste 4), devido ao crescimento das plantas. Até o teste 2, a cultura da aveia apresentou maior cobertura do solo pela copa do que a ervilhaca, devido ao crescimento mais rápido da aveia. A partir daí, a ervilhaca acelerou o desenvolvimento em relação à aveia, chegando a cobrir 1,00 $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$ da superfície do solo já no teste 3, enquanto a aveia chegou ao máximo de 0,95 $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$ no teste 4, explicado pelas distintas características morfológicas e pelo diferenciado hábito de crescimento das plantas. A cobertura do solo pelos resíduos culturais, após o manejo das culturas, para o último teste (T5), foi estimada pelo método da corda em 1,00 $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$ em todos os tratamentos. Esta forma de cobertura do solo apresentou mais perdas de solo do que a cobertura pela copa das plantas, divergindo dos resultados encontrados por Cogo et al. (1981) e Bertol et al. (1987, 2006). Porém a movimentação do solo na retirada e colocação das chapas e calhas que demarcavam as parcelas, neste teste, disponibilizou sedimentos prontamente disponíveis para o transporte via escoamento superficial, aumentando a concentração de sedimentos no fluxo da enxurrada, prejudicando a comparação desta coleta com as anteriores.

4.3 TEMPO NECESSÁRIO PARA O INÍCIO DA ENXURRADA

A semeadura em contorno (AC e EC) apresentou maior tempo para entre o início da enxurrada do que a semeadura na direção da pendente (AP e EP), em todos os testes de chuva simulada e em ambas as culturas (Tabela 8).

Tabela 8 - Tempo para o início da enxurrada, no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC em função dos diferentes tratamentos e de chuvas simuladas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições)

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Média
.....min.....						
AP	8	8	8	8	26	12
AC	46	37	43	37	34	39
AL	52	35	16	29	35	33
EP	8	8	14	14	25	14
EC	40	35	38	35	34	36
EL	40	26	38	40	44	38

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

O contorno aumentou este tempo em 2,9 vezes em relação à pendente, na média dos testes de chuva e das culturas. Isto é explicado principalmente pela rugosidade superficial, orientada transversalmente ao declive na forma de sulcos deixados pela operação de semeadura, armazenando água e retardando o início do escoamento, concordando com Bertoni et al. (1972); Castro et al. (2006); Cruz, (2006). O menor tempo para o início da enxurrada nos tratamentos de semeadura na direção da pendente, se justifica pela rugosidade orientada no sentido paralelo ao declive (sulcos morro a baixo), a qual facilita a concentração do fluxo da enxurrada nos sulcos. A semeadura em contorno aumentou o tempo de início da enxurrada em 3,3 vezes na aveia preta e em 2,6 vezes na ervilhaca comum, em relação à semeadura na direção da pendente, na média dos testes de chuva.

A semeadura a lanço apresentou maior tempo para início do escoamento superficial (Tabela 8), devido à rugosidade ao acaso relativamente alta, fato este presente, em especial, nos dois testes iniciais de chuva para a aveia preta e em praticamente todos os testes para a ervilhaca comum. A aveia contorno (AC) apresentou o maior tempo para início da enxurrada (39 min), enquanto a aveia pendente (AP) apresentou o menor tempo (12 min.), na média dos testes de chuva.

4.4 PERDAS DE ÁGUA POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O escoamento superficial, ou enxurrada, foi influenciado pelos tratamentos de forma de semeadura, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum, apresentando, naturalmente, comportamento inverso a infiltração de água no solo. Os valores de escoamento superficial foram em geral baixos (Tabela 9).

Tabela 9 - Perdas de água por enxurrada observada em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas, no Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC durante os cultivos da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições)

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Total
	% da chuva aplicada.....					
AP	22	34	16	28	41	28
AC	10	17	10	25	33	19
AL	04	14	07	15	22	12
EP	23	25	19	30	28	25
EC	09	14	09	16	15	13
EL	06	14	08	11	12	10

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

A forma de semeadura no sentido da pendente apresentou maior volume de enxurrada em relação às demais formas de semeadura, em ambos os cultivos, concordando com Cogo et al. (2003) e Cruz, (2006). No cultivo da aveia preta, a enxurrada na semeadura na pendente foi 9% maior do que na semeadura em contorno e 16% maior do que na semeadura a lanço lanço, enquanto na ervilhaca essas diferenças foram respectivamente de 12 e 15%, em relação ao volume de chuva, na média dos testes de chuva. Considerando os tratamentos, as culturas e os testes de chuva, as perdas de água por escoamento superficial apresentaram variação relativamente grande, desde 4% (aveia a lanço no Teste 1) até 41% (aveia pendente no teste 5) em relação ao volume de chuva, ou seja, uma variação de 10 vezes. O volume de enxurrada não apresentou relação com o teor de água no solo antecedendo às chuvas (Tabela 6), com a cobertura do solo pela copa das plantas (Tabela 7), com o tempo de início da enxurrada (Tabela 8), e com a declividade do terreno nas parcelas (Tabela 5), quando relacionado com cada uma dessas variáveis, isoladamente.

A taxa de enxurrada ao longo da chuva aumentou rapidamente nos tratamentos AP e EP e, principalmente, na EL (Figura 3). Na EL, isto é justificado pela disposição espacial das plantas e pelo tipo do sistema radicular da cultura. Assim, a forma de semeadura associada à cultura da ervilhaca não apresentou resistência à enxurrada, ocasionando rápido aumento da taxa de enxurrada ao longo do tempo. A AL apresentou a menor taxa de enxurrada. Isto é explicado pela forma de semeadura (alta rugosidade) e distribuição das plantas, as quais, em função do crescimento (perfilhamento), compensaram e aumentaram a resistência ao escoamento, diminuindo a taxa de enxurrada ao longo do tempo. A semeadura em contorno retardou o início da enxurrada, mas, após seu início, apresentou ligeiro aumento. Isto é explicado pela disposição dos sulcos, perpendiculares ao declive (rugosidade orientada) os

quais formaram diques. Após o seu rompimento a enxurrada foi abruptamente liberada, elevando-se rapidamente sua taxa.

A taxa máxima de enxurrada está relacionada com a cobertura e o manejo do solo, os quais influenciam diretamente na escolha do sistema de cultivo para determinada região, pois devem proporcionar boa capacidade de infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial e, portanto, a redução da erosão hídrica do solo. Assim, quanto maior o tempo para a enxurrada atingir a taxa máxima, maior a quantidade de água retida e infiltrada no solo e, consequentemente, menor a de erosão. As diferenças de taxa máxima de enxurrada entre os tratamentos foram expressivas, entre 31 mm h^{-1} na AL e 45 mm h^{-1} na AP (Figura 3). A elevada taxa máxima de enxurrada na semeadura paralela ao declive é justificada pela menor infiltração de água no solo, devido, principalmente, a este sistema apresentar os sulcos dispostos paralelamente ao declive e, com isso, facilitar o escoamento.

