

**ANDRÉ JULIO DO AMARAL**

**FATOR COBERTURA E MANEJO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE  
PERDA DE SOLO PARA SOJA E TRIGO EM UM CAMBISSOLO  
HÚMICO ALUMÍNICO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE  
MANEJO**

**LAGES, SC, BRASIL, FEVEREIRO**

**2006**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS CAV**  
**DEPARTAMENTO DE SOLOS**

**ANDRÉ JULIO DO AMARAL**  
**(Engenheiro Agrônomo CAV/UDESC)**

**FATOR COBERTURA E MANEJO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE  
PERDA DE SOLO PARA SOJA E TRIGO EM UM CAMBISSOLO  
HÚMICO ALUMÍNICO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE  
MANEJO**

Dissertação apresentada como requisito  
parcial para obtenção do grau de Mestre em  
Ciência do Solo

**Orientador:** Dr. Ildegardis Bertol

**LAGES, SC, BRASIL, FEVEREIRO**

**2006**

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Ildgardis Bertol, pela orientação segura, confiança e amizade, sempre constantes.

Ao professor Jaime Antônio de Almeida, pela dedicada atenção.

Aos demais professores do Curso de Mestrado em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias-UDESC, pelo convívio e ensinamentos.

Ao Centro de Ciências Agroveterinárias-UDESC, por tornar possível a realização deste curso e aos funcionários pelo auxílio na condução do experimento no campo.

A CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

Aos bolsistas de iniciação científica, Fabrício Tondello Barbosa, Leonardo Brignoni, Sidnei Roberto Ritter, Eduardo Zavaski e Rafael Pegoraro, da área de conservação do solo, pelo apoio nas atividades de campo e laboratório.

Aos colegas de curso, em especial, à Antônio Lunardi Netto, Ana Elisa Velho, Cláudio Pereira de Jesus, Priscila Stocco e Wilson Zoldan Júnior, pela convivência e amizade.

Em especial, aos meus pais, José Zancheta do Amaral (In memoriam) e Maria Amaral, pelo exemplo de caráter, dedicação e amor sempre constantes.

Aos meus irmãos, Alceu, Áureo, Anilton, Rita, Antônio, Alcélcio, Rosane, Roseneia, Luciane e a todos os meus familiares, pelo incentivo e apoio permanentes.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho

## RESUMO

O fator cobertura e manejo do solo (fator C da Equação Universal de Perda de Solo-EUPS) é um dos mais importantes na redução das perdas de solo por erosão hídrica. Com objetivo de avaliar as razões de perda de solo (RPS) e o fator C, conduziu-se um experimento sob chuva natural em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, com declividade média de  $0,102 \text{ m m}^{-1}$ , em Lages, SC, no período de novembro de 2002 a outubro de 2005, compreendendo seis ciclos culturais. Os parâmetros foram avaliados em cinco estádios, com base na cobertura do solo pelo dossel das plantas. Foram estudados três sistemas de manejo do solo: aração + duas gradagens (PC), escarificação + uma gradagem (CM) e semeadura direta (SD), submetidos a sucessão soja (*Glycine max*) e trigo (*Triticum aestivum L.*), além de um tratamento adicional, com aração + duas gradagens sem culturas (SC). As RPS e os fatores C, variaram quanto aos ciclos, estádios das culturas e sistemas de manejo do solo. A SD reduziu as RPS, em 85% e 48% em relação ao PC e CM, respectivamente, durante os cultivos de soja e em 60% e 55% nos cultivos de trigo. Na média dos três anos de estudo, os valores do fator C, foram de 0,073 (PC), 0,016 (CM) e 0,007 (SD)  $\text{Mg ha Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  durante os cultivos de soja e 0,126 (PC), 0,083 (CM) e 0,035 (SD)  $\text{Mg ha Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  durante os cultivos de trigo. Para a sucessão de culturas soja-trigo, os valores do fator C foram de 0,198, 0,099 e 0,042  $\text{Mg ha Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , para PC, CM e SD, respectivamente.

**PALAVRAS CHAVE:** Erosão hídrica. Fator C da USLE. Razão de perda de solo.

Erosividade da chuva.

## ABSTRACT

The cover and management of the soil (C factor) is considered the more important factor for reduction the soil losses by water erosion, in the Universal Soil Loss Equation (USLE) model. With objective of evaluate the soil losses ratio(SLR) and soil cover and management factor, was carried out a field experiment under natural rainfall in an Inceptisol with 0,102 m m<sup>-1</sup> slope, in Lages (SC – Brazil), from November 2002 to October 2005, consisting of six crop cycles. The parameters were evaluated in five stages, with base in soil cover by plants canopy. Were studied three soil management systems and two crops. Management systems were conventional tillage, with plowing and disking (PD), chiseling plus disking (CD) and no-tillage (NT), cultivated in sucession with soybean (*Glycine max*) and wheat (*Triticum aestivum* L.), compared to a check plot without crop (WT). The SLR and C factor varied among soil management systems and between crop cycles, and indicating a strong effect of the soil management and rainfall over those variables. The NT, during soybean cycle reduced the SLR in 85% and 48% in relation a PD and CD, respectively, and in 60% and 55% in wheat cycle. In average for the three studied years, the C factor values for soybean were 0,073 (PD), 0,016 (CD) and 0,007 (NT) Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> and for wheat 0,126 (PD), 0,083 (CD) e 0,035 (NT) Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>. For the sucession soybean-wheat, the C values were 0,198, 0,099 and 0,042 Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, for PD, CD and NT, respectively.

**KEYWORDS:** Water erosion. Usle C factor . Soil loss ratio. Rainfall erosivity.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Erosão hídrica do solo .....	3
2.2. Fatores que afetam a erosão hídrica do solo .....	4
2.2.1. Clima .....	4
2.2.2. Solo .....	5
2.2.3. Topografia .....	6
2.2.4. Cobertura e manejo do solo .....	7
2.2.5. Práticas conservacionistas de suporte .....	8
2.3. Perdas de solo e água por erosão hídrica .....	9
2.3.1. Considerações gerais .....	9
2.3.2. Influência do preparo do solo na erosão hídrica .....	9
2.3.3. Influência da cobertura do solo pelos resíduos culturais na erosão hídrica	12
2.4. Fator cobertura e manejo do solo (fator C da EUPS) .....	13
2.4.1. Influência da cobertura pelo dossel das plantas no fator C .....	14
2.4.2. Influência da cobertura do solo pelos resíduos culturais no fator C. ....	15
2.4.3. Influência do preparo do solo no fator C .....	16
2.4.4. Influência da erosividade das chuvas no fator C ....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	19

3.1. Localização do experimento e descrição do solo .....	19
3.2. Histórico da área experimental e tratamentos.....	20
3.3. Esquema operacional para o cultivo do solo .....	23
3.4. Unidade experimental .....	26
3.5. Sistema coletor de enxurrada .....	27
3.6. Amostragens e determinações .....	28
3.6.1. Amostragem da enxurrada e determinação da concentração de sedimentos .....	28
3.6.2. Determinação da cobertura do solo pelos resíduos culturais .....	29
3.6.3. Determinação da cobertura do solo pelo dossel e altura das plantas .....	29
3.6.4. Cálculo da erosividade .....	31
3.6.5. Determinação da Razão de Perda de Solo (RPS) .....	32
3.6.6. Determinação da Fração da erosividade (FEI <sub>30</sub> ) .....	33
3.6.7. Determinação do Fator C - cobertura e manejo do solo .....	33
3.7. Ajuste de resultados .....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Duração dos estádios das plantas de soja e trigo .....	35
4.2. Cobertura do solo pelo dossel e altura das plantas .....	37
4.3. Cobertura do solo pelos resíduos culturais .....	40
4.4. Número e volume de chuvas erosivas e não erosivas .....	42
4.5. Erosividade das chuvas .....	50
4.6. Perdas de água e solo por erosão hídrica .....	56
4.6.1. Perdas de água .....	56
4.6.2. Perdas de solo .....	61
4.7. Razões de perdas de solo .....	66
4.8. Fator cobertura e manejo do solo .....	69
5. CONCLUSÕES .....	73
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
7. ANEXOS .....	85

## LISTA DE TABELAS

	Página
1. Propriedades físicas e químicas do Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages(SC), referentes ao perfil no local do experimento . . . . .	20
2. Duração dos estádios dos cultivos de soja e trigo, com base na cobertura do solo pelo dossel das plantas, em um Cambissolo Húmico alumínico, submetido a diferentes sistemas de manejo do solo . . . . .	36
3. Cobertura do solo pelo dossel das plantas, durante os cultivos de soja e trigo, em intervalos de 15 dias, em um Cambissolo Húmico alumínico, submetido a diferentes sistemas de preparo do solo . . . . .	38
4. Altura das plantas, durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo . . . . .	39
5. Cobertura do solo pelos resíduos culturais em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, em intervalos de 15 dias, em um Cambissolo Húmico alumínico, submetido a diferentes sistemas de manejo do solo . . . . .	41
6. Número e volume de chuvas erosivas e não erosivas em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, para o preparo convencional, no Cambissolo Húmico alumínico . . . . .	44
7. Número e volume de chuvas erosivas e não erosivas em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, para o cultivo mínimo, no Cambissolo Húmico alumínico . . . . .	46
8. Número e volume de chuvas erosivas e não erosivas, em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, para a semeadura direta, no Cambissolo Húmico alumínico . . . . .	47
9. Erosividade ( $EI_{30}$ ) das chuvas em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico, submetido a diferentes sistemas de manejo . . . . .	53



10.	Fração do índice de erosividade ( $FEI_{30}$ ), em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, submetido a diferentes sistemas de manejo .....	54
11.	Perdas de água por erosão hídrica, em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, submetido a diferentes sistemas de manejo .....	58
12.	Perdas de água por erosão hídrica, no solo sem cultivo (SSC), em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, submetido a diferentes sistemas de manejo .....	60
13.	Perdas de solo por erosão hídrica, em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, submetido a diferentes sistemas de manejo .....	63
14.	Perdas de solo por erosão hídrica, no solo sem cultivo (SSC) em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, submetido a diferentes sistemas de manejo .....	64
15.	Razões de perdas de solo (RPS) em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico, submetido a diferentes sistemas de manejo do solo .....	67
16.	Fator cobertura e manejo (Fator C) em cada estágio, durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico, submetido a diferentes sistemas de manejo do solo .....	71

## LISTA DE FIGURAS

1.	Unidade experimental, referente à parcela padrão da EUPS, logo após o preparo do solo e a ocorrência de um evento de chuva erosiva . . . . .	26
2.	Unidade experimental, sob semeadura direta, demonstrando o sistema coletor de enxurrada (a), tanques coletores conectados pelo divisor de enxurrada, tipo “Geib” (b) . . . . .	27
3.	Distribuição do volume de chuvas erosivas, em cada sistema de manejo e estágio, durante os cultivos de soja (a) e de trigo (b) (média dos cultivos) . . . .	48
4.	Distribuição da erosividade das chuvas (índice EI <sub>30</sub> ), em cada estágio e sistema de manejo do solo, durante os cultivos de soja (a) e de trigo (b) (média dos cultivos) .	55

## ANEXOS

1.	Produção de massa seca de resíduos, pela parte aérea das culturas de soja e trigo, durante o período experimental . . . . .	85
2.	Chuvas erosivas e não erosivas ocorridas em Lages(SC), durante o período experimental . . . . .	86
3.	Perdas de água por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico alumínico, durante os cultivos nos sistemas de manejo do solo . . . . .	90
4.	Perdas de solo por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico alumínico, durante os cultivos nos sistemas de manejo do solo . . . . .	93

## 1. INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um problema global que degrada os recursos naturais solo e água e compromete a capacidade produtiva dos solos e a qualidade das águas superficiais.

Relatos históricos em tempos remotos indicam que a erosão foi uma das causas da decadência de várias civilizações, em função da redução da fertilidade dos solos e conseqüente diminuição da sua capacidade para produzir alimentos. Atualmente, a erosão hídrica ainda é apontada como a principal causa de degradação dos solos e por isso desperta interesse da comunidade científica, de técnicos e de agricultores que buscam principalmente conhecer sistemas de manejo do solo mais adequados, visando a conservação dos recursos naturais solo e água e a manutenção de níveis adequados de produtividade das culturas.

Diante da importância do fenômeno da erosão hídrica, modelos de predição das perdas de solo foram desenvolvidos, desde a equação inicial desenvolvida por Zingg (1940), até modelos mais completos. Um dos modelos mais importantes e amplamente utilizado no mundo é a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), a qual contempla o

universo de fatores que afetam à erosão hídrica, tais como chuva, solo, topografia, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte. Dentre estes fatores, a cobertura e manejo do solo, é considerado o mais importante, do ponto de vista técnico, pois, por meio dele, pode-se reduzir quase completamente a erosão hídrica. Assim, técnicos e agricultores podem atuar de forma direta, reduzindo ou intensificando o fenômeno de erosão hídrica do solo.

A obtenção do fator cobertura e manejo do solo é de grande complexidade, devido às muitas condições de superfície e subsuperfície do solo, criadas pelo seu manejo, as quais afetam a erosão hídrica. A distribuição da erosividade das chuvas ao longo do tempo, alterações no preparo do solo, sistemas de cultivo e cobertura do solo diferentes, são alguns dos mais importantes fatores que afetam diretamente o fator cobertura e manejo do solo. O conhecimento deste fator torna-se, portanto, fundamental para a composição do modelo EUPS de predição da erosão hídrica e, conseqüentemente, importante para o planejamento de uso do solo em base conservacionista. No Brasil, a literatura sobre este assunto é ainda muito escassa, portanto, pesquisas são necessárias e devem ser conduzidas nos mais diferentes locais, devido às variações existentes em função da localização geográfica que afetam principalmente a chuva, o solo e a topografia.

O objetivo deste trabalho foi determinar as razões de perda de solo e os fatores cobertura e manejo do solo, em seis ciclos culturais, para a sucessão de culturas soja (*Glycine max L.*) e trigo (*Triticum aestivum L.*), em um Cambissolo Húmico aluminico léptico submetido à diferentes sistemas de manejo do solo.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Erosão hídrica do solo**

A erosão hídrica é um fenômeno causado pela ação da água da chuva sobre o solo que ocorre em três fases, desagregação, transporte e deposição, as quais se desenvolvem concomitantemente e, por isso, muitas vezes não são bem distintas uma das outras (Ellison, 1947). A desagregação ocorre principalmente pela ação da energia cinética das gotas de chuva sobre a superfície do solo, e também, em menor grau, pela ação cisalhante da enxurrada, separando partículas e agregados da massa de solo. O transporte consiste na remoção das partículas desagregadas para fora de seu local de origem, ocasionado principalmente pelo escoamento superficial da água e, também, pelo salpicamento provocado pelo impacto das gotas de chuva sobre o solo. A deposição, representa o fim do transporte e se caracteriza pelo acúmulo de sedimentos em algum local sobre a superfície do solo, com as partículas maiores e mais densas sendo depositadas primeiro ao longo do

declive. A deposição ocorre quando a carga de sedimentos é maior do que a capacidade de transporte do fluxo (Ellison, 1947; Foster & Meyer, 1972; Meyer et al., 1976; Foster, 1982).

A importância relativa das fases do processo erosivo depende se elas estão ocorrendo nas áreas entressulcos ou nos sulcos. Na erosão em entressulcos, a desagregação das partículas de solo se dá pelo impacto das gotas de chuva e seu posterior transporte para os sulcos. Neste caso o transporte se dá pela ação combinada do salpicamento ocasionado pelo impacto das gotas de chuva e do escoamento laminar da água. Na erosão em sulcos, tanto a desagregação quanto o transporte são ocasionados pelo escoamento da água nos sulcos (Meyer et al., 1975; Alberts et al., 1980; Foster, 1982).

## 2.2. Fatores que afetam a erosão hídrica

O estudo dos fatores que afetam a erosão hídrica (clima, solo, topografia, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte), pode ser efetuado utilizando a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) (Wischmeier & Smith, 1978), a qual facilita a verificação da importância relativa de cada um dos referidos fatores na erosão hídrica.

### 2.2.1. Clima

Entre os componentes do clima, a chuva é o de maior importância na erosão hídrica, já que ela, associada a enxurrada dela ocasionada, é o principal agente de desagregação e transporte das partículas de solo. A temperatura, o vento e a umidade do ar exercem apenas ação indireta no processo erosivo.

O aquecimento global da terra pode proporcionar um aumento significativo nas taxas de erosão do solo, devido ao fato de que chuvas de alta intensidade e de grande volume podem passar a ocorrer com maior frequência (Nearing et al., 2004).

O potencial das chuvas em causar erosão é referido como erosividade (Wischmeier, 1959; Wischmeier & Smith, 1978). O  $EI_{30}$  (fator R da EUPS), é um índice de erosividade que representa o efeito do impacto das gotas de chuva e do cisalhamento da enxurrada sobre a erosão. O  $EI_{30}$ , dentre outros índices, apresenta a melhor correlação com as perdas de solo (Wischmeier & Smith, 1958; Wischmeier, 1959). Em regiões tropicais e subtropicais, cujas chuvas em geral apresentam alta intensidade e curta duração, outros índices de erosividade têm demonstrado boa correlação com as perdas de solo (Lal et al., 1980), tais como o parâmetro  $KE > 25$  proposto para a África (Hudson, 1995).

O conhecimento da erosividade da chuva e sua distribuição anual permite identificar os períodos críticos de potencial erosivo, além de permitir avaliar se as diferenças nas perdas de solo se devem às diferenças nas características das chuvas ou às diferenças nas práticas de manejo do solo (Cogo, 1988). No Brasil, os valores do fator R situam-se entre, 2.100 a 12.600  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ , variando de acordo com a localização geográfica onde foram obtidos (Bertol et al., 2002a).

### 2.2.2. Solo

O solo é o agente passivo no processo erosivo e sua susceptibilidade a erosão é representada pela erodibilidade (fator K da EUPS). A erodibilidade significa a taxa de perda de solo por unidade de erosividade. O fator K é influenciado por propriedades



intrínsecas do solo, como textura (principalmente os teores de areia e silte), teor de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade, (Wischmeier & Smith, 1978). Em regiões tropicais, outras propriedades do solo, tais como teores de Al, Fe, argila e tipo de argila, influenciam fortemente a erodibilidade (Lal & Elliot, 1994). O efeito da interação dessas propriedades na erodibilidade é extremamente complexo, afetando distintamente a capacidade de infiltração de água e a resistência do solo a desagregação e transporte (Wischmeier & Mannering, 1969). Os valores de erodibilidade podem ser baixo, moderado e alto, ou seja, 0,01; 0,03 e 0,06 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente, conforme sugerido por Foster et al. (1981). No Brasil, os valores medidos e/ou estimados de erodibilidade do solo têm-se situado na faixa de 0,002 a 0,049 Mg ha h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> (Marx et al., 1999).