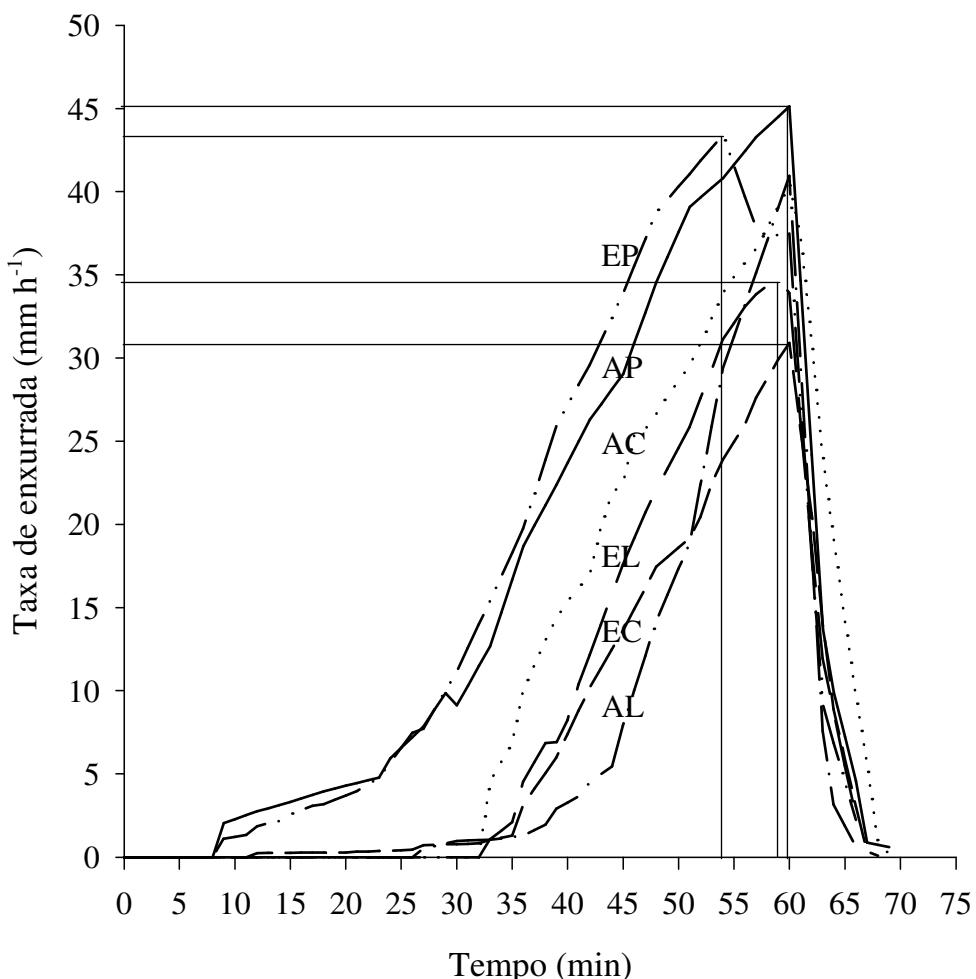


Figura 3 - Hidrograma unitário gerado nas três formas de semeadura das culturas da aveia preta e ervilhaca comum (média de duas repetições e cinco testes de chuva simulada). AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

O tempo necessário para a enxurrada atingir a taxa máxima (tempo de equilíbrio) foi longo, provavelmente porque a boa estrutura e porosidade do solo mantiveram alta a taxa de infiltração e suavizaram o crescimento da taxa de enxurrada (Figura 3). O tempo de equilíbrio variou entre os tratamentos. A EP apresentou o menor tempo (54 min), seguido da EL (58 min), enquanto nos demais tratamentos tal tempo, não foi alcançado até os 60 minutos tendo sido, provavelmente, maior do que 60 min. Nos tratamentos onde o tempo de equilíbrio foi superior a 60 min, isto ocorreu porque a duração da chuva foi menor do que o tempo necessário para que a enxurrada atingisse o equilíbrio. Assim, a duração da chuva não foi suficiente para que todos os pontos da parcela contribuíssem para a sua vazão. Dentre estes tratamentos situou-se a semeadura na pendente. O conhecimento do tempo de equilíbrio de determinada área é importante, pois, por meio dele se pode calcular a intensidade máxima média de chuva para determinado período de retorno e, com isso, calcular a taxa máxima de enxurrada e dimensionar obras hidráulicas para o controle da erosão em determinada região.

O volume da enxurrada observada, pela área sob as curvas do hidrograma (Figura 3), variou entre os tratamentos, influenciado pela forma de semeadura e tipo de cultura. O menor volume de enxurrada observado no tratamento EC, seguido do EL, é justificado pelo efeito conjunto entre a forma de semeadura e o tipo de cultura, as quais associadas proporcionaram maior período de estruturação do solo, acarretando maior infiltração de água no solo, aumentando o tempo de início da enxurrada e, por conseguinte, reduzindo a taxa de enxurrada. O conhecimento do volume de enxurrada em determinada situação é importante para subsidiar o planejamento de práticas conservacionistas mecânicas de armazenagem de enxurrada e controle da erosão hídrica.

4.5 ÍNDICE DE RESISTÊNCIA DO SOLO A ENXURRADA

O índice de resistência do solo a enxurrada foi influenciado pelas variáveis que o constituem (o teor de água do solo antecedente às chuvas, declividade do terreno, índice devido à compactação do solo pelo rodado do trator (fração da superfície compactada) e pelo índice devido à direção dos sulcos ocasionados pelas operações de manejo). Os índices apresentaram ampla variação entre os tratamentos, testes de chuva e culturas, variando de 0,0071 (ervilhaca pendente nos testes 1 e 5) a 0,0429 (aveia a lanço no teste 4) (Tabela 10). Ocorreu, ainda, clara tendência de aumentar o valor do índice do teste 1 ao teste 4. Esta variação e tendência são justificadas, devido à influência das variáveis que constituem o índice. Tais variáveis eram constituídas de forma de semeadura (contorno, pendente e lanço),

tipo de cultura (aveia preta e ervilhaca comum), desenvolvimento vegetativo das culturas e seqüência de chuvas simuladas aplicadas (cinco testes), desde o solo recém – preparado e recém – semeado (Teste 1) até após o manejo dos resíduos das culturas (Teste 5).

Tabela 10-Índice de resistência de um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC à enxurrada, resultante do produto dos valores dos fatores teor de água no solo antecedente às chuvas, declividade das parcelas, índice devido à compactação do solo pelo rodado do trator e índice devido à direção dos sulcos ocasionados pelas operações de manejo

Tratamento	Parcela	T1	T2	T3	T4	T5	Média
AP	1	0,0089	0,0086	0,0084	0,0086	0,0095	0,0088
	2	0,0081	0,0089	0,0089	0,0084	0,0092	0,0087
AC	5	0,0147	0,0147	0,0151	0,0188	0,0156	0,0158
	6	0,0129	0,0142	0,0138	0,0156	0,0156	0,0144
AL	3	0,0351	0,0377	0,0390	0,0429	0,0390	0,0387
	4	0,0319	0,0308	0,0363	0,0319	0,0341	0,0330
EP	11	0,0071	0,0080	0,0080	0,0086	0,0071	0,0078
	12	0,0088	0,0083	0,0081	0,0083	0,0083	0,0084
EC	7	0,0219	0,0232	0,0199	0,0252	0,0245	0,0229
	8	0,0202	0,0185	0,0163	0,0191	0,0180	0,0184
EL	9	0,0300	0,0350	0,0310	0,0350	0,0320	0,0326
	10	0,0341	0,0363	0,0352	0,0385	0,0352	0,0359

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

O volume de enxurrada diminuiu exponencialmente com o aumento do índice de resistência do solo ao escoamento (Figura 4). Isto é explicado pelo efeito integrado dos fatores teor de água do solo antecedente às chuvas, declividade do terreno, índice devido à compactação do solo pelo rodado do trator (fração da superfície compactada) e índice devido à direção dos sulcos ocasionados pelas operações de manejo. A interação destes fatores ocasionou o aumento na infiltração de água no solo e, consequentemente, diminuição da enxurrada. Assim, neste estudo, o índice de resistência do solo à enxurrada explicou 65% da variação da perda de água por escoamento superficial. Os demais 35% foram dependentes de outras variáveis, não controladas no experimento. Dentre as quais, a mais provável foi o efeito do sistema radicular das plantas e de consolidação da superfície do solo, não avaliadas.