### 2.2.3. Topografia

A topografia de uma paisagem é caracterizada, principalmente, pelo comprimento e grau do declive. O comprimento (fator L da EUPS) e o grau (fator S da EUPS) do declive afetam significativamente as taxas de perda de solo por erosão hídrica. Embora estes aspectos da topografia sejam avaliados separadamente no campo, eles são agrupados em um único fator (fator LS da EUPS), para estudos de erosão hídrica e aplicações práticas no campo (Wischmeier & Smith, 1978). Algumas relações entre erosão do solo, comprimento e grau do declive, podem ser feitas, resultando que a erosão é proporcional ao comprimento do declive elevado na potência de média de 0,5 e, para o grau do declive, elevado na potência média de 1,5 (Hudson, 1995). Assim, aumentos na mesma proporção no

comprimento e no grau de inclinação, resultam em incrementos maiores na erosão para a inclinação do que para o comprimento do declive, devido ao fato de que a influência da inclinação do declive sobre a velocidade e volume da enxurrada é maior do que a influência do comprimento da rampa (Wischmeier & Smith, 1978).

#### 2.2.4. Cobertura e manejo do solo

A cobertura e manejo do solo é o fator isolado mais importante na redução das perdas de solo por erosão hídrica. O efeito combinado da cobertura e manejo é computado na EUPS como fator C, que representa a relação entre a perda de solo de uma área sob determinado sistema de manejo e cobertura e a perda de solo de uma área mantida continuamente descoberta e preparada no sentido do declive. O valor do fator cobertura e manejo é o mais complexo de ser determinado, pois envolve a interação de inúmeras variáveis, sendo definido para cada local, uma vez que o mesmo depende também dos fatores R e K. As variáveis que influenciam o fator C, além dos índices dos fatores R e K, são o estágio durante o ciclo vegetativo da cultura, a cobertura do solo pelo dossel das plantas, a cobertura do solo pelos resíduos culturais, o manejo dos resíduos culturais, o tipo de preparo do solo, o tipo de rotação de culturas e o efeito residual do cultivos do uso do solo (Wischmeier & Smith, 1978).

A eficácia da cobertura do solo pelo dossel das plantas na interceptação das gotas de chuva, depende basicamente da densidade foliar da copa. A maior parte das gotas

interceptadas pela copa pode readquirir velocidade e precipitar sobre a superfície, dependendo principalmente da altura da copa. Portanto, a cobertura pelo dossel não reduz a capacidade da enxurrada em causar erosão. A cobertura em contato direto com a superfície do solo, por outro lado, é mais eficaz na redução da erosão do que a cobertura pela copa, já que a energia cinética das gotas de chuva é dissipada ao atingir o resíduo sobre a superfície, sendo reduzida, ainda, a velocidade da enxurrada e aumentada a infiltração. (Mannering & Meyer, 1962; Wischmeier & Smith, 1978; Foster, 1982; Box & Bruce, 1995). Além disso, os resíduos induzem a deposição dos sedimentos transportados pelo fluxo, devido à diminuição da velocidade da enxurrada (Gilley et al., 1987; Bertol et al., 1997b).

A utilização de resíduos culturais como cobertura do solo é uma das maneiras mais simples, eficazes e econômicas de se controlar as perdas de solo. Uma cobertura de 60% resulta na redução de 80% das perdas de solo, em relação à ausência de cobertura (Bertol et al., 1987). A eficácia dos resíduos culturais, por outro lado, depende de vários fatores, tais como, percentagem de cobertura do solo e tipo, quantidade, forma de manejo e estágio de decomposição dos resíduos (Cogo, 1981).

#### 2.2.5. Práticas conservacionistas de suporte

As práticas conservacionistas de suporte controlam a erosão por meio da redução da velocidade e da capacidade de transporte da enxurrada (Foster, 1982). Na EUPS, o fator práticas conservacionistas de suporte (fator P) se refere à relação entre as perdas de solo de

uma área sob dada prática de suporte e a perda de solo de uma área sem nenhuma destas práticas (Wischmeier & Smith, 1978). As práticas conservacionistas de suporte são o cultivo em contorno (fator Pc), cultivo em faixas com rotação de culturas (fator Ps) e terraceamento (fator Pt), as quais são mais eficazes na redução da erosão hídrica quando associadas às práticas de manejo do solo.

### 2.3. Perdas de solo e água por erosão hídrica

#### 2.3.1. Considerações gerais

As perdas de solo e água por erosão hídrica são influenciadas pelas características das chuvas, principalmente, o volume, duração e intensidade; pelas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; pela topografia, principalmente o comprimento e o grau do declive; pela cobertura e manejo do solo e pelas práticas conservacionistas de suporte.

#### 2.3.2. Influência do preparo do solo na erosão hídrica

O preparo do solo visa melhorar a estrutura, para propiciar um ambiente favorável à germinação e ao desenvolvimento das plantas; criar condições internas no solo que facilitem o movimento de água e ar; facilitar o controle de plantas invasoras para evitar a competição por água, luz e nutrientes; manejar os resíduos culturais (Raney & Zingg,

1957; Larson & Gill, 1973); e, nos solos ácidos e pobres em fósforo, como os encontrados no sul do Brasil, o preparo é utilizado para incorporar corretivos químicos. Em situações onde o preparo intenso do solo é utilizado sucessivamente, o mesmo promove a degradação do solo, pois acelera a mineralização da matéria orgânica, causa a ruptura dos agregados estruturais, pulveriza o solo na superfície e forma camadas compactadas na subsuperfície (Dalla Rosa, 1981), predispondo o solo ao selamento superficial (Duley, 1939). Além disso, promove a redução da rugosidade e da cobertura do solo (Cogo, 1981; Bertol, 1995).

O aumento do número de operações de preparo ou a utilização de grades de disco, reduz a rugosidade superficial (Cogo, 1981; Schick, 1999) e a porosidade da camada preparada (Cogo, 1981). As alterações mais visíveis na superfície do solo, decorrentes do preparo são a modificação da rugosidade superficial, em maior ou menor grau, e a modificação da cobertura do solo por resíduos vegetais (Allmaras et al., 1966; Burwell et al., 1966).

O preparo de solo convencional promove a exposição do solo à ação das gotas de chuva (Lindstrom et al., 1998), tornando-o suscetível ao selamento superficial (Duley, 1939; McIntyre, 1958). Em função disso, a rugosidade superficial que, neste preparo, é alta no início, é visivelmente reduzida pela energia das chuvas, facilitando a ação da enxurrada e propiciando altas perdas de solo e água (Burwell & Larson, 1969; Cogo, 1981; Lindstrom et al., 1998).

Os preparos de solo conservacionistas caracterizam-se, em geral, por reduzida movimentação do solo, permanência da maioria dos resíduos culturais sobre a superfície e, com exceção da semeadura direta, elevada rugosidade superficial (Cogo et al., 1984; Bertol et al., 1997a), o que torna estes sistemas de manejo mais eficazes no controle da erosão

hídrica do que os preparos convencionais (Carvalho et al., 1990; Hernani et al., 1997; Schick et al., 2000).

O preparo do solo executado com escarificador, seguido ou não de grade, geralmente denominado de cultivo mínimo, produz elevada rugosidade superficial e mantém a maioria dos resíduos culturais na superfície (Cogo et al., 1984; Bertol, 1995). Este tipo de preparo ainda facilita o ancoramento dos resíduos culturais no solo, o que aumenta a sua tensão crítica de cisalhamento, dificultando a ação cisalhante da enxurrada e reduzindo as perdas de solo e água (Cogo, 1981; Bertol et al., 1997a).

Na semeadura direta, apesar da baixa rugosidade superficial, a mesma possibilita o ancoramento dos resíduos nas soqueiras das culturas e, ainda, devido a mínima mobilização do solo, ocorre a consolidação da superfície (Dissmeyer & Foster, 1981), o que aumenta a tensão crítica do solo e, conseqüentemente, sua resistência à erosão hídrica (Bertol, 1995, Schick et al., 2000). A semeadura direta também facilita a continuidade dos poros (Lindstrom et al., 1998), reduz a taxa de mineralização da matéria orgânica (Beare et al., 1994) e aumenta a estabilidade dos agregados estruturais, em relação ao preparo convencional (Bertol et al., 2004a).

O efeito do preparo do solo sobre as perdas de água é menor do que sobre as perdas de solo. Assim, alguns estudos indicam que sistemas de manejo do solo que deixam os resíduos culturais na superfície reduzem as perdas de água (Laflen et al., 1978; Johnson & Moldenhauer, 1979), enquanto muitos outros não indicam diferenças expressivas nas perdas de água, especialmente no caso da semeadura direta (Mannering et al., 1975; Bertol et al., 1997a; Ghidry & Alberts, 1998; Schick et al., 2000). A menor influência do sistema de preparo sobre as perdas de água do que sobre as perdas de solo, pode ser explicada pelo

fato de que o solo apresenta um limite na sua capacidade de infiltração de água, a partir do qual a taxa de enxurrada tende a se igualar em diferentes sistemas de preparo e manejo (Bertol et al., 1997a).

### 2.3.3. Influência da cobertura do solo pelos resíduos culturais na erosão hídrica

Independentemente do tipo de resíduo e do método de preparo empregado, a cobertura do solo por resíduos culturais reduz expressivamente as perdas de solo (Schick, 1999). Esta cobertura reduz a erosão hídrica porque dissipa a energia cinética do impacto das gotas de chuva, reduzindo sua capacidade de desagregação. Reduz ainda a velocidade da enxurrada e aumenta a profundidade do fluxo e aumenta a capacidade de retenção de água pela superfície, promovendo a deposição dos sedimentos (Cogo et al., 1984; Bertol et al., 1997b). A eficácia da cobertura do solo na redução da erosão depende da percentagem de cobertura, forma de manejo e estágio de decomposição dos resíduos sobre o solo (Cogo, 1981; Bertol et al., 1998), forma de distribuição dos resíduos, método de preparo, rugosidade superficial, sentido do preparo em relação ao declive, comprimento da rampa e efeito da cobertura pela copa das plantas (Sloneker & Moldenhauer, 1977; Cogo, 1981; Bertol, 1995).

A manutenção de resíduos vegetais sobre o solo, mesmo em pequenas quantidades, é importantíssima na redução da erosão por salpicamento, principalmente nas áreas entressulcos. Também reduz a erosão em sulcos, pela diminuição da velocidade e

turbulência do fluxo e, conseqüentemente, redução da capacidade de desagregação e transporte.

A cobertura do solo por resíduos vegetais também afeta a distribuição de tamanho dos sedimentos transportados pela enxurrada. Geralmente, o aumento da cobertura acarreta redução no tamanho dos sedimentos presentes no fluxo. No entanto, o efeito da cobertura sobre a distribuição de tamanho dos sedimentos é menos importante em superfícies rugosas do que em superfícies mais ou menos lisas (Cogo et al., 1983; Gilley et al., 1987; Bertol et al., 1997b).

#### 2.4. Fator cobertura e manejo do solo (fator C da EUPS)

O efeito do fator C é influenciado por muitas variáveis, entre elas a espécie e o manejo das plantas que influenciam a cobertura do solo pelo dossel, a quantidade de resíduos culturais deixados na superfície e a conseqüente cobertura do solo no caso dos preparos conservacionistas, o tipo de preparo do solo e a erosividade das chuvas. (Wischmeier e Smith, 1978). O fator C representa a relação entre a perda de solo ocorrida numa área com determinado manejo e aquela ocorrida numa área com solo descoberto e desprovido de crosta superficial. Este fator deve ser avaliado em estádios pré-determinados, de acordo com o desenvolvimento das culturas ao longo do ciclo. Para isso, avalia-se o dossel das plantas, em seis estádios, a saber: estágio F (do preparo primário ao secundário); estágio SB (do final do F até 10% de cobertura pelo dossel); estágio 1 (do final de SB até 50% de cobertura pelo dossel); estágio 2 (do final do 1 até 75% de cobertura do solo pelo



dossel (60% para algodão)); estágio 3 (do final de 2 até a colheita) e estágio 4 (da colheita até o preparo primário do novo cultivo) (Wischmeier & Smith, 1978).

Wischmeier (1975) sugeriu que a cobertura do solo pelo dossel, a cobertura do solo pelos resíduos culturais, e o efeito residual do uso do solo deveriam ser avaliados separadamente, como subfatores do fator C, permitindo, dessa forma, obter um valor mais refinado deste fator.

#### 2.4.1. Influência da cobertura pelo dossel das plantas no fator C

O dossel das plantas tem papel importante na interceptação das gotas de chuva, dissipando a energia cinética das mesmas. As variações do potencial do dossel em interceptar as gotas de chuva são devidas à arquitetura e morfologia das plantas (Armstrong & Mitchell, 1988; Gonzalez Hidalgo et al., 1996) e ao manejo das plantas. Líquens presentes na superfície do solo são mais eficientes na dissipação da energia cinética das gotas de chuva do que plantas eretas (Gonzalez Hidalgo et al., 1996).

A erosividade que as gotas da chuva apresentam ao readquirirem velocidade a partir da copa, pode ser maior do que a erosividade da chuva antes de atingir a copa, se a distância do dossel até a superfície do solo for suficientemente grande como aquela encontrada em árvores (Chapman, 1948). Gotas que caem da superfície foliar de plantas à superfície do solo são geralmente maiores do que as da chuva natural, não interceptada pela copa. O dossel da maioria das culturas agrícolas, no entanto, protege a superfície do solo do impacto das gotas de chuva, como estas culturas são em geral de baixa estatura, não

permitem que as gotas alcancem velocidade suficiente para adquirir energia de impacto maior do que as das chuvas naturais não interceptadas (Box & Bruce, 1995). O dossel das culturas de milho e sorgo permitiu a formação de enxurradas, mas, a produção de sedimentos e de enxurrada foi pequena, em relação à ocorrida no solo descoberto (Bui & Box, 1992). Com 100% de cobertura do solo pelo dossel de milho, a desagregação do solo foi reduzida em 50% e a enxurrada em 20%, quando comparada ao solo descoberto, em condições de chuva simulada (Bui & Box, 1993). Em condições de pastagens os valores de fator C variaram de 0,071 a 0,377 e em florestas de 0,004 a 0,164, Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> conforme Yan et al. (2003).

#### 2.4.2. Influência da cobertura do solo pelos resíduos culturais no fator C

A cobertura do solo pelos resíduos culturais é mais eficiente do que a equivalente cobertura do solo pelo dossel das plantas, na redução do fator C e da erosão hídrica. As razões para isso são que os resíduos culturais interceptam as gotas e estas não readquirem energia como ocorre no dossel das plantas. Assim, o impacto das gotas de chuva na superfície do solo é essencialmente eliminado pelo resíduo, o qual ainda reduz a velocidade da enxurrada e, conseqüentemente o seu potencial em desagregar e transportar o solo (Wischmeier, 1975). Muitos trabalhos têm mostrado que as baixas taxas de erosão nos sistemas conservacionistas são função do aumento da cobertura que protege o solo do impacto das gotas e reduz a capacidade de transporte da enxurrada (Laflen et al., 1978; Foster et al., 1985; Schick et al., 2000). Na cultura do cafeeiro o valor médio do fator C foi

de  $0,1126 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , determinado em Campinas-SP (Prochnow et al., 2005). Para cobertura morta o valor médio do fator C, foi de  $0,0094 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , em Sumé-PB (Albuquerque et al., 2005). Da Silva & Schulz (2001) encontraram um valor do fator C de  $0,075 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  para solo coberto com resíduos urbanos de partes de árvores e jardins, da cidade de São Carlos-SP.

#### 2.4.3. Influência do preparo do solo no fator C

A efetividade dos sistemas de preparo do solo conservacionista no controle da erosão hídrica aumenta com o aumento no período de tempo que o sistema está em uso (Van Doren et al., 1984). Em um Latossolo Vermelho distroférico com fertilidade corrigida, Cogo et al. (2003) verificaram que as perdas de solo por erosão sob chuva natural foram maiores no preparo convencional do que no cultivo mínimo e semeadura direta. West et al. (1991) mostraram em seu estudo que a modificação de propriedades físicas na superfície do solo induzida pelo não revolvimento é um importante componente na redução das perdas de solo entressulcos, na semeadura direta. Os autores argumentaram que as principais modificações foram o aumento do teor de carbono orgânico e da estabilidade de agregados, em relação ao preparo convencional, e constataram que as perdas de solo no preparo convencional foram 44% maiores do que na semeadura direta. Estes comportamentos diferenciados entre os sistemas de preparo em relação às perdas de solo por erosão, afetam o fator cobertura e manejo, já que o mesmo é dependente da razão de perda de solo e esta é extremamente variável de acordo com o tipo de preparo utilizado.

DeMaria & Lombardi Neto (1997) obtiveram valores de fator C variando de 0,025 a 0,156  $\text{Mg ha Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , para diferentes sistemas de manejo do solo com a cultura do milho em São Paulo. Hassanin et al. (1993) encontraram valores de fator C variando de 0,064 a 0,353  $\text{Mg ha Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , para solos cultivados em diferentes sistemas de manejo.

#### 2.4.4. Influência da erosividade das chuvas no fator C

As chuvas interagem com os demais fatores que afetam a erosão hídrica. As principais características das chuvas que afetam a erosão hídrica são a intensidade, duração, volume, padrão e distribuição anual. A intensidade é a característica mais importante da chuva, já que, em geral, duplicando o seu valor a erosão hídrica aumenta em aproximadamente quatro vezes, mantendo-se as demais características e fatores constantes (Wischmeier & Smith, 1978). Por outro lado, a frequência das chuvas afeta de maneira importante a magnitude das perdas de solo e água por erosão. Dessa forma, pode-se esperar que ocorram volumosas enxurradas, mesmo com chuvas de baixa intensidade, basta que precipitem em intervalos de tempo curtos e que encontrem o solo com alta umidade. Além da variação da umidade do solo antecedente à chuva, Eltz (2001) destaca que a variação da intensidade durante a chuva, provocada pela presença de um ou mais picos de alta intensidade, afeta as perdas de solo e água. Neste tipo de chuva ocorre baixa correlação entre o índice de erosividade  $EI_{30}$  e as perdas de solo (Brown & Foster, 1987).

A distribuição temporal da chuva afeta o fator cobertura e manejo, na medida em que sua erosividade se altera no decorrer do tempo, podendo concentrar-se nos períodos

críticos, quanto à erosão, de algumas culturas, provocando altas perdas de solo e água (Wischmeier & Smith, 1978). De maneira geral, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, a maior erosividade das chuvas tende a se concentrar nos meses de primavera-verão, o que coincide com os períodos de preparo, semeadura e estabelecimento inicial das culturas de verão, tais como soja, milho e feijão. Nessa época, a proteção da superfície do solo é baixa, principalmente nos sistemas de manejo que incorporam os resíduos culturais e, conseqüentemente, os riscos de perdas por erosão aumentam (Cogo et al., 1978; Lima et al., 1992; Bertol et al., 2002a). Valores médios do fator C variaram de 0,0455 a 0,1437 Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> nas culturas de soja e milho, e de 0,0588 a 0,2158 Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, nas culturas de trigo e aveia, de acordo com o sistema de manejo do solo (Bertol et al., 2001; Bertol et al., 2002b).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização do experimento e descrição do solo**

O experimento foi conduzido no campo, sob condições de chuva natural, no Campus do Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages (SC), localizado entre 27° 49' latitude Sul e 50° 20' longitude Oeste, a 937 m de altitude, na região do Planalto Sul Catarinense. Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S. A (EPAGRI<sup>1</sup>), a temperatura máxima média anual é de 21,7°C e a mínima média anual de 11,5°C. O clima é do tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen, correspondente a subtropical úmido, chuvoso, com verões frescos. O solo do local do experimento é um Cambissolo Húmico alumínico léptico, argiloso, horizonte A moderado e

---

<sup>1</sup>Relatório anual, 1998 (Não publicado)

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas do Cambissolo Húmico alumínico léptico de Lages (SC), referentes ao perfil no local do experimento (Guadagnin, 2003).

Horizonte	Ap	A2	B/A	B	B/C	C
Profundidade (cm)	0-20	20-34	34-53	53-75/82	75/82-105	105 +
Propriedades físicas						
Argila (g 100g <sup>-1</sup> )	40	40	42	46	52	32
Silte (g 100g <sup>-1</sup> )	42	40	41	40	35	65
A. fina (g 100g <sup>-1</sup> )	11	10	10	9	8	2
A. Grossa (g 100g <sup>-1</sup> )	7	10	7	5	5	1
Dens. Part. (g cm <sup>-3</sup> )	2,54	2,56	2,61	2,61	2,70	2,38
Dens. Solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,30	1,35	1,33	1,28	1,27	1,19
Micropor.(cm cm <sup>-3</sup> )	0,38	0,42	0,40	0,42	0,48	-
Macropor.(cm cm <sup>-3</sup> )	0,09	0,06	0,06	0,04	0,03	-
T.C.I. (mm h <sup>-1</sup> )	6	-	-	-	-	-
Propriedades químicas						
C. orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	40	20	20	10	10	-
N mineral (mg kg <sup>-1</sup> )	5,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
P extraível (mg kg <sup>-1</sup> )	2,6	3,1	0,6	0,4	0,7	0,3
K trocável (mg kg <sup>-1</sup> )	96	80	49	61	42	57
Ca troc. (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,63	3,05	0,68	0,45	0,72	0,29
Mg troc. (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,17	2,33	0,78	0,68	0,70	0,31
Al troc. (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,27	3,47	5,89	6,52	3,96	4,68
pH H <sub>2</sub> O (1:1)	5,7	5,2	4,9	4,5	4,1	4,0

com substrato composto de siltitos e argilitos, cujas principais propriedades encontram-se

na Tabela 1.

T.C.I.: Taxa Constante de Infiltração de água; (-): não determinada

### 3.2. Histórico da área experimental e tratamentos

A área experimental, inicialmente coberta por gramíneas nativas, foi utilizada com pastagem cultivada (gramíneas e leguminosas consorciadas) durante quatro anos, antes de ser destinada (outubro de 1988) ao estudo da erosão hídrica em condições de chuva natural. Na implantação do experimento, a área foi corrigida para elevar o pH do solo a

6,0, com 12 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, incorporado com duas arações e duas gradagens a 20 cm e 15 cm de profundidade, respectivamente, executadas transversalmente ao declive. Imediatamente após, foram instalados quatro tratamentos de preparo do solo, em duas repetições, totalizando oito parcelas experimentais, distribuídas ao acaso, do seguinte modo: preparo convencional, com uma aração+duas gradagens; cultivo mínimo, com uma escarificação+uma gradagem; semeadura direta, onde o solo não recebia preparo algum; e solo sem cultivo, com uma aração+duas gradagens. Assim, o estudo de erosão hídrica foi iniciado no experimento em 11/88 e, até 11/91, os tratamentos de preparo do solo foram cultivados com uma rotação de culturas composta por milho (11/88 à 05/89), trigo (06/89 à 11/89), feijão (12/89 a 03/90), pousio (03/90 à 10/90), soja (10/90 à 05/91) e aveia preta (05/91 à 11/91), conforme descrito em Schick (1999).

Após um período de pousio de aproximadamente um ano (12/91 à 10/92), a área experimental foi novamente preparada, para a reinstalação do experimento, tendo sido feita uma nova calagem, para elevar o pH do solo a 6,0, com 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico. A incorporação do calcário foi feita com uma aração e duas gradagens.

Entre 11/92 e 04/95, a área experimental continuou sendo utilizada para o estudo da erosão hídrica com os mesmos tratamentos de preparo do solo anteriormente descritos, os quais foram reinstalados, nos mesmos lugares dos anteriores, em 10/92. Porém, agora, uma das repetições de preparo do solo foi cultivada com rotação de culturas e, outra, com sucessão de culturas, para todos os tratamentos com exceção do solo sem cultivo, como a seguir descrito: preparo convencional sem cultivo do solo, com uma aração+duas gradagens, duas vezes ao ano, em duas repetições, na mesma época de preparo do solo e semeadura das culturas nos demais tratamentos. A superfície do solo era mantida permanentemente livre



de vegetação e desprovida de crosta superficial (parcela padrão da EUPS), servindo como testemunha para os demais tratamentos; preparo convencional com sucessão de culturas, uma aração+duas gradagens, por ocasião da implantação das culturas de trigo no outono e soja na primavera; preparo convencional sob rotação de culturas, com uma aração+duas gradagens, por ocasião da implantação das culturas de soja, feijão e milho na primavera e aveia preta, ervilhaca, trigo e nabo forrageiro no outono; cultivo mínimo sob sucessão de culturas, com uma escarificação+uma gradagem, por ocasião da implantação das culturas de trigo no outono e soja na primavera; cultivo mínimo sob rotação de culturas, com uma escarificação+uma gradagem, por ocasião da implantação das culturas de soja, feijão e milho na primavera e aveia preta, ervilhaca, trigo e nabo forrageiro no outono; semeadura direta sob sucessão de culturas, com trigo no outono e soja na primavera; e semeadura direta com rotação de culturas, com as culturas de soja, feijão e milho na primavera e aveia preta, ervilhaca, trigo e nabo forrageiro no outono.

Em 05/95, foram implantadas mais duas parcelas experimentais, ambas sob semeadura direta, sendo uma com rotação e outra com sucessão de culturas do seguinte modo: semeadura direta sob sucessão de culturas trigo no outono e soja na primavera; e semeadura direta sob rotação das culturas de soja, feijão e milho na primavera e aveia preta, ervilhaca, trigo e nabo forrageiro no outono. Portanto, a partir de 05/95 o experimento ficou composto por 10 unidades experimentais.

Para efeito deste trabalho, foram estudados os tratamentos sob sucessão de culturas soja e trigo, sem repetição, além do solo sem cultivo, em duas repetições, a seguir descritos: Tratamento 1: preparo convencional com cultivo do solo (PC), efetuado com uma aração + duas gradagens, duas vezes ao ano para a implantação das culturas de soja na

primavera e trigo no outono; Tratamento 2: Cultivo mínimo com cultivo do solo (CM), efetuado com uma escarificação + uma gradagem, duas vezes ao ano para implantação das culturas de soja na primavera e trigo no outono; Tratamento 3: Semeadura direta com cultivo do solo (SD), semeadura sem mobilização prévia do solo duas vezes ao ano para implantação das culturas de soja na primavera e trigo no outono e Tratamento 4: preparo convencional sem cultivo do solo (SC), efetuado com uma aração + duas gradagens, duas vezes ao ano durante os cultivos dos demais tratamentos. As operações mecânicas de preparo do solo foram realizadas da seguinte forma: aração, por meio de arado reversível com três discos no sentido paralelo ao declive, regulado para profundidade de operação de 20 cm; escarificação, por meio de escarificador, com treze hastes, distanciadas 25 cm uma das outras, profundidade de operação de 15 cm do solo; gradagens, realizadas por meio de grade tipo Tandem, com 32 discos, regulada para operar a 12 cm de profundidade do solo.

### **3.3. Esquema operacional para o cultivo do solo**

As culturas de soja e trigo foram implantadas e conduzidas/manejadas, entre 11/92 e 10/99, do seguinte modo: a) soja (variedade BR-4), semeada em 11/92, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 27 sementes por metro linear, colhida em 06/93; b) trigo (variedade BR-23), semeado em 06/93, na densidade de 408 plantas/m<sup>2</sup>. Em 11/93, o trigo foi colhido; c) soja (variedade OCEPAR 14), semeada em 12/93, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 27 sementes por metro linear. A soja foi colhida em 07/94; d) trigo, semeado em 07/94, na densidade de 120 kg ha<sup>-1</sup>, foi colhido em 11/94; e) soja, semeada em 12/94, com

espaçamento de 0,5 m entre linhas com 27 sementes por metro linear, colhida em 07/95; f) trigo, semeado em 08/95 na mesma densidade referida acima, em 11/95; g) soja, semeada em 12/95 e colhida em 04/96; h) trigo, semeado em 05/96, a lanço, com 120 kg ha<sup>-1</sup> de sementes e colhido em 11/96; i) soja (variedade BR-16), semeada em 11/96, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e colhida em 04/97; j) trigo, semeado a lanço em 05/97, 120 kg ha<sup>-1</sup> de sementes; k) soja (variedade BR-16), semeada em 11/97. O espaçamento foi de 0,5 m entre linhas com 12 plantas por metro linear para a soja, colhida em 04/98; l) trigo, semeado em 05/98, utilizando 120 kg ha<sup>-1</sup> de semente, tendo sido acamado com rolo-faca em 10/98 (não houve colheita de sementes); m) soja, semeado em 10/98. O espaçamento foi de 0,5 m entre linhas com 12 plantas por metro e colhida em 04/99; n) trigo, semeado em 05/99, utilizando-se 120 kg ha<sup>-1</sup> de semente, tendo sido colhido manualmente em 10/99. No período compreendido entre 1988 e 1999, foram aplicados na área experimental, com exceção das parcelas descobertas, na forma de fertilizantes diversos, 460 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 1.175 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 905 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

No período compreendido entre 11/99 e 10/01, as culturas de soja e trigo foram implantadas conduzidas/manejadas do seguinte modo: a) soja (variedade BR 16), semeada em 11/99, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 27 sementes por metro linear, colhida em 04/00, a adubação foi de 41 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; b) trigo (variedade Fundacep 29), semeado em 06/00, na densidade de 120 kg ha<sup>-1</sup> de semente para trigo, manejado em 10/00, não tendo sido colhido, a adubação foi de 21 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 36 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; c) soja (variedade BR 16), semeada em 11/00, com espaçamento de 0,5 m entre linhas com 27 sementes por metro linear, colhida e manejada em 04/01, a adubação para a soja foi de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; d) trigo (variedade Fundacep 32),

semeado em 06/01, na densidade de 408 plantas  $m^{-2}$ , colhido em 10/01. Não foram realizadas adubações de base neste período, apenas 45 kg  $ha^{-1}$  de N aplicados em cobertura; A cultura do trigo foi semeada a lanço e, a soja, em linhas, com auxílio de semeadora manual (“saraquá”). Maior detalhe sobre a condução das culturas, neste período, pode ser encontrado em Guadagnin (2003).

O período referente à avaliação do fator cobertura e manejo do solo, objeto do presente trabalho, é compreendido entre novembro de 2002 e outubro de 2005, totalizando seis ciclos culturais de soja e trigo que compõem os sistemas de cultivo avaliados. Estas culturas foram manejadas da seguinte forma neste período: a) soja foi semeada em 11/02, no espaçamento de 0,45 m com densidade de 16 plantas/m linear. A adubação de base foi 41 kg  $ha^{-1}$   $P_2O_5$  e 60 Kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$ , tendo sido colhida em 05/03; b) trigo semeado em 05/03 e colhido em 11/03; c) soja semeada em 11/03, tendo sido aplicado 40 kg  $ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  e 65 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$ , colhida em 05/04; d) trigo semeado em 07/04 na densidade de 300 plantas/ $m^2$ , utilizando-se adubação de base com 20 kg  $ha^{-1}$  de N, 50 kg  $ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  e 60 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$ . Em setembro de 2004 foi aplicado 25 kg  $ha^{-1}$  de N em cobertura, a lanço na superfície, tendo sido colhido em 11/04; e) soja semeada em 12/04, na densidade de 16 plantas/metro linear com 41 kg  $ha^{-1}$   $P_2O_5$  e 60 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$ , foi colhida em 05/05; f) trigo semeado em 06/05, na densidade de 300 plantas/ $m^2$ , adubação de base foi igual à de 07/04 e em cobertura, em julho de 2005, foi aplicado 60 kg de N  $ha^{-1}$ , a lanço na superfície, tendo sido a cultura colhida em 10/05. Assim, até o presente, desde 11/88, a área experimental, com exceção das parcelas descobertas, recebeu 610 kg  $ha^{-1}$  de N, 1.469 kg  $ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  e 1.336 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$ .

No período de 11/02 a 05/03 a soja foi semeada, com máquina manual “matraca” ou “saraquá” e, entre 05/03 e 11/03, o trigo foi semeado a lanço. Nos demais ciclos, as culturas foram semeadas de forma mecanizada, por meio do uso de semeadora com fluxo contínuo, desenvolvida para parcelas experimentais, utilizando três linhas para a soja e cinco linhas para o trigo, com objetivo de obter maior uniformidade de semeadura e principalmente maior controle de espaçamento entre fileiras.

### **3.4. Unidade experimental**

A unidade experimental (Figura 1), constituiu-se de uma parcela, com dimensões de 22,1 x 3,5 m (77,35 m<sup>2</sup>), delimitada nas laterais e extremidade superior por chapas galvanizadas de 2,00 x 0,20 m, cravadas no solo em torno de 10 cm e, na extremidade inferior, por uma calha coletora de enxurrada (Cogo, 1978). No presente trabalho, foram utilizadas cinco unidades experimentais, distanciadas 3,5 m uma das outras, com declividade média de 0,102 m m<sup>-1</sup>.



Figura 1. Unidade experimental, referente à parcela padrão da EUPS, logo após o preparo do solo e a ocorrência de um evento de chuva erosiva.

### 3.5. Sistema coletor de enxurrada

Na extremidade inferior de cada parcela foi instalado um sistema coletor de enxurrada (Figura 2), composto de uma calha para receber o material erodido, conectada por um cano de PVC a um primeiro tanque, de sedimentação, com capacidade aproximada de 750 litros, situado 6 m abaixo da parcela. Este, por sua vez, estava ligado, através de um divisor de enxurrada tipo “Geib”, a um segundo tanque, de armazenagem, também com capacidade aproximada de 750 litros. O divisor “Geib” permitia a passagem de 1/9 da enxurrada do primeiro para o segundo tanque.



(a)



(b)

Figura 2. Unidade experimental, sob semeadura direta, demonstrando o sistema coletor de enxurrada (a) e tanques coletores conectados pelo divisor de enxurrada, tipo “Geib” (b)

### 3.6. Amostragens e determinações

#### 3.6.1 Amostragem da enxurrada e determinação da concentração de sedimentos

Após a ocorrência de cada evento de chuva erosiva, os sedimentos eram retirados de dentro dos tanques (quando a sua quantidade assim permitia) e pesados. Eram coletadas amostras de sedimentos dos tanques em potes de alumínio com capacidade de aproximadamente 300 g, as quais eram secas em estufa, com temperatura de 55 – 60° C, com o objetivo de corrigir a massa de sedimentos dos tanques para a base de solo seco. Após, eram registradas as alturas de enxurrada dentro dos tanques e, em seguida, a enxurrada era homogeneizada e, dela, eram coletadas amostras. O produto das alturas de enxurrada dentro dos tanques pela área dos tanques, fornecia o volume de enxurrada. As amostras de enxurrada eram coletadas utilizando-se frascos de vidro numerados, com capacidade de 300 mL, em número de três por tanque. Com estas amostras determinou-se a concentração de sedimentos na enxurrada e a massa de sedimentos existentes na suspensão. Para isso, no laboratório, foram adicionadas de 3 a 5 gotas de ácido clorídrico (2,5 N) em cada frasco contendo a enxurrada, com a finalidade de precipitar os sedimentos em suspensão. Cerca de 24 a 48 horas após, era retirado o sobrenadante de dentro dos frascos, sifonando-o com uma mangueira plástica, deixando-se uma lâmina de cerca de 1,0 cm de

água sobre os sedimentos. Os frascos então eram levados à estufa com circulação de ar, na temperatura de 55 – 60 °C, até atingirem massa constante.

A partir das amostras de sedimentos secos nos frascos de vidro, era calculada a massa de solo contida em suspensão nos tanques, tendo sido, para isso, relacionadas com os volumes de enxurrada dos tanques. Estes valores eram adicionados aos de massa de solo seco e volume de água contidos nos sedimentos, permitindo obter as perdas totais de solo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) e de água (% da chuva) ocorridas em cada chuva. O procedimento para a coleta e processamento das amostras de suspensão para os cálculos das perdas de solo e água seguiu a metodologia sugerida por Cogo (1978). Ao todo foram realizadas 97 coletas de enxurrada, durante o período experimental.

### 3.6.2. Determinação da cobertura do solo pelos resíduos culturais

A cobertura do solo pelos resíduos culturais remanescentes, foi avaliada imediatamente após o preparo do solo (após a semeadura na semeadura direta) e, durante o ciclo das culturas, em intervalos de 15 dias. Para tanto, utilizou-se o método da trena, semelhante ao método do “metro sombreado” descrito por Hartwing & Laflen (1978). Para isso, utilizou-se uma linha com 10 m de comprimento, com marcas a cada 10 cm, totalizando 100 marcas. A interseção entre uma marca da linha com uma peça de resíduo sob a linha, era considerada como solo coberto por resíduo. Ao final da avaliação, o número de interseções foi contabilizado, determinando, assim, a percentagem de solo coberto pelos resíduos culturais. As determinações foram realizadas em duas repetições por parcela.