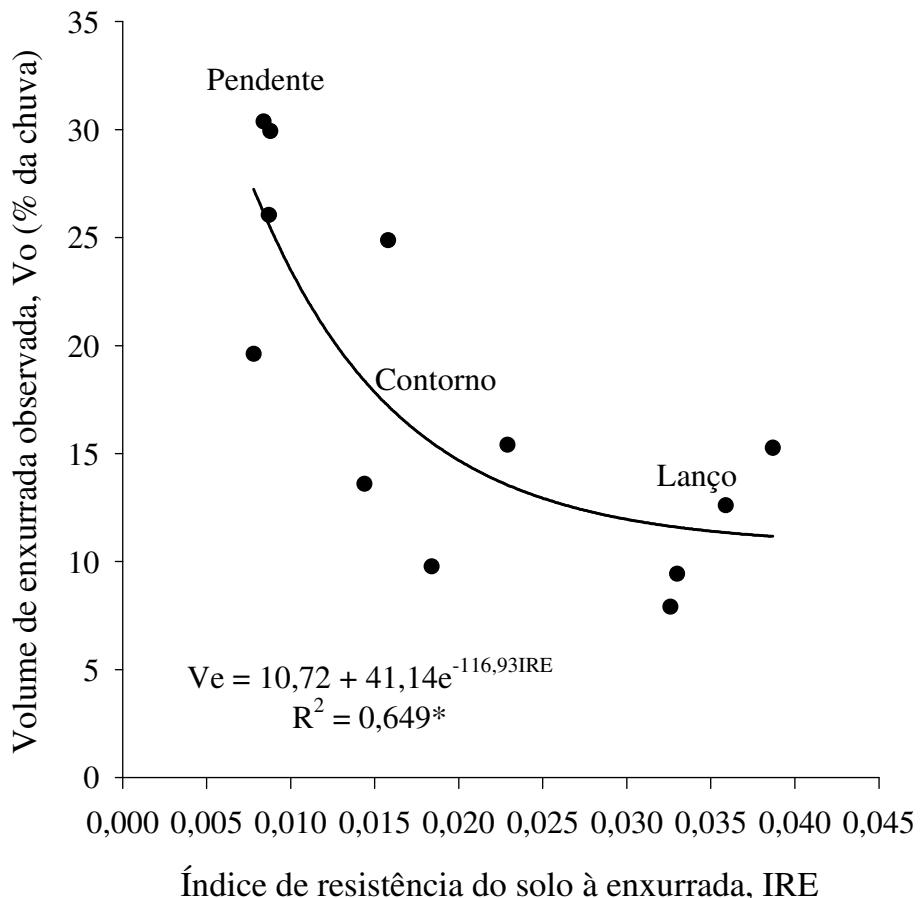


Figura 4 - Relação do volume de enxurrada observada (Vo) com o índice de resistência do solo a enxurrada (IRE) (duas repetições e média de cinco testes de chuva simulada). Pendente: semeadura pendente; Contorno: semeadura contorno; Lanço: semeadura a lanço.

4.6 CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE SEDIMENTOS NA ENXURRADA

A concentração de sedimentos na enxurrada apresentou ampla variação entre tratamentos, e entre culturas, desde $0,08 \text{ g L}^{-1}$ (aveia contorno no teste 4) até $3,20 \text{ g L}^{-1}$ (ervilhaca pendente no teste 2), e uma clara tendência de diminuir do teste 1 ao teste 4 (Tabela 11). Esta variação e tendência são devido à influência da forma de semeadura (contorno, pendente e lanço), do tipo de cultura (aveia preta e ervilhaca comum) e da seqüência de chuvas simuladas aplicadas (cinco testes), desde o solo recém – preparado e recém – semeado (Teste 1) até após o manejo dos resíduos das culturas (Teste 5).

Tabela 11-Concentração média de sedimentos na enxurrada em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum em um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC (média de duas repetições)

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Média
g L ⁻¹					
AP	2,12	0,68	0,73	0,38	0,38	0,85
AC	0,64	0,52	0,29	0,08	0,10	0,32
AL	1,74	0,91	0,90	0,34	0,36	0,85
EP	2,68	3,20	2,66	0,92	0,89	2,07
EC	1,93	1,22	1,10	0,44	0,72	1,08
EL	2,79	2,25	1,30	1,00	0,90	1,65

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

A maior eficácia do contorno em relação à pendente, em ambas as culturas, explica-se pelo efeito positivo dos sulcos em contorno em reter sedimentos em relação aos sulcos na direção da pendente, conforme resultados encontrados também por Bertoni et al. (1972); Bertol et al. (1989).

A semeadura em contorno reduziu a concentração de sedimentos na enxurrada em 62% no caso da aveia e em 48% no caso da ervilhaca, em relação à semeadura em direção a pendente, na média dos testes de chuva. A maior eficácia do contorno na aveia do que na ervilhaca explica-se pelas características da aveia, tanto da parte aérea (maior densidade de folhas e colmos), quanto das raízes (fasciculadas e mais densas). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Dechen et al. (1981) e Silva et al. (1986). A parte aérea da aveia proporcionou maior capacidade de reter sedimentos e, as raízes, maior resistência do solo a desagregação do que a ervilhaca. Esta diferença acentuou-se nos dois últimos testes de chuva, quando as diferenças dessas características morfológicas das plantas se acentuaram, em especial no último teste, efetuado já sobre os resíduos culturais deitados no solo.

A tendência de diminuição da concentração de sedimentos na enxurrada, do início ao final do período experimental, explica-se: além do crescimento das culturas (parte aérea e raízes) ao longo do ciclo que aumentou a proteção do solo, a quantidade de sedimentos prontamente disponível ao transporte pela enxurrada era expressivamente maior no teste 1, devido ao solo ter sido recentemente preparado, do que nos testes finais, quando tais sedimentos já haviam sido transportados na sua quase totalidade.

A concentração de sedimentos na enxurrada diminuiu ao longo da aplicação das chuvas simuladas, de forma variável conforme o tipo de cultura e a forma de semeadura (Figura 5).