### 3.6.3. Determinação da cobertura do solo pelo dossel e altura das plantas

A cobertura do solo pelo dossel das plantas, foi avaliada cinco dias após a emergência das plantas e, durante o ciclo das culturas, em intervalos de 15 dias. Foram estabelecidos estádios que compreendiam os estágios de desenvolvimento das culturas, seguindo as recomendações de Wischmeier & Smith (1978). O método utilizado para determinar a cobertura do solo pelo dossel foi o do “metro sombreado”, descrito por Adams & Arkin (1977) e os resultados expressos em percentagem. Para isso, utilizou-se um metro rígido que foi instalado, na linha das culturas, por baixo das copas das plantas e, a cada 10 cm tomaram-se leituras da largura do dossel, em três locais, nos tratamentos com cultivo. A cobertura do solo pelo dossel das plantas foi utilizada para determinar os estádios durante o ciclo das culturas. Assim, os estádios das culturas foram definidos em função da percentagem de cobertura do solo pelo dossel ao longo do ciclo, seguindo a metodologia sugerida por Wischmeier & Smith (1978). Neste trabalho, no entanto, os períodos F e SB, não foram considerados, porque as operações de preparo primário, secundário e semeadura geralmente foram realizadas em intervalos de 2 a 3 dias uma das outras, inviabilizando, neste caso, a obtenção do fator C para estes períodos. Sendo assim, cinco estádios foram estabelecidos, durante o ciclo das culturas, a saber:

- 1º estágio, da semeadura até 10% de cobertura do solo pelo dossel;
- 2º estágio, de 10% de cobertura pelo dossel até 30% de cobertura;
- 3º estágio, de 30% de cobertura pelo dossel até 50% de cobertura;
- 4º estágio, de 50% de cobertura pelo dossel até 75% de cobertura; e
- 5º estágio, de 75% de cobertura pelo dossel até a colheita das culturas.

A altura das plantas, foi determinada simultaneamente a cobertura do solo pelo dossel, em intervalos de 15 dias, foram tomadas leituras das alturas das plantas, por meio de uma fita métrica, em três locais dentro da parcela (mesmos locais da cobertura pelo dossel), totalizando 30 determinações, em cada avaliação, das quais, determinou-se a altura média.

#### 3.6.4. Cálculo da erosividade das chuvas

O critério adotado para definir as chuvas erosivas foi o de Wischmeier & Smith (1958), modificado por Cabeda [1976?], o qual considera como erosiva toda a chuva com volume igual ou superior a 10 mm e, ainda, aquelas com volume igual ou superior a 6 mm num intervalo de tempo menor ou igual a 15 minutos. Por este critério, chuvas separadas por intervalos de 6 horas sem precipitação ou com precipitações menores de 1 mm nesse período, são consideradas chuvas individuais.

Um pluviograma (modelo IH-01-01), com amplitude de registro de 10 mm de precipitação e unidade de 0,1 mm, com tempo de registro de 24 horas e unidade de 10 minutos, era acionado por um pluviógrafo instalado a 600 m da área experimental, o qual registrava a distribuição do volume das chuvas no tempo, permitiu a associação da erosividade e do volume das chuvas respectivamente com as perdas de solo e água por erosão.

Após cotarem-se manualmente nos pluviogramas as chuvas em segmentos de intensidade uniforme, utilizou-se um programa desenvolvido por Cataneo et al. (1982), para calcular a sua energia cinética e obter a erosividade das chuvas (fator R da EUPS), por

meio do índice  $EI_{30}$  (Wischmeier & Smith, 1978). Neste programa, as equações de energia cinética de Wischmeier & Smith (1978), foram convertidas para o Sistema Internacional de Unidades, de acordo com Foster et al. (1981). A referida equação da energia cinética por mm de chuva utilizada, foi a seguinte:

$$E = 0,119 + 0,0873 \log I \dots\dots\dots(1)$$

$E$  = energia cinética para um mm de chuva,  $MJ ha^{-1} mm^{-1}$

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

O diâmetro das gotas de chuva não aumenta quando a intensidade é maior que  $76 mm h^{-1}$ , por isso, o valor de  $0,2832 MJ ha^{-1}$  foi considerado como limite máximo para a energia cinética por mm de chuva (Wischmeier & Smith, 1978). Os dados de entrada do programa elaborado por Cataneo (1982) são os intervalos de tempo e os volumes de chuva, dos segmentos com intensidade constante. Dessa forma, o programa fornece, para cada chuva, a precipitação total em mm, a energia cinética total da chuva em  $MJ ha^{-1}$  e a intensidade da chuva de cinco em cinco minutos em  $mm h^{-1}$ , variando de 5 até 60 minutos, expressa em  $mm h^{-1}$ . A multiplicação da energia cinética total da chuva pela intensidade máxima em 30 minutos, possibilitou a obtenção do índice de erosividade,  $EI_{30}$ , expresso em  $MJ mm ha^{-1} h^{-1}$ . Ao todo, foram estudadas 258 chuvas individuais, sendo que 123 foram erosivas e 135 não erosivas. O volume total de chuva precipitado, durante o período experimental, foi de 3.989,0 mm, dos quais 3.483,9 mm corresponderam a chuvas erosivas e 505,1 mm a chuvas não erosivas.

### 3.6.5. Determinação da Razão de Perda de Solo (RPS)

A RPS expressa a relação entre as perdas de solo ocorridas no sistema de manejo do solo e aquelas ocorridas no solo sem cultivo (parcela padrão da EUPS) (Wischmeier & Smith, 1978). Em cada estágio dos ciclos das culturas, determinou-se a razão de perda de solo (RPS), obtida pela relação entre as perdas de solo ocorridas, durante a duração dos estádios, em cada sistema de manejo e aquelas ocorridas no solo sem cultivo (no período de tempo equivalente a duração dos estádios, durante o ciclo das culturas).

#### 3.6.6. Determinação da fração da erosividade ( $FEI_{30}$ )

A  $FEI_{30}$  representa a fração do índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) responsável pela perda de solo num determinado estágio do ciclo de uma cultura, sendo obtida, em cada estágio e ciclo cultural, pela relação entre a erosividade das chuvas precipitadas no período de duração de cada estágio, pela erosividade total das chuvas no ciclo das culturas. Em cada estágio dos ciclos das culturas determinou-se a fração da erosividade ( $FEI_{30}$ ) (Wischmeier & Smith, 1978).

#### 3.6.7. Determinação do Fator C – cobertura e manejo do solo

O fator C da EUPS foi determinado para um período de três anos, correspondendo a seis ciclos culturais, três de soja e três de trigo, em três tipos de preparo do solo. O fator C foi resultado do produto das razões de perdas de solo (RPS) pelas frações do índice de erosividade ( $FEI_{30}$ ). Em cada estágio foi obtido um valor de fator C e, ao final do ciclo,

estes valores foram somados, resultando no fator C total da cultura; somando-se o fator C da soja com o fator C do trigo, obteve-se fator C anual para a sucessão soja-trigo. Como foram estudados seis ciclos culturais, gerou-se um fator C médio anual de três anos para a sucessão soja-trigo, nos diferentes sistemas de manejo do solo.

### 3.7. Ajuste de resultados

O ajuste das perdas de solo pelo fator grau do declive das parcelas (fator S da EUPS), como proposto por Wischmeier & Smith (1978), foi feito por meio da equação:

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

Onde:

S = fator declividade da EUPS, definido pela relação de perda de solo entre uma parcela de declive qualquer (por exemplo, 8,5%) e o declive de 9,0%, referente a parcela padrão; e

$\theta$  = ângulo de declive do terreno.

Portanto, para o caso em questão, a equação final que proporcionou tais correções foi dada por:

$$A_{9,0\%} = 1,081 \times A_{8,5\%}$$

Onde:

$A_{9,0\%}$  é a perda de solo de uma chuva qualquer, corrigida para o declive de 9,0%;

$A_{8,5\%}$  é a perda de solo de uma chuva qualquer, ocorrida no declive de 8,5% da parcela de campo; e

1,081 é o fator de correção.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Duração dos estádios das plantas de soja e trigo**

O período de tempo dos estádios apresentou relativamente pequena variação entre as culturas e sistemas de manejo do solo, na média dos ciclos culturais (Tabela 2). O estágio 5 apresentou o maior tempo, tanto para a cultura da soja quanto para o trigo, em ambos os sistemas de manejo do solo. Isto é explicado porque este estágio compreendeu o intervalo entre 75% de cobertura pelo dossel das plantas até a colheita das culturas. Assim,

contemplou parte dos períodos vegetativos dos ciclos das plantas e todos os períodos reprodutivo e de maturação até as colheitas das mesmas, pois, em geral, as plantas atingiram 75% de cobertura do solo pelo dossel antes do florescimento, ou seja, em torno de 75 dias após a semeadura. Ainda em relação ao estágio 5, a duração para a soja foi maior do que para o trigo, explicada pelo fato de que, em geral, o trigo apresentou ciclo cultural mais curto do que a soja. No estágio 1, as diferenças de tempo entre a soja e o trigo foram muito pequenas, com diferenças mais pronunciadas nos estádios 2, 3 e 4. O tempo de duração dos estádios foi maior para o trigo do que para a soja, em ambos os sistemas de manejo do solo, nos estádios 3 e 4, na média dos ciclos culturais (Tabela 2). Essas diferenças podem ser atribuídas a taxa de crescimento das plantas e arquitetura das mesmas, já que a soja, a partir do estágio 3, apresentou folhas bem desenvolvidas, com maior área foliar do que as de trigo. Por isso, a duração dos estádios 3 e 4 foi menor na cultura da soja do que de trigo, em ambos os sistemas de manejo e ciclos culturais. O conhecimento das durações dos estádios das diferentes culturas é importante devido à erosividade das chuvas, cuja distribuição pode permitir a coincidência de precipitação com as épocas em que o solo se encontra menos protegido pelas copas das plantas e, com isso, ocorrer maior erosão hídrica.

Tabela 2. Duração dos estádios dos cultivos de soja e trigo, com base na cobertura do solo pelo dossel das plantas, em um Cambissolo Húmico aluminoso submetido a diferentes sistemas de manejo do solo.

Cultivo	Estádio 1			Estádio 2			Estádio 3			Estádio 4			Estádio 5		
	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD

	----- Dia -----														
Soja <sup>(1)</sup>	25	22	22	25	16	16	8	12	9	10	15	15	90	91	95
Trigo <sup>(2)</sup>	22	19	20	19	16	18	20	14	17	28	24	23	61	78	74
Soja <sup>(3)</sup>	22	26	22	21	32	29	18	11	16	13	14	19	116	106	103
Trigo <sup>(4)</sup>	28	22	23	19	14	15	13	13	10	16	25	13	53	55	68
Soja <sup>(5)</sup>	25	22	22	25	16	16	8	12	9	10	15	15	90	91	95
Trigo <sup>(6)</sup>	22	19	20	19	16	18	20	14	17	28	24	23	61	78	74
Média <sup>(a)</sup>	24	23	22	24	21	20	11	12	11	11	15	16	99	96	98
Média <sup>(b)</sup>	24	20	21	19	15	17	18	14	15	24	24	20	58	70	72

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup>10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05; a = soja, b = trigo.

Durante os cultivos de soja, os tempos de duração dos estádios praticamente não variaram nos sistemas de manejo do solo, na média dos cultivos (Tabela 2). Nos cultivos de trigo, por outro lado, no preparo convencional, os períodos de tempo para compor os estádios 1, 2 e 3 foram, aproximadamente dez dias maiores do que no cultivo mínimo e na semeadura direta. Nestes estádios (1, 2 e 3), o solo se encontrava menos protegido pelo dossel das plantas e, por isso, havia maior risco de erosão. O preparo convencional degradou o solo ao longo do tempo, proporcionando adensamento do solo na subsuperfície e prejudicando o desenvolvimento das raízes e o crescimento das culturas, segundo verificado em outros trabalhos por Dalla Rosa (1981), Bertol et al. (2000) e Costa et al. (2003). Dessa maneira, as alterações proporcionadas pelo preparo do solo influenciaram, embora levemente e apenas durante a cultura do trigo, a duração dos estádios, já que o



experimento vem sendo conduzido desde de 1989 com estes mesmos tratamentos, sendo, portanto, capaz de ressaltar as diferenças entre os sistemas de manejo do solo.

#### 4.2. Cobertura do solo pelo dossel e altura das plantas

As avaliações da cobertura do solo pelo dossel e altura das plantas, durante os ciclos de soja e trigo, estão representadas nas Tabelas 3 e 4. As coberturas pelo dossel apresentaram diferenças entre as culturas, explicadas pela evolução da copa das mesmas, devido a diferença de arquitetura das espécies. A soja é leguminosa e o trigo gramínea e, sendo assim, a evolução da cobertura do solo pelo dossel foi maior na cultura do trigo do que na soja, na transição entre as avaliações 1 e 2 e as avaliações 2 e 3 (Tabela 3). Isto justifica a menor duração do estágio 2 para o trigo do que para a soja (Tabela 2). Ao considerar a análise de evolução do dossel, para a transição entre as avaliações 3 e 4 e as avaliações 4 e 5 (Tabela 3), verifica-se que a taxa de evolução da copa das plantas foi maior para a cultura da soja do que para o trigo, justificando assim a menor duração dos estágios 3 e 4 para a soja do que para o trigo, em ambos os sistemas de manejo (Tabela 2).

Tabela 3. Cobertura do solo pelo dossel das plantas, durante os cultivos de soja e trigo, em intervalos de 15 dias, em um Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Cultivo	1ª avaliação	2ª avaliação	3ª avaliação	4ª avaliação	5ª avaliação
---------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD
	----- m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> -----														
Soja <sup>(1)</sup>	0,04	0,05	0,05	0,16	0,12	0,14	0,23	0,18	0,25	0,48	0,30	0,40	0,75	0,67	0,75
Trigo <sup>(2)</sup>	0,04	0,06	0,05	0,18	0,35	0,31	0,44	0,60	0,71	0,71	0,75	0,80	0,71	0,75	0,80
Soja <sup>(3)</sup>	0,04	0,03	0,05	0,19	0,23	0,22	0,30	0,46	0,55	0,74	0,77	0,83	0,83	0,84	0,90
Trigo <sup>(4)</sup>	0,11	0,12	0,12	0,15	0,22	0,18	0,51	0,68	0,61	0,56	0,65	0,65	0,77	0,86	0,89
Soja <sup>(5)</sup>	0,04	0,05	0,05	0,16	0,12	0,14	0,23	0,18	0,25	0,48	0,30	0,40	0,75	0,67	0,75
Trigo <sup>(6)</sup>	0,04	0,06	0,05	0,18	0,35	0,31	0,44	0,60	0,71	0,71	0,75	0,80	0,71	0,75	0,80
Média <sup>(a)</sup>	0,04	0,04	0,05	0,17	0,16	0,17	0,25	0,27	0,35	0,57	0,46	0,54	0,78	0,73	0,80
Média <sup>(b)</sup>	0,06	0,08	0,07	0,17	0,31	0,27	0,46	0,63	0,68	0,66	0,72	0,75	0,73	0,79	0,83

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup>10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05; a = soja, b = trigo.

Tabela 4. Altura das plantas, durante os cultivos de soja e trigo, em intervalos de 15 dias, em um Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Cultivo	1ª avaliação			2ª avaliação			3ª avaliação			4ª avaliação			5ª avaliação		
	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD
	----- cm -----														
Soja <sup>(1)</sup>	3,6	3,3	3,4	9,6	9,8	11	17	14	18	40	36	40	57	58	55
Trigo <sup>(2)</sup>	6,0	7,5	7,4	8,0	11,8	12	18	26	30	45	55	60	45	55	60
Soja <sup>(3)</sup>	6,0	6,6	8,0	12,8	13	16	19	20	34	37	38	52	54	56	64

Trigo <sup>(4)</sup>	11,2	12	11,5	10	11,8	11	20	28	28,5	40	51,8	52	52	63	63
Soja <sup>(5)</sup>	3,6	3,3	3,4	9,6	9,8	11	17	14	18	40	36	40	57	51	55
Trigo <sup>(6)</sup>	6,0	7,5	7,4	8,0	11,8	12	18	26	30	45	55	60	45	55	60
Média <sup>(a)</sup>	4,4	4,4	4,9	11	11	13	18	16	23	39	37	44	56	55	58
Média <sup>(b)</sup>	7,7	9,0	8,8	9	12	12	19	27	30	43	54	57	47	58	61

---

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup>10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05; a = soja, b = trigo.

A cobertura do solo pela copa das plantas apresentou variações muito pequenas, sem apresentar uma tendência clara durante os cultivos de soja, nos sistemas de manejo do solo (Tabela 3), assim como constatado para a duração dos estádios. Nos cultivos de trigo, por outro lado, o cultivo mínimo e a semeadura direta apresentaram, em geral, maior cobertura do solo pelo dossel das plantas do que o preparo convencional. Isto pode ser justificado da mesma forma como para a duração dos estádios. Na última avaliação da cobertura do solo pelo dossel das plantas, os valores tenderam a se igualar, tanto entre as culturas quanto entre os sistemas de manejo do solo, pelo fato de que, na época desta avaliação, ambas as culturas, estavam próximas ao florescimento, independente do sistema de manejo do solo.

A altura das plantas foi, em geral, maior na semeadura direta do que no cultivo mínimo e preparo convencional, tanto para a soja quanto para o trigo, na média dos cultivos (Tabela 4). No caso das plantas de soja e trigo, suas alturas não são suficientes para que as gotas de chuva, interceptadas nas copas, adquiram suficiente energia para desagregar o solo, mesmo ele estando descoberto, conforme Box & Bruce (1995). Embora a soja e o

trigo sejam espécies vegetais diferentes, não foram observadas grandes diferenças entre elas, em termos de altura, nos diferentes sistemas de manejo do solo. No entanto, o trigo apresentou tendência de maior altura do que a soja.

#### 4.3. Cobertura do solo pelos resíduos culturais

A cobertura do solo pelos resíduos culturais variou de acordo com o tipo de cultura e sistema de manejo do solo tendo sido maior durante os cultivos de soja do que de trigo, em ambos os sistemas de manejo do solo, na média dos cultivos (Tabela 5). Isto é explicado pelas diferentes quantidades de resíduos produzidos pelas culturas (Anexo 1). A soja era sempre semeada sobre o resíduo de trigo e, este sobre o de soja, por isso, verifica-se, especialmente no preparo convencional, que, durante os cultivos de soja, o solo esteve mais protegido pelos resíduos culturais do que durante os cultivos de trigo. A soja, produzia menor quantidade de resíduo que o trigo e, além disso, por ser uma leguminosa, o seu resíduo, era de rápida decomposição (Shick et al., 2000) e cobria o solo por menor período de tempo do que o resíduo de trigo. Portanto, durante o cultivo de trigo sobre o resíduo de soja o solo apresentava-se menos coberto do que durante o de soja.

Tabela 5. Cobertura do solo pelos resíduos culturais, durante os cultivos de soja e trigo, em intervalos de 15 dias, em um Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Cultivo	1ª avaliação			2ª avaliação			3ª avaliação			4ª avaliação			5ª avaliação		
	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD	PC	CM	SD

---

----- m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> -----

Soja <sup>(1)</sup>	0,15	0,64	0,97	0,11	0,64	0,97	0,12	0,63	0,97	0,11	0,63	0,96	0,10	0,65	0,96
Trigo <sup>(2)</sup>	0,02	0,55	0,95	0,02	0,55	0,95	0,01	0,53	0,95	0,02	0,53	0,95	0,02	0,53	0,95
Soja <sup>(3)</sup>	0,05	0,60	0,95	0,04	0,70	0,95	0,04	0,71	0,96	0,04	0,71	0,95	0,06	0,72	0,96
Trigo <sup>(4)</sup>	0,03	0,48	0,95	0,03	0,48	0,96	0,02	0,45	0,95	0,02	0,45	0,95	0,02	0,45	0,95
Soja <sup>(5)</sup>	0,11	0,51	0,95	0,07	0,52	0,94	0,08	0,46	0,90	0,08	0,44	0,90	0,07	0,40	0,96
Trigo <sup>(6)</sup>	0,09	0,42	0,88	0,05	0,38	0,88	0,05	0,34	0,87	0,05	0,36	0,88	0,05	0,38	0,85
Média <sup>(a)</sup>	0,10	0,58	0,96	0,07	0,62	0,95	0,08	0,60	0,94	0,08	0,59	0,94	0,08	0,59	0,96
Média <sup>(b)</sup>	0,05	0,48	0,93	0,03	0,47	0,93	0,03	0,44	0,92	0,03	0,45	0,93	0,03	0,45	0,92

---

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup>10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05; a = soja, b = trigo.

Com o preparo convencional incorporou-se praticamente todos os resíduos culturais, deixando o solo com 0,10 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> de cobertura durante os cultivos de soja e com 0,05 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> durante os cultivos de trigo, na avaliação 1, na média dos cultivos (Tabela 5). O cultivo mínimo, por outro lado, deixou uma cobertura de 0,58 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> e 0,48 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, durante os cultivos de soja e trigo, respectivamente e, a semeadura direta, em função da mínima mobilização do solo, apresentou, na 1<sup>a</sup> avaliação, 0,96 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> de cobertura durante os cultivos de soja e 0,93 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> durante os cultivos de trigo, na média dos cultivos. As altas coberturas do solo na semeadura direta, são explicadas pela manutenção dos resíduos na superfície em decorrência do não revolvimento do solo. Em estudo realizado no local do experimento, Bertol et al. (2004b) verificaram que, para a quase completa decomposição do resíduo de milho, o tempo necessário seria de 1.000 dias, o que também foi constatado

por Hunt (1977) e Wieder & Lang (1982). Ao longo das avaliações, as coberturas do solo pelos resíduos apresentaram mínima modificação em relação aos valores obtidos na primeira avaliação (Tabela 5).

No preparo convencional, a cobertura do solo era equivalente a 8% daquela da semeadura direta e a 14% daquela do cultivo mínimo e, neste, onde a cobertura era maior do que  $0,50 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , a mesma foi reduzida à metade em relação a semeadura direta, na 1ª avaliação, na média dos cultivos (Tabela 5), em função do efeito dos diferentes preparos do solo. Tendo em vista a grande importância da cobertura do solo pelos resíduos culturais na redução da erosão hídrica, o conhecimento das modificações deste tipo de cobertura, proporcionadas pelos diferentes sistemas de manejo, são fundamentais no planejamento de uso do solo, pois, quanto menor a cobertura mais predisposto fica o solo à ação do impacto das gotas de chuva e da enxurrada.

#### 4.4. Número e volume de chuvas erosivas e não erosivas

O número e volume das chuvas erosivas e não erosivas, em cada estágio e para os três sistemas de manejo do solo, podem ser visualizados nas Tabelas 6, 7 e 8. Dados mais detalhados, sobre as chuvas, encontram-se no anexo 2.

Em função da variação de tempo de duração dos estágios nos diferentes sistemas de manejo do solo (Tabela 2), o número e o volume das chuvas também variaram nos distintos sistemas de manejo. Ao todo, foram estudadas 258 chuvas individuais, sendo que 123

(48%) foram erosivas e 135 (52%) não erosivas. Em relação ao volume, as chuvas erosivas corresponderam a 87% (3.483,9 mm) do total precipitado no período de estudo, o qual foi de 3.989,0 mm, enquanto as chuvas não erosivas foram responsáveis por apenas 13% (505,1 mm) da precipitação total. Diversos trabalhos de pesquisa apresentaram resultados semelhantes, no que se refere ao volume das chuvas erosivas, em relação ao total precipitado (Eltz, 1977; Saraiva, 1978; Jesus Filho, 1987; Schwarz, 1997; Schick, 1999).

Na Tabela 6, são apresentados o número e o volume das chuvas erosivas e não erosivas ocorridas no preparo convencional, em cada estágio dos cultivos.

Verifica-se que no 1º cultivo da soja, 41% do número e 54% do volume das chuvas erosivas se concentraram nos estádios 1, 2 e 3.

Nos estádios iniciais (1, 2 e 3), referentes ao desenvolvimento e estabelecimento das culturas, a cobertura do solo pelo dossel das plantas variou de 0 a 50%. Assim, as chuvas precipitadas nestes estádios foram importantes, do ponto de vista produção de erosão principalmente no preparo convencional, onde os resíduos foram incorporados ao solo e a superfície permaneceu descoberta.

Tabela 6. Número (Nº) e volume (mm) de chuvas erosivas e não erosivas em cada estágio durante os cultivos de soja e trigo, para o preparo convencional no Cambissolo Húmico alumínico

Cultivo	Estádio 1		Estádio 2		Estádio 3		Estádio 4		Estádio 5		Total	
	Nº	mm	Nº	mm	Nº	mm	Nº	mm	Nº	mm	Nº	mm
----- Erosivas -----												
Soja <sup>(1)</sup>	6	240,8	4	71,6	1	37,5	1	17,4	15	280,7	27	648,0
Trigo <sup>(2)</sup>	3	66,4	2	50,8	2	47,5	0	0,0	6	161,7	13	326,4
Soja <sup>(3)</sup>	2	58,2	5	170,4	1	24,4	3	61,2	14	291,9	25	606,1

Trigo <sup>(4)</sup>	1	12,7	1	34,2	3	168,6	2	158,3	11	260,5	18	634,3
Soja <sup>(5)</sup>	2	53,7	2	82,0	0	0,0	1	14,2	12	311,2	17	461,1
Trigo <sup>(6)</sup>	5	138,2	1	15,2	3	101,5	3	177,1	12	371,0	24	803,0
Média <sup>(a)</sup>	3	117,6	4	108	1	20,6	2	30,9	14	294,6	23	571,7
Média <sup>(b)</sup>	3	72,4	1	33,4	2	105,9	2	111,8	10	264,4	18	587,9
Total <sup>(a)</sup>	10	352,7	11	324,0	2	61,9	5	92,8	41	883,8	69	1.715,2
Total <sup>(b)</sup>	9	217,3	4	100,2	8	317,6	5	335,4	29	793,2	55	1.763,7
----- Não erosivas -----												
Soja <sup>(1)</sup>	3	7,9	3	10,5	1	0,4	2	7,6	17	74,7	26	101,1
Trigo <sup>(2)</sup>	0	0,0	4	14,8	3	6,8	4	11,0	12	46,1	23	78,7
Soja <sup>(3)</sup>	4	11,1	0	0,0	5	22,8	1	4,3	20	69,4	30	107,6
Trigo <sup>(4)</sup>	0	0,0	2	15,8	1	0,3	0	0,0	5	16,2	9	32,9
Soja <sup>(5)</sup>	4	19,8	5	25,8	1	3,6	3	11,8	8	32,7	21	93,7
Trigo <sup>(6)</sup>	0	0,0	1	1,2	1	3,0	2	15,7	22	71,2	26	91,1
Média <sup>(a)</sup>	4	12,9	3	12,1	2	8,9	2	7,9	15	58,9	26	100,8
Média <sup>(b)</sup>	0	0,0	2	10,6	2	3,4	2	8,9	13	44,5	19	67,6
Total <sup>(a)</sup>	11	38,8	8	36,3	7	26,8	6	23,7	45	176,8	77	302,4
Total <sup>(b)</sup>	0	0	7	31,8	5	10,1	6	26,7	39	133,5	58	202,7
Total geral <sup>(a)</sup>	21	391,5	19	360,3	9	88,7	11	178,4	86	1.060,6	145	2.017,6
Total geral <sup>(b)</sup>	9	217,3	11	132	13	327,7	11	362,1	68	926,7	113	1.966,4

<sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup>10/12/04 a 14/05/05;

<sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05; a = soja , b = trigo.

Assim, nestes estádios, o solo esteve mais susceptível aos agentes erosivos do que nos estádios 4 e 5, nos quais houve maior cobertura do solo pelo dossel. No 1º cultivo do trigo, a distribuição das chuvas erosivas per fez 54% do número e 50% do volume, nos estádios 1, 2 e 3. No entanto, o número e o volume de chuvas erosivas neste cultivo representaram cerca de 50% daqueles da soja. Para os demais cultivos, tanto da soja quanto do trigo, a distribuição das chuvas nos estádios 1, 2 e 3 foi regular, variando de 23% a 38% para o



número e 28% a 42% para o volume. No preparo convencional (Tabela 6), 35% do número e 43% do volume das chuvas erosivas ocorreram nos estádios 1, 2 e 3, durante os cultivos de soja, enquanto durante os cultivos de trigo este percentual foi de 39% para o número e 36% para o volume de chuvas erosivas, na média dos cultivos.

Na Tabela 7, são apresentados a distribuição o número e o volume das chuvas erosivas e não erosivas, para o cultivo mínimo, em cada estágio dos cultivos.

Verifica-se que no 1º cultivo da soja, 41% do número e 54% do volume das chuvas erosivas ocorreram nos estádios 1, 2 e 3 e no trigo 38% do número e 36% do volume das chuvas foram erosivas, nos referidos estádios. Para os demais cultivos, tanto da soja quanto do trigo, o número das chuvas erosivas variou de 11% a 40% para o número e o volume de 7% a 50%, nos estádios 1, 2 e 3. No cultivo mínimo, 35% do número e 46% do volume das chuvas erosivas ocorreram nos estádios 1, 2 e 3, durante os cultivos de soja, enquanto durante os cultivos de trigo este percentual foi de 28% para o número e 20% para o volume de chuvas erosivas na média dos cultivos. A redução de ocorrência de chuvas erosivas em 11% do número e 16% do volume no cultivo mínimo em relação ao preparo convencional, durante os cultivos de trigo, são explicadas pelas diferenças nas durações dos estádios (Tabela 2).

Tabela 7. Número (Nº) e volume (mm) de chuvas erosivas e não erosivas em cada estágio durante os cultivos de soja e trigo, para o cultivo mínimo no Cambissolo Húmico alumínico

Cultivo	Estádio 1		Estádio 2		Estádio 3		Estádio 4		Estádio 5		Total	
	Nº	mm	Nº	mm	Nº	mm	Nº	mm	Nº	mm	Nº	mm
----- Erosivas -----												
Soja <sup>(1)</sup>	6	240,8	3	46,8	2	62,3	1	17,4	14	280,7	27	648,0

Trigo <sup>(2)</sup>	2	55,2	3	62,0	0	0,0	2	47,5	6	161,7	13	326,4
Soja <sup>(3)</sup>	2	58,2	6	195,0	2	52,6	2	20,4	13	279,9	25	606,1
Trigo <sup>(4)</sup>	1	12,7	1	34,2	0	0,0	6	302,4	10	285,0	18	634,3
Soja <sup>(5)</sup>	2	53,7	1	34,3	1	47,7	0	0,0	14	325,4	17	461,1
Trigo <sup>(6)</sup>	5	138,2	1	15,2	1	36,0	3	95,1	14	518,5	24	803,0
Média <sup>(a)</sup>	3	117,6	3	92,0	2	54,2	1	12,6	14	295,3	23	571,7
Média <sup>(b)</sup>	3	68,7	2	37,1	0	12,0	4	148,4	10	321,7	18	587,9
Total <sup>(a)</sup>	10	352,7	10	276,1	5	162,6	3	37,8	40	886,0	69	1.715,2
Total <sup>(b)</sup>	8	206,1	5	111,4	1	36,0	11	445,0	30	965,2	55	1.763,7
----- Não erosivas -----												
Soja <sup>(1)</sup>	2	4,2	2	6,9	2	7,3	3	8,0	17	74,7	26	101,1
Trigo <sup>(2)</sup>	0	0,0	3	13,0	1	1,8	6	14,3	13	49,6	23	78,7
Soja <sup>(3)</sup>	4	10,5	4	22,8	1	4,3	4	9,7	17	60,3	30	107,6
Trigo <sup>(4)</sup>	1	0,6	2	15,8	1	0,3	0	0,0	5	16,2	9	32,9
Soja <sup>(5)</sup>	3	19,8	6	25,8	0	0,0	3	14,8	9	33,3	20	93,7
Trigo <sup>(6)</sup>	0	0,0	1	1,2	0	0,0	2	10,5	23	79,4	26	91,1
Média <sup>(a)</sup>	3	11,5	4	18,5	1	3,9	3	10,8	14	56,1	25	100,8
Média <sup>(b)</sup>	0	0,2	2	10,0	1	0,7	3	8,3	14	48,4	19	67,6
Total <sup>(a)</sup>	9	34,5	12	55,5	3	11,6	10	32,5	43	168,3	76	302,4
Total <sup>(b)</sup>	0	0,0	6	30,0	2	2,1	8	24,8	41	145,2	58	202,7
Total geral <sup>(a)</sup>	19	387,2	22	331,6	8	174,2	13	70,3	83	1.054,3	145	2.017,6
Total geral <sup>(b)</sup>	8	206,1	11	141,4	3	38,1	19	469,8	71	1.110,4	113	1.966,4

<sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup>10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05; a = soja, b = trigo.

Tabela 8. Número (N<sup>o</sup>) e volume (mm) de chuvas erosivas e não erosivas em cada estágio durante os cultivos de soja e trigo, para a semeadura direta no Cambissolo Húmico alumínico

Cultura	Estádio 1		Estádio 2		Estádio 3		Estádio 4		Estádio 5		Total	
	N <sup>o</sup>	mm	N <sup>o</sup>	mm	N <sup>o</sup>	mm	N <sup>o</sup>	mm	N <sup>o</sup>	mm	N <sup>o</sup>	mm
----- Erosivas -----												

Soja <sup>(1)</sup>	6	240,8	2	35,8	1	11,0	3	79,7	14	280,7	27	648,0
Trigo <sup>(2)</sup>	2	55,2	3	62,0	1	15,2	1	30,2	6	163,8	13	326,4
Soja <sup>(3)</sup>	2	58,2	6	195,0	2	52,6	2	22,8	13	277,5	25	606,1
Trigo <sup>(4)</sup>	1	12,7	1	34,2	0	0,0	5	168,6	11	418,8	18	634,3
Soja <sup>(5)</sup>	2	53,7	1	34,3	1	47,7	0	0,0	14	325,4	17	461,1
Trigo <sup>(6)</sup>	5	138,2	1	15,2	3	101,5	1	29,6	14	518,5	24	803,0
Média <sup>(a)</sup>	3	117,6	3	88,4	1	37,1	2	34,1	14	294,5	23	571,7
Média <sup>(b)</sup>	3	68,7	2	37,1	1	38,9	2	76,2	10	367,0	18	587,9
Total <sup>(a)</sup>	10	352,7	9	265,1	4	111,3	5	102,5	40	883,6	69	1.715,2
Total <sup>(b)</sup>	8	206,1	5	111,4	4	116,7	7	228,4	31	1.101,1	55	1.763,7
----- Não erosivas -----												
Soja <sup>(1)</sup>	3	7,9	1	3,2	2	7,3	2	6,4	18	76,3	26	101,1
Trigo <sup>(2)</sup>	0	0,0	3	13,0	3	7,4	4	8,7	13	49,6	23	78,7
Soja <sup>(3)</sup>	3	10,5	3	21,5	2	5,6	5	16,0	17	54,0	30	107,6
Trigo <sup>(4)</sup>	1	0,6	2	15,8	0	0	1	0,3	5	16,2	9	32,9
Soja <sup>(5)</sup>	3	19,8	5	25,8	0	0	3	14,8	9	33,3	20	93,7
Trigo <sup>(6)</sup>	0	0,0	1	1,2	1	3,0	2	17,7	23	69,2	26	91,1
Média <sup>(a)</sup>	3	12,7	3	16,8	1	4,3	3	12,4	15	54,5	25	100,8
Média <sup>(b)</sup>	0	0,2	2	10,0	1	3,5	2	8,9	14	45,0	19	67,6
Total <sup>(a)</sup>	9	38,2	9	50,5	4	12,9	10	37,2	44	163,6	76	302,4
Total <sup>(b)</sup>	0	0,0	6	30,0	4	10,4	7	26,7	41	135,0	58	202,7
Total geral <sup>(a)</sup>	19	390,9	18	315,6	8	124,2	15	139,7	84	1.047,2	145	2.017,6
Total geral <sup>(b)</sup>	8	206,1	11	141,4	8	127,1	14	255,1	72	1.236,1	113	1.966,4

<sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup>10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05.

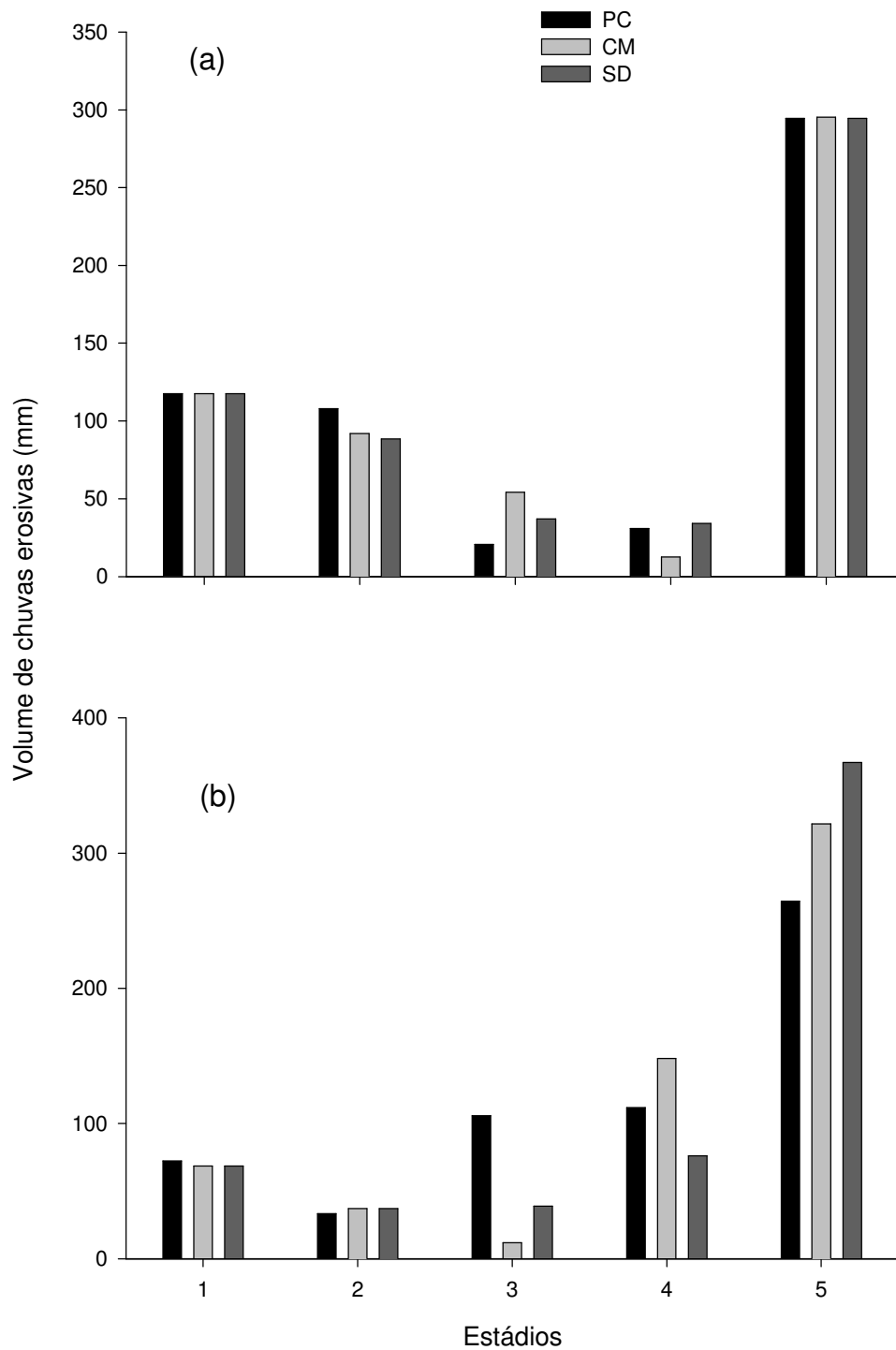


Figura 3. Distribuição do volume de chuvas erosivas, em cada sistema de manejo do solo e estágio durante os cultivos de soja (a) e de trigo (b) (média dos cultivos).