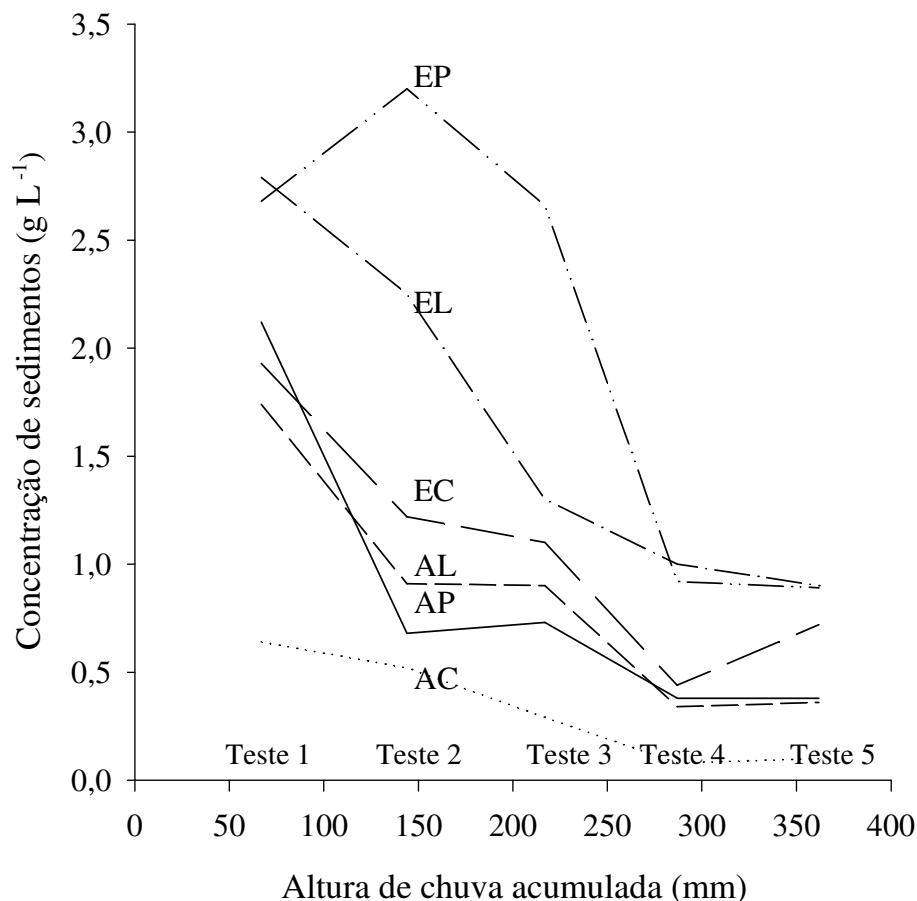


Figura 5 - Concentração de sedimentos na enxurrada (CS), em função das diferentes formas de semeadura e dos testes de chuva simulada (média de duas repetições). AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lança; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lança.

Os tratamentos com ervilhaca apresentaram volume de enxurrada inferior aos com aveia, na maioria dos testes de chuva (Tabela 9). Provavelmente por isso a concentração de sedimentos na enxurrada foi maior na ervilhaca, explicada, também, pela menor eficácia do seu sistema radicular (leguminosa) em reter sedimentos e prover agregação do solo, em relação à aveia (gramínea). Isto favoreceu o arraste de sedimentos, na ervilhaca, fato este observado principalmente na forma de semeadura no sentido da pendente. A EP apresentou um comportamento diferente na concentração de sedimentos em relação aos demais tratamentos, explicado pela formação e disposição de sulcos que nos testes 1 e 2, especialmente, proporcionaram maior facilidade para o fluxo transportar os sedimentos e, pela baixa eficiência da cobertura do solo oferecida pela cultura no período, concordando com Silva et al. (1986).

4.7 PERDA TOTAL DE SOLO

A perda total de solo sofreu ampla influência dos tratamentos de forma de semeadura, dos testes de chuva e das culturas (Tabela 12), devido à influência que estas variáveis tiveram na perda de água na forma de enxurrada e na concentração de sedimentos na enxurrada. Assim, as perdas de solo variaram entre 0,036 t ha⁻¹ (aveia contorno no teste 4) e 0,430 t ha⁻¹ (ervilhaca a lanço no teste 1).

Tabela 12-Perda total de solo ajustada para intensidade da chuva de 64 mm h⁻¹ e declividade média de 0,119 m m⁻¹, em função de diferentes tratamentos e das chuvas simuladas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum em um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC (média de duas repetições)

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Total
.....t ha ⁻¹						
AP	0,291	0,129	0,048	0,046	0,082	0,596
AC	0,222	0,144	0,065	0,036	0,057	0,524
AL	0,189	0,181	0,030	0,040	0,080	0,520
EP	0,340	0,462	0,288	0,159	0,179	1,428
EC	0,216	0,154	0,090	0,076	0,099	0,635
EL	0,430	0,303	0,188	0,178	0,213	1,312

AP: aveia pendente; AC: aveia contorno; AL: aveia lanço; EP: ervilhaca pendente; EC: ervilhaca contorno; EL: ervilhaca lanço.

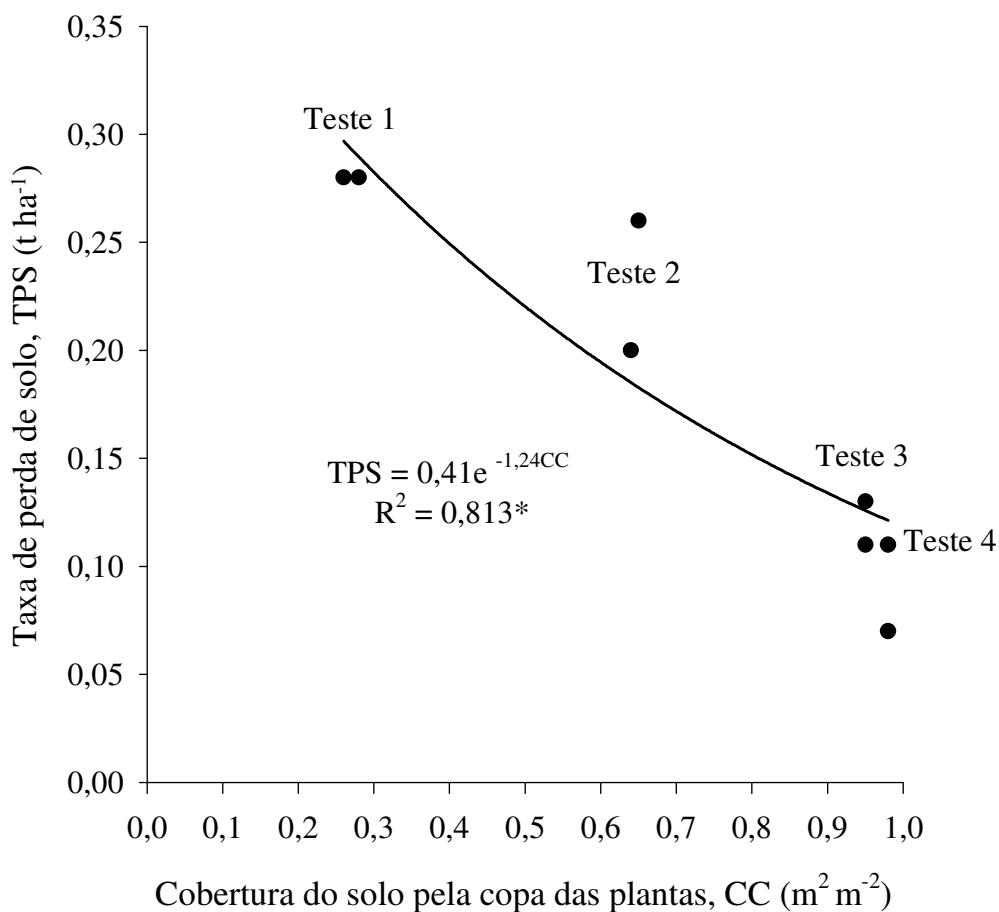
A maior perda total de solo em relação às demais formas de semeadura ocorreu na semeadura morro a baixo. Isto justificado pelo fato que o processo de erosão em sulcos foi muito favorecido e acelerado. Assim, os sulcos e as fileiras de plantas dispostos no sentido da pendente, proporcionaram maiores velocidades de escoamento, aumentando a capacidade de transporte de solo, concordando com Cruz, (2006).

A semeadura em contorno reduziu a perda total de solo em 12% na aveia preta e em 56% na ervilhaca comum, em relação à semeadura em direção a pendente, na média dos testes de chuva, concordando com Denardin, (2005). A menor perda total de solo na semeadura em contorno explica-se pela disposição dos sulcos na superfície e das fileiras de plantas dispostas perpendicular ao sentido do declive, os quais reduziram o livre escoamento da enxurrada, diminuindo a velocidade do escoamento superficial e, logo, o transporte de sedimentos do solo. Resultados semelhantes também foram encontrados por Denardin, (2005); Bertoni & Lombardi Neto, (2005) e Cruz, (2006). No caso da aveia, além da redução da velocidade do escoamento, os colmos das plantas, os quais em contorno filtraram os sedimentos transportados pela enxurrada, depositando os mesmos nos sulcos deixados por esta forma de

semeadura. Além disso, o desenvolvimento do sistema radicular aumentou à resistência do solo a desagregação pela enxurrada, promovendo maior resistência do solo a erosão hídrica, em relação à ervilhaca. A aveia em relação à ervilhaca apresentou maior eficiência no controle das perdas de solo, em todos os tratamentos, reunindo todas as características protetoras do solo, concordando com Dechen et al. (1981) e Silva et al. (1986).