No cultivo mínimo, durante os cultivos de trigo, foram necessários 49 dias para que a cultura completasse os estádios 1, 2 e 3, atingindo 50% de cobertura do solo pelo dossel, enquanto no preparo convencional foram necessários 61 dias para isto, o que se refletiu nas modificações de distribuição das chuvas erosivas, durante o ciclo da cultura nos diferentes cultivos.

Na Tabela 8, são apresentados o número e o volume das chuvas erosivas e não erosivas para a semeadura direta, em cada estágio dos cultivos.

No 1º cultivo da soja, 33% do número e 44% do volume das chuvas erosivas ocorrem nos estádios 1, 2 e 3 e, no trigo, 46% do número e 41% do volume das chuvas erosivas foram nos referidos estádios. Para os demais cultivos, tanto da soja quanto do trigo, a distribuição das chuvas variou como ocorrera no cultivo mínimo, de 11% a 40% para o número e de 7% a 50% para o volume, nos estádios 1, 2 e 3. Na semeadura direta (Tabela 8), 30% do número e 43% do volume das chuvas erosivas ocorreram nos estádios 1, 2 e 3, durante os cultivos de soja, enquanto durante os cultivos de trigo este percentual foi de 33% para o número e 25% para o volume de chuvas erosivas, na média dos cultivos. Este percentual de distribuição, foi menor do que no preparo convencional e levemente superior ao cultivo mínimo. As diferenças entre os sistemas de manejo do solo, no que se refere à distribuição das chuvas erosivas ao longo dos cultivos, são explicadas pelas diferenças nas durações dos estádios.

Para ambos os sistemas de manejo do solo e ciclos de cultivo, no estágio 5 se concentraram o maior número e volume de chuvas erosivas (Tabelas 6, 7 e 8), explicados

pelo fato deste estágio apresentar a maior duração de tempo em relação aos demais (Tabela 2).

Nos ciclos culturais 3, 4, 5 e 6, o volume de chuvas erosivas precipitado foi maior durante os cultivos de trigo do que nos cultivos de soja, com diferenças mais pronunciadas nos ciclos 5 e 6. No 6º ciclo o volume de chuvas erosivas foi aproximadamente 43% maior do que aquele precipitado durante o 5º ciclo cultural (Tabelas 6, 7 e 8). Na média dos ciclos culturais, a diferença entre os cultivos de soja e trigo foi muito pequena.

A Figura 3 mostra a distribuição do volume de chuvas erosivas, nos diferentes estágios dos cultivos de soja (Figura 3a) e de trigo (Figura 3b), para os diferentes sistemas de manejo do solo. O volume de chuvas erosivas tendeu a se concentrar no estágio 5, com volumes expressivos também nos estágios 1 e 2, para os cultivos de soja (Figura 3a), em ambos os sistemas de manejo do solo. Nos cultivos de trigo (Figura 3b), o volume de chuvas erosivas se concentrou no estágio 5, com volume expressivo também no estágio 4 em ambos os sistemas de manejo, e, especialmente no preparo convencional, também no estágio 3. As diferenças entre os cultivos são devidas ao fato de que o maior volume de chuvas erosivas, em Lages-SC, coincide com os estágios iniciais de desenvolvimento para o cultivo da soja (estágios 1 e 2) e, para o trigo, isto normalmente ocorre quando a cultura está em fase final de desenvolvimento (estágios 4 e 5), conforme Bertol et al. (2002a).

#### 4.5. Erosividade das chuvas

A Tabela 9 mostra a erosividade das chuvas (índice  $EI_{30}$ ), em cada estágio para os seis ciclos culturais.

A erosividade das chuvas é importante que seja conhecida, pois compõe o modelo Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) (Wischmeier & Smith, 1978) e Equação Universal de Perda de Solo Revisada (EUPSR) (Renard et al., 1997) para a predição de perdas de solo por erosão, combinada com os demais fatores dos referidos modelos. Fator R dos modelos, a erosividade possui outra importância científica, já que é utilizada no cálculo do fator cobertura e manejo do solo (fator C) e na determinação do fator K. A fração da erosividade ( $FEI_{30}$ ) das chuvas, em cada estágio e cultivo, está representada na Tabela 10.

A erosividade média anual para a sucessão dos cultivos soja-trigo foi de 4.118 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (Tabela 9), equivalendo a 71%, da erosividade média anual (5.790 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) determinada por Bertol et al. (2002a), para este mesmo local. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que no presente trabalho foi considerada apenas a erosividade das chuvas que precipitaram durante os ciclos das culturas e durante o período experimental que foi de apenas três anos. Assim, houveram vários intervalos de tempo entre a colheita de uma cultura e a implantação de outra seguinte e, dessa forma, muitas chuvas, mesmo erosivas, as quais ocorreram nestes intervalos de tempo, não foram consideradas no presente estudo, o que justifica o baixo valor absoluto de erosividade obtido. Além disso, o estudo de Bertol et al. (2002a) compreendeu maior período de tempo e, realizado em outra época.

Os valores de  $EI_{30}$ , variaram amplamente entre os estádios, cultivos e sistemas de manejo. Os valores de  $EI_{30}$  foram nulos em determinados estádios em ambos os sistemas de manejo. Por outro lado, em outros estádios, os valores de  $EI_{30}$  foram altos. No estágio 1, os índices de erosividade variaram de 49 a 1.726 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, durante os cultivos de soja e

de 13 a 359 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, nos de trigo. Bertol (1994) encontrou valores de EI<sub>30</sub>, de 3.234 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, durante os cultivos de soja e de 1.848 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, durante os de trigo. Shick et al. (2000) encontraram valores de EI<sub>30</sub> variando de 2.496 a 4.742 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, durante os cultivos de soja e de 713 a 3.185 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, durante os de trigo. Dedecek (1988) encontrou valores de EI<sub>30</sub> mínimo de 1,5 e máximo de 122, para chuvas convectivas e mínimo de 1,4 e máximo de 81, para chuvas frontais no cerrado brasileiro. Essa variação no EI<sub>30</sub>, é normal, explicada pela diferença na época em que foram obtidos e em relação ao trabalho de Dedecek (1988), devido a variação climática entre as regiões. Estes dados indicam que para a região de Lages-SC, o risco de erosão hídrica é maior durante os cultivos de soja do que os de trigo.

As frações do EI<sub>30</sub> (FEI<sub>30</sub>), foram menores no estágio 4 do que nos demais, durante os cultivos de soja, no entanto, para o preparo convencional a FEI<sub>30</sub>, foi maior no estágio 4 do que no 3, na média dos cultivos (Tabela 10). As FEI<sub>30</sub>, foram maiores durante os estádios 1, 2 e 3, na soja do que no trigo, em ambos os sistemas de manejo. Nos estádios 4 e 5, as FEI<sub>30</sub>, foram maiores no trigo do que na soja, em ambos os sistemas de manejo, na média dos cultivos. Este comportamento da distribuição da FEI<sub>30</sub> concorda com a distribuição de volume das chuvas erosivas e suas erosividades.

Nos cultivos de trigo, as FEI<sub>30</sub> diferiram dos cultivos de soja, em função do comportamento de distribuição das chuvas erosivas locais, que tenderam a apresentar maior erosividade durante os meses de primavera-verão, conforme constatado por Bertol et al. (2002a). O comportamento da erosividade das chuvas, durante os cultivos de soja (Figura 4a), pode ser explicado por dois motivos: primeiro, pelo fato de que os estádios 1, 2 e 3, para a cultura da soja, coincidem com aquele de maior erosividade das chuvas para este



local (Bertol et al., 2002a), o que foi constatado no presente trabalho especialmente no ciclo cultural 1, durante o cultivo de soja, onde a erosividade das chuvas foi de 1.726 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, representando 45% da erosividade total durante do ciclo (Tabela 9); e segundo, no presente trabalho, tanto para os cultivos de soja quanto para os de trigo, o estágio 5 foi o de maior duração, para ambos os sistemas de manejo (Tabela 2), o que fez com que ocorresse maior número de chuvas erosivas neste estágio do que nos demais (Tabelas 6, 7 e 8).

Tabela 9. Erosividade das chuvas (índice EI<sub>30</sub>), em cada estágio durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico aluminico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Estádio	Sistema de Manejo	Cultivo						Média		Total
		Soja <sup>(1)</sup>	Trigo <sup>(2)</sup>	Soja <sup>(3)</sup>	Trigo <sup>(4)</sup>	Soja <sup>(5)</sup>	Trigo <sup>(6)</sup>	Soja	Trigo	
----- EI <sub>30</sub> (MJmm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) -----										
1	PC	1.726	177	135	13	49	359	637	183	820
	CM	1.726	133	135	13	49	359	637	168	805
	SD	1.726	133	135	13	49	359	637	168	805
2	PC	74	121	608	60	167	20	283	67	350
	CM	48	147	769	60	107	20	308	76	384
	SD	48	147	689	60	107	20	281	76	357
3	PC	339	55	161	190	0	111	167	119	286
	CM	365	19	764	0	60	0	396	6	402
	SD	26	19	796	0	60	0	294	6	300
4	PC	60	0	764	1.119	92	58	305	392	697
	CM	60	54	49	619	0	159	36	277	313
	SD	399	54	109	619	0	159	169	277	446
5	PC	1.614	519	703	530	1.226	1.304	1181	784	1.965
	CM	1.614	519	654	1.220	1.318	1.314	1195	1018	2.213
	SD	1.614	519	642	1.220	1.318	1.314	1191	1018	2.209
Total		3.813	872	2.371	1.912	1.534	1.852	2.573	1.545	4.118

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup> 23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup> 16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup> 07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup> 23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup> 10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup> 02/06/05 a 31/10/05.

Tabela 10. Fração do índice de erosividade (FEI<sub>30</sub>), em cada estágio durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Estádio	Sistema de manejo	Cultivo						Média	
		Soja <sup>(1)</sup>	Trigo <sup>(2)</sup>	Soja <sup>(3)</sup>	Trigo <sup>(4)</sup>	Soja <sup>(5)</sup>	Trigo <sup>(6)</sup>	Soja	Trigo
----- FEI <sub>30</sub> -----									
1	PC	0,453	0,203	0,057	0,006	0,032	0,194	0,181	0,134
	CM	0,453	0,152	0,057	0,006	0,032	0,194	0,181	0,117
	SD	0,453	0,177	0,057	0,006	0,032	0,194	0,181	0,126
2	PC	0,019	0,139	0,257	0,031	0,109	0,011	0,128	0,060
	CM	0,012	0,168	0,324	0,031	0,069	0,011	0,135	0,070
	SD	0,012	0,153	0,290	0,031	0,069	0,011	0,124	0,065
3	PC	0,089	0,062	0,068	0,100	0,000	0,060	0,052	0,074
	CM	0,096	0,022	0,322	0,000	0,039	0,000	0,152	0,007
	SD	0,007	0,024	0,336	0,000	0,039	0,030	0,127	0,018
4	PC	0,016	0,000	0,322	0,585	0,060	0,031	0,133	0,205
	CM	0,016	0,062	0,020	0,324	0,000	0,086	0,012	0,157
	SD	0,105	0,048	0,046	0,212	0,000	0,056	0,050	0,105
5	PC	0,423	0,595	0,296	0,277	0,799	0,704	0,506	0,525
	CM	0,423	0,595	0,276	0,638	0,859	0,709	0,519	0,647
	SD	0,423	0,595	0,270	0,750	0,859	0,709	0,517	0,685

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup> 23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup> 16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup> 07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup> 23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup> 10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup> 02/06/05 a 31/10/05.

O conhecimento da distribuição de erosividade é extremamente importante, pois, no estágio 1 das culturas, a proteção da superfície do solo é mínima, especialmente no preparo convencional e, dessa forma, o risco de ocorrerem perdas significativas de solo por erosão, neste estágio, é muito grande. Os ciclos culturais 4 e 6 de trigo apresentaram altas erosividades, assim como no ciclo cultural 5 de soja, indicando que grandes riscos de

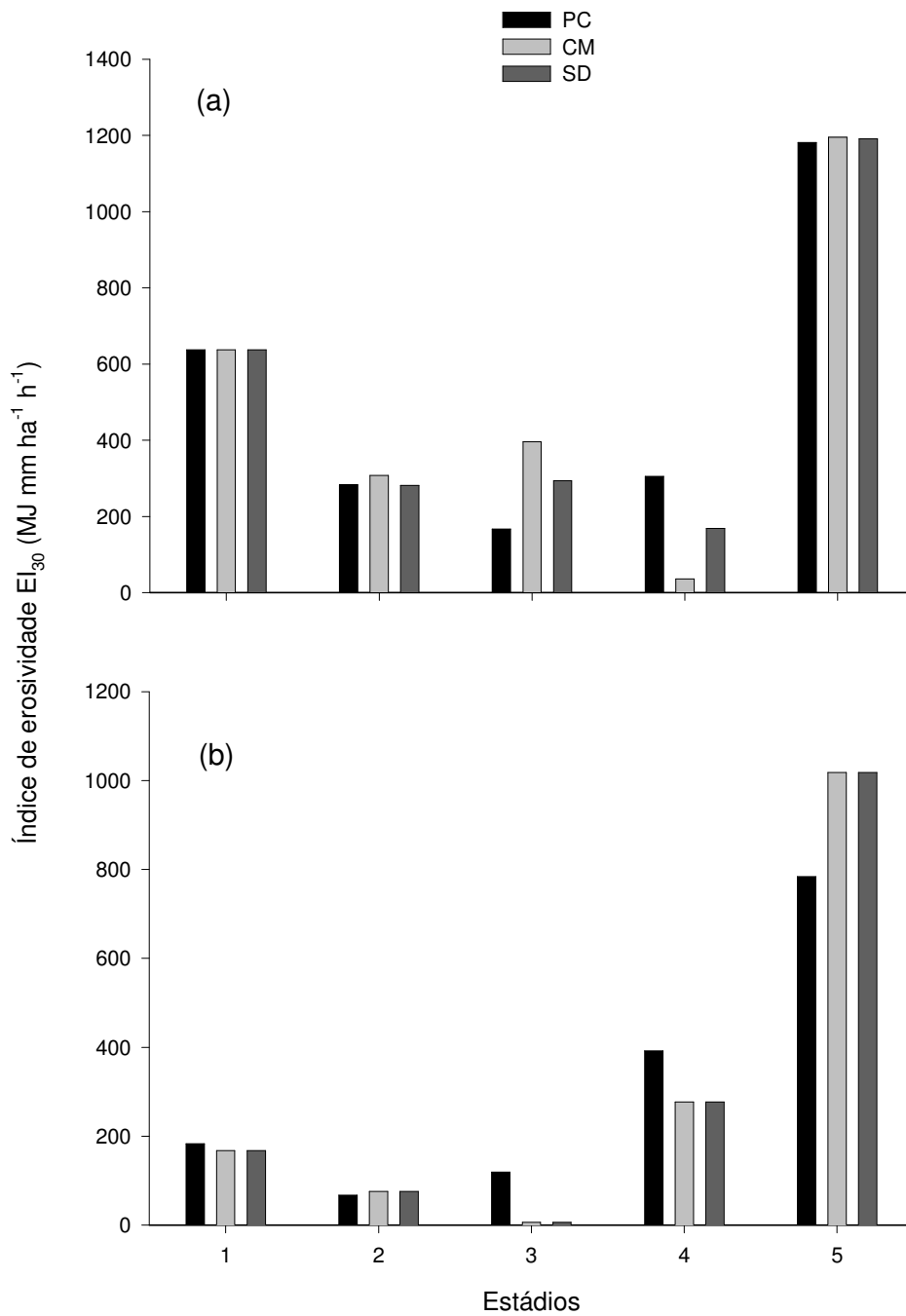


Figura 4. Distribuição da erosividade das chuvas (índice  $EI_{30}$ ), em sistema de manejo do solo e estágio, durante os cultivos de soja (a) e de trigo (b) (média dos cultivos).

perdas de solo podem ocorrer também, durante os cultivos de trigo, no final do seu ciclo (Figura 4b), mesmo que a implantação desta cultura não coincida com a época de maior erosividade das chuvas para esta região. Além disso, durante o cultivo de trigo, as temperaturas na região são baixas e a umidade relativa do ar nesta época do ano tende a ser alta, o que faz com que o solo permaneça úmido por mais tempo, proporcionando condições favoráveis ao escoamento superficial, quando o solo for submetido a chuvas sucessivas, com curto intervalo de tempo entre elas.

#### 4.6. Perdas de água e solo por erosão hídrica

##### 4.6.1. Perdas de água

As perdas de água pela erosão hídrica, em cada estágio dos cultivos de soja e trigo, nos diferentes sistemas de manejo do solo, estão representadas no Tabela 11.

A maior perda de água total, na forma de enxurrada, ocorreu no preparo convencional, durante o ciclo cultural 6 (trigo), com 41,6% da chuva total precipitada. Durante este mesmo ciclo cultural a perda de água total, no cultivo mínimo foi de 30,1% da chuva e, na semeadura direta, 15,4%. Na média dos seis ciclos culturais, as perdas de água seguiram a mesma tendência verificada no 6º cultivo, com o preparo convencional apresentando as maiores perdas de água dentre os sistemas de manejo do solo. Neste caso, as perdas totais anuais de água da chuva na forma de enxurrada, foram de 14,3%; 11,3% e 4,5%, para os cultivos de soja, no preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura

direta, respectivamente e, para o trigo, de 22,91%; 19,25% e 8,42%, para os respectivos sistemas de manejo do solo. O volume total de chuvas erosivas, durante os seis ciclos culturais foi de 3.478,9 mm (Tabelas 6, 7 e 8) e, sendo assim, a semeadura direta, reduziu as perdas de água em 68% e 60%, durante os cultivos de soja, quando comparada ao preparo convencional e ao cultivo mínimo, respectivamente e, em 63% e 56%, durante os cultivos de trigo. Estes resultados assemelham-se com os de Shick et al. (2000) e indicam que o aumento na intensidade de preparo do solo, facilita o selamento superficial pela ação da chuva (Duley, 1939), o que contribui para diminuir a infiltração e aumentar as perdas de água por escoamento superficial (Allmaras et al., 1967; Larson & Gill, 1973). As menores perdas de água encontradas na semeadura direta estão associadas à proteção da superfície do solo promovida pelos resíduos culturais, desde o início até o final do ciclo das culturas (Tabela 5), evitando a desagregação do solo pelo impacto das gotas de chuva, preservando as propriedades físicas, diminuindo a velocidade da enxurrada e mantendo altas taxas de infiltração de água no solo (Wischmeier, 1978).

Em alguns estádios durante os ciclos culturais, especialmente naqueles com grande volume de chuva, as perdas de água na semeadura direta foram bastante expressivas, semelhantes àsquelas do cultivo mínimo e preparo convencional (Tabela 11), indicando que o solo apresentava um limite na capacidade de infiltração de água, a partir do qual a taxa de enxurrada tendeu a se igualar, independente do sistema de manejo do solo, conforme constatado por Bertol (1994).

Tabela 11. Perdas de água por erosão hídrica, em cada estágio durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Estádio	Sistema de manejo	Cultivo						Média	
		Soja <sup>(1)</sup>	Trigo <sup>(2)</sup>	Soja <sup>(3)</sup>	Trigo <sup>(4)</sup>	Soja <sup>(5)</sup>	Trigo <sup>(6)</sup>	Soja	Trigo
		----- % da chuva -----							
1	PC	16,35	0,22	0,12	0,03	0,13	7,27	5,53	2,51
	CM	13,37	0,08	0,18	0,02	0,05	3,52	4,53	1,21
	SD	7,53	0,12	0,11	0,02	0,09	1,92	2,58	0,69
2	PC	0,08	2,36	4,14	0,11	2,86	0,03	2,36	0,83
	CM	0,04	3,57	5,97	0,14	0,95	0,03	2,32	1,25
	SD	0,02	1,17	2,30	0,06	0,20	0,03	0,84	0,42
3	PC	1,25	0,77	0,03	2,38	0,00	4,55	0,43	2,57
	CM	3,16	0,09	0,61	0,00	0,21	0,00	1,33	0,03
	SD	0,01	0,04	0,12	0,00	0,13	0,49	0,09	0,18
4	PC	0,05	0,00	0,21	14,70	0,08	0,21	0,11	4,97
	CM	0,02	1,48	0,02	17,27	0,00	3,80	0,01	7,52
	SD	0,63	0,08	0,04	2,53	0,00	0,56	0,22	1,06
5	PC	2,01	2,68	1,92	3,90	13,65	29,54	5,86	12,04
	CM	0,77	2,32	3,07	2,66	5,48	22,76	3,11	9,25
	SD	0,37	0,53	0,81	5,30	1,11	12,40	0,76	6,08
Total	PC	19,74	6,03	6,42	21,11	16,73	41,60	14,30	22,91
	CM	17,36	7,54	9,85	20,09	6,70	30,11	11,30	19,25
Chuva	SD	8,56	1,95	3,39	7,93	1,54	15,39	4,50	8,42
	(mm)	648,0	326,4	606,1	634,3	461,1	803,0	571,7	587,9

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup>10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05.

As perdas de água foram em geral maiores nos estádios 1 e 5 (Tabela 11), de acordo com os volumes de chuva (Tabelas 6, 7 e 8). No estádio 1 do ciclo cultural 1, a perda de água foi maior do que nos demais estádios, em ambos os sistemas de manejo do solo (Tabela 11), representando, 83%, 77% e 88% da perda de água total no ciclo da soja, para o preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta, respectivamente. Este comportamento está associado ao maior volume (Tabelas 6, 7 e 8) das chuvas neste estádio para este ciclo cultural. Embora no estádio 5 tivessem ocorrido volumes de chuva semelhantes aos do estádio 1, as perdas de água no estádio 5, foram menores do que no estádio 1 (Tabela 11). Isto está associado a maior proteção da superfície do solo pelo dossel das plantas no estádio 5, quando a copa das culturas protegeu o solo em mais de 90% (Tabela 3), portanto, com maior eficácia do que no estádio 1, quando, neste estádio, a planta ainda estava em desenvolvimento, cobrindo apenas 10% da superfície do solo.

Durante o ciclo cultural 6 (trigo), as perdas de água também se concentraram nos estádios 1 e 5 (Tabela 11), no entanto, houve comportamento inverso em relação ao ciclo 1, pois as maiores perdas de água foram observadas no estádio 5.

Isto é explicado por que no estádio 1 do trigo, embora o solo estivesse menos protegido pelo dossel das plantas, o volume das chuvas erosivas não foi tão alto quanto aquele encontrado no estádio 5. O volume de chuvas erosivas tendeu a aumentar à medida que a cultura de trigo se aproximou da colheita, ou seja, dos estádios iniciais para o final (Tabelas 6, 7 e 8), cujo comportamento já foi justificado anteriormente. Dessa forma, para os demais estádios e cultivos, as perdas de água concentraram-se nos estádios 3 e 4, para os de trigo e nos estádios 1 e 2, para os de soja (Tabela 11).



Tabela 12. Perdas de água por erosão hídrica no solo sem cultivo, em cada intervalo de tempo equivalente aos estádios, dos cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico, submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Estádio	Sistema de manejo	Cultivo						Média	
		Soja <sup>(1)</sup>	Trigo <sup>(2)</sup>	Soja <sup>(3)</sup>	Trigo <sup>(4)</sup>	Soja <sup>(5)</sup>	Trigo <sup>(6)</sup>	Soja	Trigo
----- % da chuva -----									
1	a	21,05	0,70	1,14	0,04	0,34	9,83	7,51	3,52
	b	21,05	0,14	1,14	0,04	0,34	9,83	7,51	3,34
	c	21,05	0,42	1,14	0,04	0,34	9,83	7,51	3,43
2	a	0,21	5,69	13,49	1,17	9,73	0,04	7,81	2,30
	b	0,18	5,72	14,34	1,17	5,23	0,04	6,58	2,31
	c	0,18	5,70	13,92	1,17	5,23	0,04	6,44	2,30
3	a	4,38	3,95	0,86	5,97	0,00	5,55	1,75	5,16
	b	4,42	0,53	2,91	0,00	4,50	0,00	3,94	0,18
	c	0,03	0,42	3,06	0,00	4,50	2,77	2,53	1,06
4	a	0,08	0,00	2,91	21,37	0,17	1,77	1,05	7,71
	b	0,08	3,95	0,01	27,35	0,00	7,26	0,03	12,85
	c	4,46	3,79	0,30	10,63	0,00	4,47	1,59	6,30
5	a	14,83	7,55	12,16	19,05	25,94	38,26	17,64	21,62
	b	14,83	7,55	12,15	19,05	26,11	38,33	17,70	21,64
	c	14,83	7,55	12,14	35,75	26,11	38,33	17,69	27,21
Total		40,55	17,89	30,56	47,60	36,18	55,45	35,76	40,31
Chuva	(mm)	648,0	326,4	606,1	634,3	461,1	803,0	571,7	587,9

---

a = referente a duração dos estádios no preparo convencional; b = referente a duração dos estádios no cultivo mínimo; c = referente a duração dos estádios na semeadura direta. <sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup> 10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05.

As perdas de água no solo sem cultivo estão representadas na Tabela 12 e variaram nos períodos equivalentes aos estádios dos cultivos de acordo com a duração dos mesmos, nos diferentes sistemas de manejo do solo.

As perdas de água no solo sem cultivo, tenderam a se concentrar no estágio 5, tanto para os intervalos de tempo equivalentes aos cultivos de soja quanto para os de trigo, em ambos os sistemas de manejo do solo, na média dos cultivos (Tabela 12). As maiores perdas de água no solo sem cultivo, durante o estágio 5, são explicadas pelas maiores durações deste estágio em relação aos demais (Tabela 2) e, ainda, ao fato de, neste estágio, terem ocorrido chuvas erosivas em maior número e volume (Tabelas 6, 7 e 8). No ciclo cultural 1 ocorreu, 37% do volume total de chuvas erosivas. Dessa forma, 52% das perdas de água ocorreram neste estágio 1, no solo sem cultivo neste ciclo, embora este tivesse tido menor duração que o estágio 5 (Tabela 12). As perdas de água totais neste tratamento, foram maiores durante nos ciclos equivalentes aos cultivos de trigo do que de soja (Tabela 12). Isto é explicado pelos maiores volumes de chuvas erosivas durante os cultivos de trigo do que de soja. Além disso, durante os cultivos de trigo, as temperaturas na região foram baixas, o que fez com a umidade relativa do ar fosse alta. Dessa forma, o solo permaneceu úmido por maior período de tempo, o que facilitou as perdas de água na forma de

enxurrada, no solo sem cultivo, nos períodos equivalentes aos dos cultivos de trigo em relação aos de soja.

#### 4.6.2. Perdas de solo

As perdas de solo por erosão hídrica, em cada estágio nos diferentes ciclos culturais e sistemas de manejo do solo, estão representadas na Tabela 13, as quais variaram amplamente entre os cultivos e seguindo a tendência das perdas de água, com diferenças marcantes entre os sistemas de manejo do solo. O preparo convencional apresentou as maiores perdas de solo, em todos os ciclos culturais, tendo sido 18 e 61 vezes maiores do que àquelas verificadas no cultivo mínimo e semeadura direta, respectivamente, durante os cultivos de soja (Tabela 13). Durante os cultivos de trigo, as diferenças do preparo convencional, em relação ao cultivo mínimo e semeadura direta, foram da ordem de duas e cinco vezes, respectivamente. Essas menores diferenças, durante os cultivos de trigo em relação aos de soja, nas perdas de solo, entre os sistemas de manejo, são explicadas pela maior perda de solo no cultivo mínimo e semeadura direta, nos cultivos de trigo do que de soja. No cultivo mínimo, as perdas de solo foram duas vezes maiores nos cultivos de trigo do que de soja e, na semeadura direta, 2,5 vezes maiores (Tabela 13), pelo fato de solo permanecer úmido por mais tempo, durante os cultivos de trigo, facilitando a ocorrência de enxurrada, concordando com Bertol (1994).

No preparo convencional, as perdas de solo durante os cultivos de soja foram aproximadamente, cinco vezes maiores, do que aquelas verificadas nos cultivos de trigo, na média dos cultivos. Isto se deve a elevada perda de solo ocorrida no ciclo cultural 1 deste

preparo. No ciclo cultural 1, 45% da erosividade total do ciclo, ocorreu no estágio 1 da cultura (soja), isso fez com que as perdas de solo no preparo convencional, durante o estágio 1, representassem 93% da perda de solo total, que neste ciclo foi de 24,73 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 13). Assim, as perdas de solo, foram influenciadas pela erosividade e condições de superfície do solo, que neste tratamento, apresentava baixa cobertura pelo resíduo.

Tabela 13. Perdas de solo por erosão hídrica, em cada estágio durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Estádio	Sistema de manejo	Cultivo						Média	
		Soja <sup>(1)</sup>	Trigo <sup>(2)</sup>	Soja <sup>(3)</sup>	Trigo <sup>(4)</sup>	Soja <sup>(5)</sup>	Trigo <sup>(6)</sup>	Soja	Trigo
----- Mg ha <sup>-1</sup> -----									
1	PC	23,02	0,04	0,03	0,12	0,01	1,63	7,69	0,60
	CM	0,65	0,02	0,01	0,12	0,00	0,34	0,22	0,16
	SD	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,28	0,02	0,10
2	PC	0,01	0,04	0,19	0,04	0,11	0,00	0,10	0,03
	CM	0,00	0,04	0,22	0,03	0,01	0,00	0,08	0,02
	SD	0,00	0,02	0,04	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01
3	PC	0,06	0,03	0,00	0,16	0,00	0,32	0,02	0,17
	CM	0,02	0,00	0,11	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00
	SD	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
4	PC	0,00	0,00	0,08	0,90	0,00	0,00	0,03	0,30
	CM	0,00	0,02	0,00	0,81	0,00	0,32	0,00	0,38
	SD	0,01	0,00	0,02	0,08	0,00	0,00	0,01	0,03
	PC	1,64	0,04	0,16	0,37	0,28	1,55	0,69	0,65

5	CM	0,12	0,04	0,08	0,28	0,19	0,91	0,13	0,41
	SD	0,07	0,01	0,05	0,16	0,10	0,46	0,07	0,21
	PC	24,73	0,17	0,46	1,59	0,40	3,50	8,53	1,75
Total	CM	0,79	0,12	0,42	1,24	0,22	1,57	0,48	0,98
	SD	0,13	0,03	0,14	0,27	0,14	0,76	0,14	0,35
EI <sub>30</sub>		3.813	872	2.371	1.912	1.534	1.852	2.573	1.545
(MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )									

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup> 23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup> 16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup> 07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup> 23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup> 10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup> 02/06/05 a 31/10/05.

Tabela 14. Perdas de solo por erosão hídrica no solo sem cultivo, em cada intervalo de tempo equivalente aos estádios, dos cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico aluminico, submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Sistema de manejo E	Cultivo	Média							
		stádio						Soja	Trigo
		Soja <sup>(1)</sup>	Trigo <sup>(2)</sup>	Soja <sup>(3)</sup>	Trigo <sup>(4)</sup>	Soja <sup>(5)</sup>	Trigo <sup>(6)</sup>	Soja	Trigo
		Mg ha <sup>-1</sup>							
1	a	84,37	0,12	0,14	0,23	0,04	6,58	28,18	2,31
	b	84,37	0,09	0,14	0,23	0,04	6,58	28,18	2,30
	c	84,37	0,12	0,14	0,23	1,35	6,58	28,62	2,31
2	a	0,03	0,15	5,75	0,22	1,04	0,03	2,27	0,13
	b	0,03	0,18	9,97	0,22	1,04	0,03	3,68	0,14
	c	0,03	0,15	7,84	0,22	0,00	0,03	2,62	0,13
3	a	7,56	0,06	4,22	0,86	0,31	2,78	4,03	1,23
	b	7,56	0,00	9,67	0,00	0,31	0,00	5,85	0,00
	c	0,00	0,00	10,45	0,00	0,04	0,00	3,50	0,00
4	a	0,05	0,00	9,67	19,19	0,00	0,07	3,24	6,42
	b	0,05	0,06	0,00	20,05	0,00	2,81	0,02	7,64
	c	7,61	0,06	1,35	4,06	0,00	2,81	2,99	2,31
5	a	37,51	0,44	25,60	7,66	11,07	15,42	24,73	7,84
	b	37,51	0,44	25,60	7,66	11,07	15,46	24,73	7,85
	c	37,51	0,44	25,60	23,65	11,07	15,46	24,73	13,18
Total		129,52	0,77	45,38	28,16	12,46	24,88	62,45	17,94
EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )		3.813	872	2.371	1.912	1.534	1.852	2.573	1.545

a = referente a duração dos estádios no preparo convencional; b = referente a duração dos estádios no cultivo mínimo; c = referente a duração dos estádios na semeadura direta.

<sup>(1)</sup>23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup>16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup>07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup>23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup> 10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup>02/06/05 a 31/10/05.

A magnitude das perdas de solo nos sistemas de manejo do solo conservacionistas, foi muito baixa, apresentando, na média dos seis ciclos culturais,  $0,73 \text{ Mg ha}^{-1}$  no cultivo mínimo e  $0,25 \text{ Mg ha}^{-1}$  na semeadura direta. Assim no cultivo mínimo as referidas perdas equivalem a 15% e na SD 5% da tolerância de perda de solo, que, para este solo, é de  $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Bertol & Almeida, 2000).

O preparo convencional apresentou perda média anual de solo de  $10,28 \text{ Mg ha}^{-1}$ ,  $8,53 \text{ Mg ha}^{-1}$  para a soja e  $1,75 \text{ Mg ha}^{-1}$  para o trigo (Tabela 13), a qual é superior à tolerância de perda de solo, de  $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Essa alta perda média anual de solo no preparo convencional é explicada pela elevada perda de solo ocorrida durante o cultivo 1, quando chuvas de alta erosividade (Tabela 9) precipitaram sobre o solo praticamente descoberto (Tabela 5). Nos sistemas conservacionistas de manejo do solo, cultivo mínimo e semeadura direta, por outro lado, as perdas de solo foram muito baixas no cultivo 1. Durante o estágio 1 deste cultivo, as perdas de solo no preparo convencional foram 35 e 460 vezes maiores do que no mesmo estágio do cultivo mínimo e semeadura direta, respectivamente.

A Tabela 14 mostra as perdas de solo ocorridas no solo sem cultivo, nos períodos equivalentes aos dos ciclos das culturas de soja e trigo. As perdas totais anuais de solo no solo sem cultivo foram de  $80,39 \text{ Mg ha}^{-1}$ , ou seja, cerca de oito vezes maiores do que aquelas encontradas no preparo convencional e, 16 vezes maiores do que a tolerância de perda deste solo. Isto indica o grande potencial das chuvas locais em causar erosão, quando o solo permanece descoberto.

As perdas de solo no solo sem cultivo (Tabela 14), variaram de acordo com a variação de tempo dos períodos equivalentes aos estádios das culturas (Tabela 2), em cada sistema de manejo do solo. Assim como as perdas de água, as perdas de solo se concentraram nos estádios 1 e 5 para ambos os ciclos culturais (Tabela 14). No total as mesmas, foram cerca de 3,5 vezes maiores, nos cultivos de soja do que de trigo, explicadas pela erosividade das chuvas, que, durante a soja, foi 40% maior do que no trigo (Tabela 9), na média dos cultivos, concordando com Schick et al. (2000). Este comportamento das perdas de solo no solo sem cultivo, influenciou o comportamento das razões de perda de solo (RPS), as quais influenciaram diretamente o fator cobertura e manejo do solo.

#### 4.7. Razão de perda de solo

As razões de perda de solo (RPS) representam a relação entre as perdas de solo ocorridas nos determinados sistemas de manejo e aquelas ocorridas no solo sem cultivo, as quais podem ser visualizadas na Tabela 15, tendo sido inversamente proporcionais as perdas de solo no solo sem cultivo (Tabela 14), ou seja, quanto maior a perda no solo sem cultivo, menor a RPS.