Houve clara tendência de diminuir as perdas de solo do teste 1 ao teste 4, de acordo com o que ocorreu com as perdas de água e com a concentração de sedimentos na enxurrada. Explicado pelo crescimento e desenvolvimento vegetativo das plantas e consequentemente da cobertura vegetal que evitou a incidência direta das gotas de chuva sobre o solo e, por conseguinte, sua desagregação conforme constatado também por Silva et al. (1986); Levien et al. (1990); Leite et al. (2004); Engel (2005); Inácio et al. (2005) e Bezerra et al. (2007). Do teste 4 para o 5, a perda de solo apresentou tendência de aumento, em todos os tratamentos, sendo esta tendência normal devido ao início de decomposição dos resíduos vegetais principalmente da ervilhaca nesta fase do experimento. A justificativa para esta tendência foi à retirada das chapas e calhas que delimitavam as parcelas, ao final do teste 4 e recolocação das mesmas imediatamente antes do início do teste 5, favorecendo o arraste de sedimentos para serem transportados pelo escoamento superficial.

A taxa de perda de solo diminuiu exponencialmente de um teste de chuva a outro, com o aumento da cobertura do solo proporcionada pela copa das plantas (Figura 6), fato este atribuído à diminuição do impacto das gotas de chuva sobre o solo, desagregação das partículas e transporte de sedimentos na enxurrada, concordando com Silva et al. (1986), Leite et al. (2004) e Engel (2005). Este tipo de relação entre perda de solo e cobertura do solo pela copa das plantas consta também em Wischmeier & Smith (1978) e Bezerra et al. (2007).



As perdas de solo acumuladas do teste 1 ao teste 4 aumentaram potencialmente com o aumento do volume de chuva (Figura 7), explicadas pelo efeito conjunto da concentração de sedimentos na enxurrada (Tabela 11) e do volume da enxurrada (Tabela 9). Claramente, essa relação mostra que a taxa de perda de solo decresceu, de um teste de chuva a outro, fato este já comentado e explicado anteriormente.

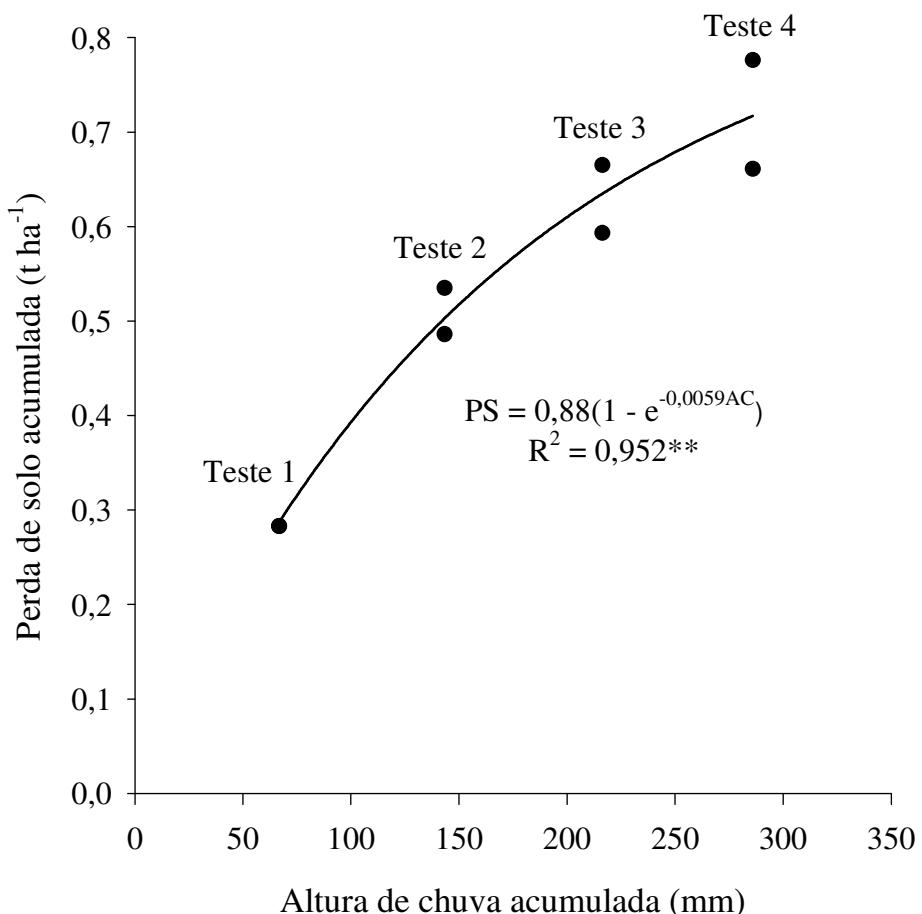


Figura 7 - Relação da perda de solo acumulada com a altura de chuva simulada acumulada do teste 1 ao teste 4 em um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC (duas repetições e média de seis tratamentos).

A perda de solo acumulada relacionou-se potencialmente também com a erosividade das chuvas simuladas aplicadas acumuladas no decorrer dos testes 1 a 4 (Figura 8), do mesmo modo como para o volume de chuva. A erosividade é uma função das características físicas da chuva, especialmente de sua intensidade e quantidade, as quais determinam à energia cinética total da chuva (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Como as chuvas simuladas aplicadas tiveram intensidade constante ao longo de sua duração, à influência da erosividade (Tabela 3) e do volume (Tabela 9) das chuvas sobre as perdas de solo teve o mesmo tipo de comportamento.

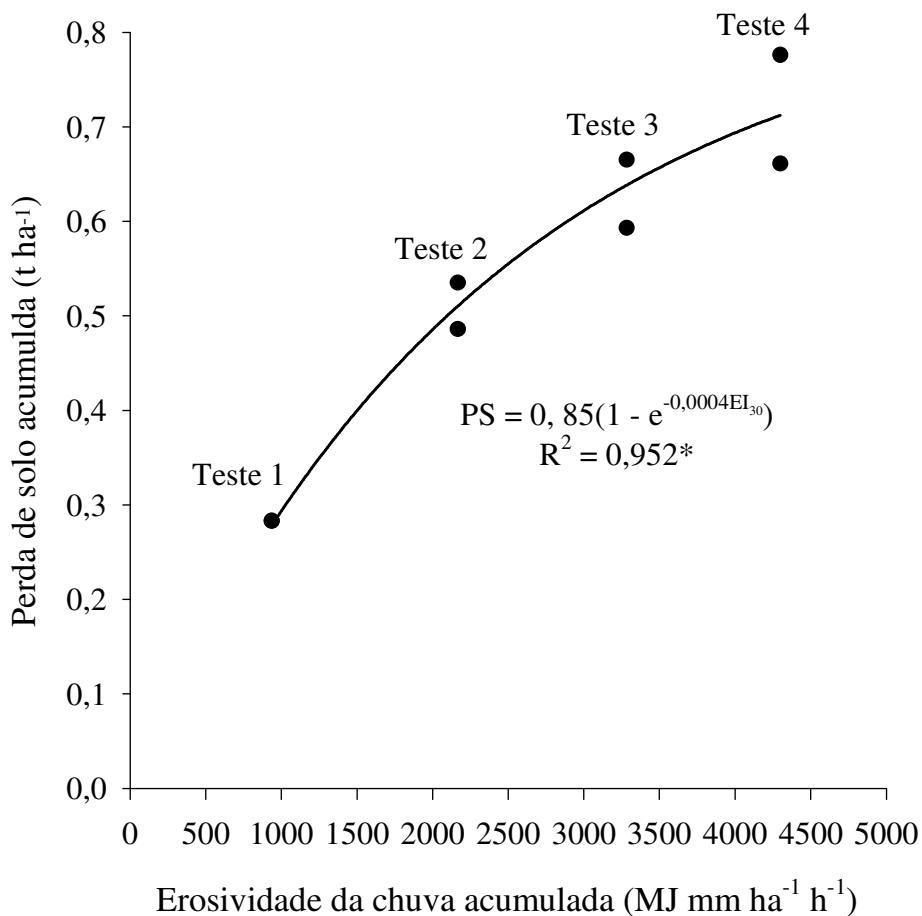


Figura 8 - Relação da perda de solo acumulada com a erosividade da chuva simulada acumulada (EI_{30}) do teste 1 ao teste 4 em um Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages, SC (duas repetições e média de seis tratamentos).

As perdas totais de solo transformadas para perdas anuais de solo ficaram a baixo do nível de tolerância ($8,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ BERTOL & ALMEIDA, 2000) para o Cambissolo Húmico alumínico léptico, em todos os tratamentos. Este resultado é compatível com condição da área, pois a área antes da implantação das culturas que era campo natural. Assim, os resíduos culturais incorporados ao solo preservaram boas condições estruturais na camada arável, as quais mantiveram níveis altos de infiltração de água no solo, ocasionando menor volume de escoamento superficial. Além disso, as perdas computadas na área foram apenas dos cinco testes de chuva, não sendo computadas as precipitações naturais ocorridas durante o ciclo das culturas.

5 CONCLUSÕES

- 1) A semeadura em contorno reduziu as perdas de solo em 43% em relação à semeadura na direção da pendente; a semeadura em contorno reduziu as perdas água em 27% em relação à altura de chuva, enquanto a semeadura na direção da pendente reduziu as referidas perdas em 15%.
- 2) A semeadura em contorno foi mais eficiente do que a pendente na redução das perdas de solo na cultura da aveia do que na ervilhaca; em relação às perdas de água, a maior eficiência do contorno foi verificada na cultura da ervilhaca.
- 3) As perdas de solo diminuíram ao longo do ciclo das culturas de aveia e ervilhaca; as perdas de água não mostraram comportamento definido em relação ao ciclo das culturas estudadas.
- 4) A semeadura na direção da pendente apresentou menor tempo para início da enxurrada e maior pico de enxurrada do que as demais formas de semeadura.
- 5) O volume de enxurrada observada diminuiu exponencialmente com o aumento do índice de resistência do solo ao escoamento.

REFERÊNCIAS

ADAMS, J. E.; ARKIN, G. F. A light interception method for measuring row crop ground cover. **Soil Science Society for America Journal**. v. 41, 789-792, 1977.

ALBERTS, E. E.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. Soil aggregates and primary particles transported in rill and interril-flow. **Soil Science Society for America Journal**, Madison, v. 44, n. 3, 590-595, 1980.

ALVES, A.G.C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Relação da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, 127-132, 1995.

AMADO, T.J.C.; ALMEIDA, E. X.; AGNOL, I.D.; MATOS, A.T. **Determinação da cobertura do solo por adubos verdes**. EMPASC, nº 78, 1987. 6p.

AMADO, T. J. C. **Relações da erosão hídrica do solo com níveis e formas de manejo do resíduo cultural de soja (Glycine Max (L.) Merr.), em condições de chuva simulada**. Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre (RS), 1985, 104p. (Dissertação de Mestrado).

BALDISSERA, I.T. **Condições físicas de um solo Terra Roxa Estruturada Distrófica na Encosta Basáltica do Rio Grande do Sul sob diferentes manejos**. Porto Alegre (RS), UFRGS, 1985. 89 p. (Dissertação de Mestrado).

BERTOL, I. **Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e presença de cobertura vegetal por resíduo cultural de trigo**. Porto Alegre (RS), UFRGS, 1986. 158 p. (Dissertação de Mestrado).

BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura por resíduo cultural de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, 187-192, 1987.

BERTOL, I. **Comprimento crítico de declive para preparamos conservacionistas de solo.** Porto Alegre (RS), UFRGS, 1995. 185p. (Tese de Doutorado)

BERTOL, I.; COGO, N. P.; MIQUELLUTI, D. J. Sedimentos transportados pela enxurrada relacionados à cobertura e rugosidade superficial do solo e taxa de descarga. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 3, n. 2, 199 – 206, 1997a.

BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparamos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, 409-418, 1997b.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, 657- 668, 2000.

BERTOL, I. et al. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, 455-464, 2002.

BERTOL, I. et al. Parâmetros relacionados com a erosão hídrica sob taxa constante da enxurrada, em diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, 715-722, 2006.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**, 5. Ed. São Paulo: Ícone, 2005, 390p.

BERTONI, J. et al. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo do Instituto Agronômico**. Campinas: Instituto Agronômico, 1972, 56 p. (Circular, 20).

BEZERRA, S.A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, 565-573, 2006.

BURWELL, R. E.; ALLMARAS, R. R.; SLONEKER, L. L. Structural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, 21:61-63, 1966.

CASTRO, L. G.; COGO, N. P.; VOLK, L. B. S.. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, 339-352, 2006.

COGO, N. P. 1981. **Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters.** West Lafayette, Indiana, USA, 1981. Purdue University, 346p. Thesis (Ph. D. - Soil Science).

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. 2003. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.5, 743-753, 2003 .

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – CFC/RS-SC.. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passo Fundo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004, 400p.

CRUZ, E. S. **Influência do preparo do solo e das plantas de cobertura na erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo.** 58p. 2006. (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. (Dissertação de Mestrado).

DECHEN, S. L. F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO. O. M.. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Piracicaba, v. 5, n.1, 133- 137, 1981.

DENARDIN, E.J. **Manejo de enxurrada em sistema plantio direto.** Porto Alegre: Fórum Estadual de Solo e Água. 2005. 88p.

ENGEL, F. L. **Erosão hídrica em diferentes estágios de crescimento da cultura da soja, em diferentes métodos de preparo do solo.** Lages, SC, UDESC, 88 p. 2005. (Dissertação de mestrado).

ELLISON, W.D. Soil erosion studies. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, 28:145-147, 197-201, 245-248, 297-300, 349-351, 402-405, 442-444, 1947.

ELLISON, W. D.; SLATER, C. S.. Factor that affect surface sealing and infiltration of exposed soil surfaces. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 26, n. 4, 156-157, 162, 1945.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.

Recomendações gerais do encontro sobre uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1975. Londrina. **Resumos.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p. 107-120. 1975.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília: Serviço de produção e informação (SPI/EMBRAPA), 1999.

FORSYTHE, W. Física de Suelos: Manual de Laboratório. San José, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1975. 209p.

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: Hydrological Modeling of small Watersheds. **American Society of Agricultural Engineering**, St. Joseph, 1982. Chapter 8, p. 297 – 300, 1982.

HUDSON, N. W.. Soil Conservation. 2nd ed. Ithaca, Cornell University Press.324p. 1981.

INÁCIO. E. S. B. et al. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.11, n. 4: 355-360, 2007.

LEITE, D. et al. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, 1033-1044, 2004.

LEITE, D. Erosão hídrica sob chuva simulada em um NITOSSOLO HÁPLICO submetido a diferentes manejos. Lages, SC, UDESC, 88 p. 2003. (Dissertação de mestrado).

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, 73-80, 1990.

MANNERING, J. V.; MEYER, L. D. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. **Soil Science Society for America Journal.**, Madison, 27: 84-86, 1962.

MELLO, E.L. Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo sob chuva simulada. Lages, SC, UDESC, 2002, 88 p. (Dissertação de mestrado).

MELLO, E. L. et al. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico submetido à chuva simulada (no prelo). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v. 2, n. 27, 901-909, 2003.

MEYER, L. D.; FOSTER, G. R.; NIKOLOW, S. Effect of flow rate and canopy on rill erosion. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 18, n. 5, p. 905-911, 1975.

MEYER, L.D. An investigation of methods for simulating rainfall na standard runoff plots and a study of the drop size, velocity, and cinetic energy of selected spray nozzles. **USDA-ARS-SWCRD-ESWMRB** and Purdue University West Lafayette, 1958. IN.43p. (Special Report nº 81)

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. Viçosa. 2003,175 p.

RENARD, K. J. et al. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the resised universal soil loss equation (RUSLE)**. Washington: USDA (Agricultural Handbook), 1997.

SILVA, I. de F. et al. Efeito de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas no controle de erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, 289-292, 1986.

STALLINGS, J. H. **Soil conservation**, New York, N. Y., Prentice-Hall, 1957, 575p.

SWANSON, N.P. **Suggestions for use rotating-boom field plot rainfall simulator to obtain data for application of the soil loss equation**. Entre-Rios, FAO, 1975. 65p. (Report of FAO Consultant).

SWANSON, N.P.; DEDRICK, A.R.; WEAKLY, H. E. Soil particles and aggregates transported in runoff from simulated rainfall. **Transactions of the ASAE**, 1965, 437- 440 p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions American Geophys Unon**, n. 2, 285-291, 1958.

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. **Soil Science Society for America Journal.**, Madison, v. 23, p. 246-249, 1959.

WISCHMEIER, W H.; MANNERING, J. V. Relation of soil properties to it erodibility. **Soil Science Society for America Journal.**, Madison, v.33, p. 131-137, 1969.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**, a guide to conservation planning. Washington, USDA. 1978, 58p. (Agricultural Handbook, 537).

APÊNDICES

APÊNDICE A -Cobertura do solo pela copa das plantas antes dos testes 1,2,3 e 4 e cobertura do solo pelos resíduos culturais antes do teste 5 de chuva simulada, e produção de matéria seca (MS) da parte aérea pelas culturas durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum.....	55
APÊNDICE B -Intensidade (mm h^{-1}) e altura (mm) das chuvas simuladas aplicadas nos cinco testes de chuva com duração de uma hora, durante os cultivos da aveia preta e ervilhaca comum.....	56
APÊNDICE C -Erosividade (EI_{30}) das chuvas simuladas aplicadas nos cinco testes de chuva, durante o cultivo da aveia preta e ervilhaca comum.....	57
APÊNDICE D -Teor de água no solo antecedente aos testes de chuva simulada, em duas profundidades, nos diferentes tratamentos durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca.....	58
APÊNDICE E -Tempo para o início da enxurrada, em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum.....	59
APÊNDICE F -Volume da enxurrada observado, em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, durante os cultivos da aveia preta e ervilhaca comum.....	60
APÊNDICE G -Altura da enxurrada observada, em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, durante os cultivos da aveia preta e ervilhaca comum.....	61
APÊNDICE H -Concentração média de sedimentos na enxurrada em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum.....	62

APÊNDICE I - Perda total de solo ajustada para intensidade da chuva de 64 mm h⁻¹ e declividade média das parcelas de 0,119 m m⁻¹, em função de diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum.....	63
--	----

APÊNDICE A

Cobertura do solo pela copa das plantas antes dos testes 1,2,3 e 4 e cobertura do solo pelos resíduos culturais antes do teste 5 de chuva simulada, e produção de matéria seca (MS) da parte aérea pelas culturas durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum

Parcela	Copa das plantas					Resíduos	MS $t ha^{-1}$
	Teste 1	Teste2	Teste3	Teste4	Teste5		
$m^2 m^{-2}$							
P1	0,31	0,73	0,89	0,95	1,00		7,30
P2	0,29	0,75	0,89	0,95	1,00		7,02
P3	0,33	0,77	0,91	0,95	1,00		6,06
P4	0,29	0,77	0,91	0,95	1,00		3,71
P5	0,30	0,75	0,91	0,95	1,00		6,87
P6	0,28	0,80	0,91	0,95	1,00		11,06
P7	0,23	0,53	1,00	1,00	1,00		2,39
P8	0,23	0,53	1,00	1,00	1,00		5,33
P9	0,26	0,46	1,00	1,00	1,00		4,35
P10	0,22	0,52	1,00	1,00	1,00		6,14
P11	0,29	0,62	1,00	1,00	1,00		3,76
P12	0,21	0,51	1,00	1,00	1,00		6,60

P1 e P2 (AP: aveia pendente); P3 e P4 (AL: aveia lança); P5 e P6 (AC: aveia contorno);
P7 e P8 (EC: ervilhaca contorno); P9 e P10 (EL: ervilhaca lança) e P11 e P12 (EP: ervilhaca pendente)

APÉNDICE B

Intensidade (mm h^{-1}) e altura (mm) das chuvas simuladas aplicadas nos cinco testes de chuva com duração de uma hora, durante os cultivos da aveia preta e ervilhaca comum

Parcela	Teste 1	Teste2	Teste3	Teste4	Teste5	Média
	mm h^{-1}					
P1	63	67	63	63	68	65
P2	63	67	63	63	68	65
P3	69	68	70	66	72	69
P4	69	68	70	66	72	69
P5	58	77	70	66	67	68
P6	58	77	70	66	67	68
P7	76	84	79	76	81	79
P8	76	84	79	76	81	79
P9	68	87	80	75	81	78
P10	68	87	80	75	81	78
P11	67	76	76	72	78	74
P12	67	76	76	72	78	74

P1 e P2 (AP: aveia pendente); P3 e P4 (AL: aveia lanço); P5 e P6 (AC: aveia contorno); P7 e P8 (EC: ervilhaca contorno); P9 e P10 (EL: ervilhaca lanço) e P11 e P12 (EP: ervilhaca pendente)

APÊNDICE C

Erosividade (EI₃₀) das chuvas simuladas aplicadas nos cinco testes de chuva, durante o cultivo da aveia preta e ervilhaca comum

Parcela	T1	T2	T3	T4	T5	Total
.....MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹						
P1	827	935	827	827	963	4378
P2	827	935	827	827	963	4378
P3	992	963	1021	907	1080	4963
P4	992	963	1021	907	1080	4963
P5	701	1235	1021	907	935	4799
P6	701	1235	1021	907	935	4799
P7	1203	1470	1300	1203	1367	6543
P8	1203	1470	1300	1203	1367	6543
P9	963	1577	1333	1172	1367	6411
P10	963	1577	1333	1172	1367	6411
P11	935	1203	1203	1080	1267	5688
P12	935	1203	1203	1080	1267	5688
Média	937	1230	1117	1016	1163	

P1 e P2 (AP: aveia pendente); P3 e P4 (AL: aveia lanço); P5 e P6 (AC: aveia contorno);
P7 e P8 (EC: ervilhaca contorno); P9 e P10 (EL: ervilhaca lanço) e P11 e P12 (EP: ervilhaca pendente)

APÊNDICE D

Teor de água no solo antecedente aos testes de chuva simulada, em duas profundidades, nos diferentes tratamentos durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca

Parcela	Profundidade mg g ⁻¹				
		Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5
P1	0 a 0,1	0,34	0,33	0,32	0,32	0,34
	0,1 a 0,2	0,33	0,32	0,30	0,33	0,36
P2	0 a 0,1	0,29	0,29	0,34	0,32	0,34
	0,1 a 0,2	0,31	0,37	0,33	0,30	0,34
P3	0 a 0,1	0,26	0,28	0,31	0,33	0,29
	0,1 a 0,2	0,29	0,29	0,29	0,32	0,31
P4	0 a 0,1	0,27	0,28	0,37	0,30	0,33
	0,1 a 0,2	0,32	0,28	0,29	0,28	0,29
P5	0 a 0,1	0,33	0,33	0,34	0,36	0,32
	0,1 a 0,2	0,31	0,30	0,32	0,45	0,36
P6	0 a 0,1	0,27	0,31	0,31	0,35	0,33
	0,1 a 0,2	0,30	0,31	0,29	0,32	0,35
P7	0 a 0,1	0,33	0,33	0,30	0,37	0,35
	0,1 a 0,2	0,34	0,36	0,30	0,39	0,38
P8	0 a 0,1	0,34	0,31	0,28	0,34	0,31
	0,1 a 0,2	0,37	0,35	0,29	0,35	0,33
P9	0 a 0,1	0,31	0,34	0,31	0,36	0,32
	0,1 a 0,2	0,30	0,36	0,32	0,34	0,32
P10	0 a 0,1	0,31	0,30	0,33	0,35	0,31
	0,1 a 0,2	0,31	0,35	0,32	0,34	0,34
P11	0 a 0,1	0,34	0,34	0,32	0,36	0,32
	0,1 a 0,2	0,33	0,40	0,41	0,43	0,35
P12	0 a 0,1	0,36	0,33	0,32	0,33	0,32
	0,1 a 0,2	0,36	0,33	0,33	0,33	0,33

P1 e P2 (AP: aveia pendente); P3 e P4 (AL: aveia lanço); P5 e P6 (AC: aveia contorno); P7 e P8 (EC: ervilhaca contorno); P9 e P10 (EL: ervilhaca lanço) e P11 e P12 (EP: ervilhaca pendente)

APÊNDICE E

Tempo para o início da enxurrada, em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, durante os ciclos da aveia preta e ervilhaca comum

Parcela	Teste 1	Teste2	Teste3	Teste4	Teste5
.....min.....					
P1	8	8	8	8	23
P2	8	8	8	8	29
P3	52	37	11	26	35
P4	52	33	20	32	35
P5	45	36	42	35	33
P6	47	44	44	39	35
P7	40	35	36	32	32
P8	40	35	40	38	36
P9	41	26	32	41	48
P10	39	26	44	38	40
P11	8	8	13	16	27
P12	8	8	15	12	23

P1 e P2 (AP: aveia pendente); P3 e P4 (AL: aveia lanço); P5 e P6 (AC: aveia contorno); P7 e P8 (EC: ervilhaca contorno); P9 e P10 (EL: ervilhaca lanço) e P11 e P12 (EP: ervilhaca pendente)

APÊNDICE F

Volume da enxurrada observado, em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, durante os cultivos da aveia preta e ervilhaca comum

Parcela	Teste 1	Teste2	Teste3	Teste4	Teste5
.....% da chuva aplicada.....					
P1	22	36	20	28	43
P2	22	31	11	28	40
P3	4	19	9	19	25
P4	1	7	3	10	20
P5	23	32	20	32	36
P6	7	7	1	18	31
P7	12	16	13	17	20
P8	6	11	5	16	10
P9	6	7	1	6	3
P10	7	26	8	16	14
P11	13	10	1	36	6
P12	32	34	21	6	40

P1 e P2 (AP: aveia pendente); P3 e P4 (AL: aveia lança); P5 e P6 (AC: aveia contorno); P7 e P8 (EC: ervilhaca contorno); P9 e P10 (EL: ervilhaca lança) e P11 e P12 (EP: ervilhaca pendente)

APÊNDICE G

Altura da enxurrada observada, em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, durante os cultivos da aveia preta e ervilhaca comum

Parcela	Teste 1	Teste2	Teste3	Teste4	Teste5
.....mm da chuva aplicada.....					
P1	14	24	13	18	29
P2	14	21	7	18	27
P3	3	13	6	13	18
P4	1	5	2	7	15
P5	13	24	14	21	24
P6	4	5	1	12	21
P7	9	13	10	13	16
P8	5	9	4	12	8
P9	4	6	1	4	2
P10	4	23	6	12	12
P11	9	7	1	26	4
P12	21	26	16	4	31

P1 e P2 (AP: aveia pendente); P3 e P4 (AL: aveia lanço); P5 e P6 (AC: aveia contorno); P7 e P8 (EC: ervilhaca contorno); P9 e P10 (EL: ervilhaca lanço) e P11 e P12 (EP: ervilhaca pendente)

APÊNDICE H

Concentração média de sedimentos na enxurrada em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum

Parcela	Teste 1	Teste2	Teste3	Teste4	Teste5
.....g L ⁻¹					
P1	2,71	0,74	0,55	0,32	0,48
P2	1,52	0,61	0,91	0,43	0,27
P3	1,60	0,59	0,84	0,50	0,70
P4	3,50	1,75	0,95	0,17	0,15
P5	1,12	0,63	0,28	0,07	0,10
P6	0,63	1,37	2,02	0,09	0,09
P7	1,06	0,59	0,24	0,39	0,41
P8	2,80	1,84	2,89	2,16	3,96
P9	3,32	3,87	0,91	0,57	1,49
P10	3,93	5,94	7,49	3,30	3,98
P11	3,10	3,57	3,21	0,66	1,10
P12	1,96	3,90	3,36	0,92	0,90

P1 e P2 (AP: aveia pendente); P3 e P4 (AL: aveia lanço); P5 e P6 (AC: aveia contorno); P7 e P8 (EC: ervilhaca contorno); P9 e P10 (EL: ervilhaca lanço) e P11 e P12 (EP: ervilhaca pendente)

APÊNDICE I

Perda total de solo ajustada para intensidade da chuva de 64 mm h⁻¹ e declividade média das parcelas de 0,119 m m⁻¹, em função de diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, durante o ciclo da aveia preta e ervilhaca comum

Parcela	Teste 1	Teste2	Teste3	Teste4	Teste5
.....t ha ⁻¹					
P1	0,348	0,137	0,053	0,035	0,105
P2	0,234	0,121	0,043	0,058	0,060
P3	0,163	0,135	0,037	0,066	0,125
P4	0,216	0,227	0,025	0,014	0,035
P5	0,284	0,217	0,096	0,043	0,062
P6	0,160	0,070	0,034	0,030	0,052
P7	0,150	0,072	0,046	0,038	0,051
P8	0,283	0,236	0,135	0,115	0,146
P9	0,438	0,280	0,156	0,064	0,195
P10	0,423	0,326	0,222	0,292	0,232
P11	0,317	0,373	0,257	0,161	0,180
P12	0,364	0,551	0,320	0,156	0,178

P1 e P2 (AP: aveia pendente); P3 e P4 (AL: aveia lança); P5 e P6 (AC: aveia contorno); P7 e P8 (EC: ervilhaca contorno); P9 e P10 (EL: ervilhaca lança) e P11 e P12 (EP: ervilhaca pendente)

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Luciano, Rodrigo Vieira

Erosão hídrica em três formas de semeadura de aveia e
ervilhaca em um Cambissolo Húmico / Rodrigo Vieira
Luciano – Lages, 2008.

63 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UDESC.

1. Solos – Erosão. 2. Aveia - Semeadura. 3. Ervilhaca -
Semeadura. 4. Sedimentos em suspensão. I. Título.

CDD – 631.45