Os valores de RPS foram muito diferentes entre os estádios, tanto da soja quanto do trigo, bem como entre os ciclos das culturas (Tabela 15), embora a erosividade tenha sido semelhante em várias dessas situações (Tabela 9), concordando com os dados obtidos por De Maria e Lombardi Neto (1997). As maiores variações dos valores de RPS, entre os ciclos culturais, foram encontradas no cultivo mínimo e semeadura direta, com amplitudes



médias de 0,004 a 0,249 para o cultivo mínimo e de 0,001 a 0,115 para a semeadura direta. No preparo convencional, as amplitudes de variação foram menores, com valores de RPS entre 0,042 e 0,229.

Tabela 15. Razões de perdas de solo em cada estágio durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico aluminico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Estádio	Sistema de manejo	Cultivo						Média	
		Soja <sup>(1)</sup>	Trigo <sup>(2)</sup>	Soja <sup>(3)</sup>	Trigo <sup>(4)</sup>	Soja <sup>(5)</sup>	Trigo <sup>(6)</sup>	Soja	Trigo
1	PC	0,273	0,300	0,158	0,513	0,300	0,248	0,244	0,354
	CM	0,008	0,173	0,089	0,538	0,129	0,052	0,075	0,254
	SD	0,001	0,032	0,055	0,068	0,085	0,042	0,047	0,047
2	PC	0,487	0,270	0,033	0,164	0,079	0,127	0,200	0,187
	CM	0,000	0,210	0,022	0,115	0,014	0,251	0,012	0,192
	SD	0,004	0,138	0,006	0,059	0,030	0,279	0,013	0,159
3	PC	0,008	0,483	0,003	0,182	0,000	0,114	0,004	0,260
	CM	0,003	0,500	0,011	0,000	0,080	0,000	0,031	0,167
	SD	0,000	0,270	0,003	0,000	0,019	0,002	0,007	0,091
4	PC	0,064	0,000	0,008	0,047	0,048	0,062	0,040	0,036
	CM	0,008	0,271	0,083	0,040	0,000	0,113	0,030	0,141
	SD	0,001	0,097	0,005	0,049	0,000	0,003	0,002	0,050
5	PC	0,044	0,091	0,006	0,048	0,025	0,101	0,025	0,080
	CM	0,003	0,089	0,003	0,037	0,017	0,059	0,008	0,062
	SD	0,001	0,038	0,002	0,006	0,009	0,030	0,004	0,025
Média	PC	0,175	0,229	0,042	0,191	0,090	0,130	0,102	0,183
	CM	0,004	0,249	0,042	0,146	0,048	0,095	0,031	0,163
	SD	0,001	0,115	0,014	0,036	0,029	0,071	0,015	0,074

---

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup> 23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup> 16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup> 07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup> 23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup> 10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup> 02/06/05 a 31/10/05.

As RPS variaram com o sistema de manejo do solo, tanto para a soja quanto para o trigo (Tabela 15), concordando com Dedecek et al. (1986), DeMaria e Lombardi Neto (1997) e Bertol et al. (2001). Para a soja, os valores médios de RPS foram de 0,102, 0,031 e 0,015 Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, para o preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta, respectivamente, enquanto para o trigo os referidos valores foram de 0,183, 0,163 e 0,074 Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>. Estes valores são semelhantes aqueles encontrados por Bertol et al. (2001), no entanto são de menor magnitude. Devido a variação climática, entre uma época de determinação e outra e, além disso, ao curto período de avaliação (três anos), Bertol et al. (2001) trabalharam com séries de informações de seis anos.

Assim, na média dos seis ciclos culturais estudados, a semeadura direta reduziu as RPS em 85% e 48% em relação ao preparo convencional e cultivo mínimo, respectivamente, na cultura da soja e em 60% e 55% na de trigo (Tabela 15). Isto significa que, a semeadura direta perdeu uma quantidade de solo equivalente a 15% e 40% daquela perdida no preparo convencional, respectivamente nas culturas de soja e trigo, enquanto as respectivas equivalências em relação ao cultivo mínimo, foram de 52% e 45%. Isto ressalta a importância da semeadura direta no controle das perdas de solo, em relação aos demais sistemas de manejo do solo.

Entre os ciclos culturais, as RPS foram maiores durante os cultivos de trigo do que de soja, em ambos os sistemas de manejo do solo (Tabela 15). Isso pode ser explicado pelas maiores perdas de solo no solo sem cultivo (Tabela 14) durante os ciclos da soja, o que fez com as RPS, nestes cultivos, fossem menores do que durante os de trigo.

Os valores de RPS tenderam a se concentrar nos estádios 1, 2 e 3, em ambos os sistemas de manejo do solo (Tabela 15). No estágio 1, que sucedeu a semeadura, concentraram-se 42% e 23% das RPS, respectivamente no preparo convencional e cultivo mínimo, o quais apresentaram menor proteção da superfície do solo por resíduos culturais (Tabela 5). Estes percentuais foram sendo reduzidos ao longo dos ciclos das culturas, de forma mais ou menos linear, até chegar a 7,3% e 4,8%, para RPS no preparo convencional e cultivo mínimo, respectivamente, no estágio 5. Essas reduções das RPS no preparo convencional e cultivo mínimo, ao longo do desenvolvimento das culturas, se explicam pela maior proteção da superfície do solo ocasionada pelo dossel das plantas (Tabela 3). Contribui para isto, o efeito positivo do sistema radicular das plantas que, ao final do ciclo, aumentou a resistência do solo à erosão em relação ao início, concordando com (Wischmeier & Smith, 1978; McGregor & Mutcheler, 1983; Levien et al., 1990; De Maria & Lombardi Neto, 1997; Prochnow et al., 2005).

#### 4.8. Fator Cobertura e Manejo do Solo

Os fatores cobertura e manejo do solo (fator C da EUPS), foram obtidos, em cada estádio, por meio da multiplicação das frações de erosividade das chuvas ( $FEI_{30}$ ) (Tabela 10) pelas RPS (Tabela 15) e estão representados na Tabela 16.

Os valores do fator C para a cultura da soja, foram de 0,073, 0,016 e 0,07  $Mg\ ha\ Mg^{-1}\ ha^{-1}$ , para preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta, respectivamente, na média dos cultivos. Para a cultura do trigo, os referidos valores para os respectivos sistemas de manejo do solo, foram de 0,126, 0,083 e 0,035  $Mg\ ha\ Mg^{-1}\ ha^{-1}$  e, para a sucessão das culturas soja-trigo, foram de 0,198, 0,099 e 0,042  $Mg\ ha\ Mg^{-1}\ ha^{-1}$ , na média dos cultivos (Tabela 16). Verificou-se ampla variação de valores de fator C entre os anos e entre as culturas, decorrente da variação da erosividade das chuvas (Tabela 9) e das perdas de solo no solo sem cultivo (Tabela 14), as quais influenciaram as RPS (Tabela 15). Estes valores de fator C estão dentro da escala de variação encontrada por Yan et al. (2003) que, em condições de floresta, encontrou fator C variando de 0,004 a 0,164 e, em condições de pastagens, de 0,071 a 0,377. Da Silva & Schulz (2001) também encontraram valor de fator C, dentro desta escala em um Latossolo vermelho amarelo fase arenosa, coberto com resíduos de jardins e partes de árvores na cidade de São Carlos, SP, cujo valor foi de 0,075 para um período de três meses. Hassanin et al. (1993) encontraram fator C em solos cultivados variando de 0,064 a 0,353, de acordo com o tipo de manejo do solo utilizado.

Na cultura da soja, a eficácia relativa da semeadura direta (fator C = 0,007) na redução da erosão hídrica, foi de 90% em relação ao preparo convencional (fator C = 0,073) e de 56% em relação ao cultivo mínimo (fator C = 0,016), na média dos três cultivos, enquanto na cultura de trigo a referida eficácia fator C da semeadura direta foi respectivamente de 72% e 58%, com os fatores C = 0,126 para o preparo convencional e de

0,083 para o cultivo mínimo (Tabela 16), concordando com dados de Margolis et al. (1985), De Maria & Lombardi Neto (1997) e Bertol et al. (2001). Isto pode ser atribuído à cobertura do solo pelos resíduos vegetais na semeadura direta (Tabela 5) que protegeram o solo contra os agentes erosivos, especialmente o impacto das gotas de chuva e, ainda ao aumento da consolidação da superfície do solo, decorrente da ausência de preparo neste tratamento em relação aos demais (Bertol et al., 2001). Para a sucessão de culturas soja-trigo, a eficácia relativa da semeadura direta (fator C = 0,042) supra-referida foi de 79% em relação ao preparo convencional (fator C = 0,198) e de 58% em relação ao cultivo mínimo (fator C = 0,099), explicada do mesmo modo como para as culturas isoladas de soja e trigo.

Tabela 16. Fatores cobertura e manejo (Fator C da EUPS) em cada estágio durante os cultivos de soja e trigo, em um Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo

Estádio	Sistema de Manejo	Cultivo						Média		Total médio anual
		Soja <sup>(1)</sup>	Trigo <sup>(2)</sup>	Soja <sup>(3)</sup>	Trigo <sup>(4)</sup>	Soja <sup>(5)</sup>	Trigo <sup>(6)</sup>	Soja	Trigo	
1	PC	0,123	0,061	0,009	0,003	0,010	0,048	0,047	0,037	0,085
	CM	0,004	0,026	0,005	0,003	0,004	0,010	0,004	0,013	0,017
	SD	0,000	0,006	0,003	0,000	0,003	0,008	0,002	0,005	0,007
2	PC	0,010	0,037	0,009	0,005	0,009	0,001	0,009	0,014	0,024
	CM	0,000	0,035	0,007	0,004	0,003	0,003	0,003	0,014	0,017
	SD	0,000	0,021	0,002	0,002	0,001	0,003	0,001	0,009	0,010
3	PC	0,001	0,030	0,000	0,018	0,000	0,007	0,000	0,018	0,019
	CM	0,000	0,011	0,004	0,000	0,003	0,000	0,002	0,004	0,006
	SD	0,000	0,006	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,003
4	PC	0,001	0,000	0,003	0,027	0,003	0,002	0,002	0,010	0,012
	CM	0,000	0,017	0,002	0,013	0,000	0,010	0,001	0,013	0,014
	SD	0,000	0,004	0,001	0,005	0,000	0,001	0,000	0,003	0,004
5	PC	0,018	0,054	0,002	0,013	0,020	0,071	0,013	0,046	0,059
	CM	0,001	0,053	0,001	0,023	0,014	0,042	0,005	0,039	0,045
	SD	0,001	0,023	0,000	0,005	0,008	0,021	0,003	0,016	0,019
Total	PC	0,153	0,182	0,023	0,066	0,042	0,129	0,073	0,126	0,198
	CM	0,005	0,142	0,019	0,043	0,024	0,065	0,016	0,083	0,099
	SD	0,001	0,060	0,007	0,012	0,013	0,033	0,007	0,035	0,042

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup> 23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup> 16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup> 07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup> 23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup> 10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup> 02/06/05 a 31/10/05.

Durante os estádios de desenvolvimento das culturas, os fatores C (Tabela 16), assim como as RPS (Tabela 15), tenderam a ser maiores nos estádios de menor proteção da superfície do solo, especialmente no preparo convencional. Assim, 43% do fator C total para a sucessão soja-trigo ocorreu no estágio 1, enquanto no cultivo mínimo esse percentual foi de 17% e, na semeadura direta, de 16% (Tabela 16). Essas diferenças são explicadas pelas diferenças de cobertura do solo pelos resíduos vegetais (Tabela 5), nos distintos tipos de preparo do solo. Os percentuais de ocorrência dos fatores C tendem a diminuir ao longo dos ciclos das culturas, principalmente devido a evolução do dossel das plantas (Tabela 3), mas, também, devido ao desenvolvimento das raízes das mesmas que aumentara a resistência do solo a erosão. No estágio 5, no entanto, os fatores C voltaram a aumentar, em função da maior duração deste estágio em relação aos demais (Tabela 2), concordando em parte com Wischmeier & Smith (1978).

Os valores do fatores C foram maiores na cultura de trigo do que de soja, na média dos cultivos, em todos os sistemas de manejo do solo (Tabela 16). Tal comportamento é explicado pela erosividade das chuvas que, em média foi 1,66 vezes maior na soja do que no de trigo (Tabela 9), o que ocasionou maiores perdas de solo especialmente no solo sem cultivo, durante a soja do que o trigo (Tabela 14) e, conseqüentemente, menores valores de RPS na soja do que no trigo (Tabela 15), concordando com Bertol et al. (2001).

Ressalta-se, em função do comportamento da distribuição da erosividade das chuvas locais (Tabela 9), especialmente durante os cultivos de verão e da distribuição do fator C ao longo dos estádios (Tabela 16) a necessidade de manter a superfície do solo protegida com resíduos culturais, para controlar as perdas de solo e, dessa forma, reduzir o valor do fator

cobertura e manejo do solo, reduzindo assim as perdas de solo e possíveis danos ambientais, fora do local de origem da erosão.

## 5. CONCLUSÕES

- a) No preparo convencional, a cultura de trigo necessitou 10 dias a mais do que no cultivo mínimo e na semeadura direta, para cobrir 50% da superfície do solo com a copa das plantas; na cultura de soja, praticamente não há diferença.
- b) Dentre as 258 chuvas individuais estudadas em Lages-SC, 48% do número e 87% do volume das mesmas são erosivas; na sucessão de culturas soja-trigo, 36% do número e 40% do volume das chuvas erosivas ocorrem nos estádios 1, 2 e 3 no preparo convencional; no cultivo mínimo e semeadura direta, essa distribuição é de 31% para o número e 34% para o volume.
- c) A erosividade média anual das chuvas naturais de Lages-SC, para a sucessão soja-trigo, é de  $4.118 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ; para o cultivo de soja, a referida erosividade foi de  $2.573 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  e, para o trigo de  $1.545 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ; na soja, a erosividade



se distribui de maneira uniforme nos estádios da cultura, enquanto no trigo a erosividade se concentra nos estádios 4 e 5.

- d) As perdas de água foram maiores no preparo convencional do que no cultivo mínimo e semeadura direta, com percentuais de 18,6%, 15,27% e 6,46% de água da chuva perdida, nos respectivos sistemas de manejo do solo, na média dos cultivos de soja e trigo; no solo sem cultivo elas equivaleram a 38,00% das chuvas precipitadas durante os três anos de estudo.
- e) As perdas de solo foram de 10,28, 1,46 e 0,48 Mg ha<sup>-1</sup>, para o preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta, respectivamente, na média das culturas de soja e trigo, as quais foram mais afetadas pelos sistemas de manejo do que as perdas de água; no solo sem cultivo durante os períodos equivalentes dos cultivos de soja, as perdas de solo foram 3,5 vezes maiores do que nos de trigo.
- f) A semeadura direta reduziu as RPS em 85% e 48% em relação ao preparo convencional e cultivo mínimo, respectivamente, durante os cultivos de soja e em 60% e 55% nos cultivos de trigo.
- g) O valor do fator C da EUPS foi de 0,073, 0,016 e 0,007 Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> para o cultivo de soja e de 0,126, 0,083 e 0,035 Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> para o de trigo; para a sucessão de culturas soja-trigo, o fator C foi de 0,198, 0,099 e 0,042 Mg ha Mg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, no preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta, respectivamente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J. E. & ARKIN, G. F. A light interception method for measuring row crop ground cover. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 41: 789-792, 1977.
- ALBERTS, E. E., MOLDENHAUER, W. C., FOSTER, G. R. Soil aggregates and primary particles transported in rill and interrill-flow. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 44, n. 3, p. 590-595, 1980.
- ALBUQUERQUE, A. W.; FILHO, G. M.; SANTOS, J. R.; COSTA, J. P. V. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé-PB. **R. Bras. Eng. Agric. Ambient.** V. 9, nº 2, Campina Grande, 2005.
- ALLMARAS, R. R.; BURWELL, R. E.; LARSON, W. E. **Total porosity and roughness of the interrow zone as influenced by tillage.** [s. l.]: ARS: USDA, 22p. (Cons. Res. Report, 7), 1966.
- ARMSTRONG, C. L.; MITCHELL, J. K. Plant canopy characteristics and process which effect transformation of rainfall properties. **Trans. ASAE**, (5): 1400-1409, 1988.
- BEARE, M. H.; HENDRIX, P. F.; COLEMAN, D. C. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no tillage soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, (58): 777-789, 1994.
- 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. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 11, p. 187-192, 1987.

- BERTOL, I. Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos de solo e rotação de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 18, p. 267-271, 1994.
- BERTOL, I. **Comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas de solo. Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS, 185p. (Tese de Doutorado), 1995.**
- BERTOL, I.; COGO, N. P.; MIQUELLUTI, D. J. Sedimentos transportados na enxurrada relacionados à cobertura e rugosidade superficial do solo e taxa de descarga. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 3, n. 2, p. 199-206, 1997a.
- BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 409-418, 1997b.
- BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A. S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 705-712, 1998.
- BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. **R. Bras. Ci. Solo**, (24): 657-668, 2000.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J. M.; REIS, E. F. & DILLY, L. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo. **Ci. Rural**, (30): 91-95, 2000.
- BERTOL, I.; J. SCHICK & BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para as culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um Cambissolo húmico alumínico. **R. Bras. Ci. Solo**, (25): 451-461, 2001.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; VISENTIN, D.; COGO, N. P. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages- (SC). **R. Bras. Ci. Solo**, 26: 455-464, 2002a.
- BERTOL, I.; J. SCHICK & BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia em rotação com outras culturas em três tipos de preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, (26): 545-552, 2002b.

- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, J. A. & ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, (28): 155-163, 2004a.
- BERTOL, I.; LEITE, D. & ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. **R. Bras. Ci. Solo**, (28): 369-375, 2004b.
- BOX, J. E. & BRUCE, R. R. The effect of surface cover on infiltration and soil erosion. p.107-123 In: **Soil erosion, conservation, and rehabilitation**. Edited by Menachem Agassi, New York, 402 p., 1995.
- BROWN, L. C.; FOSTER, G. R. Storm erosivity using idealized intensity distributions. **Trans. of the ASAE**, (30): 379-386, 1987.
- BUI, E. N.; BOX, J. E., Jr. Stemflow, rain throughfall, and erosion under canopies of corn and sorghum. **Soil Sci. Soc. Am. J.** (56): 242-247, 1992.
- BUI, E. N.; BOX, J. E., Jr. Growing corn roots effects on interrill soil erosion. **Soil Sci. Soc. Am. J.** (57): 1066-1070, 1993.
- BURWELL, R. E.; ALLMARAS, R. R.; SLONEKE, L. L. Structural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall. **J. of Soil and Water Cons.**, v. 21: 61-63, 1966.
- BURWELL, R. E. & LARSON, W. E. Infiltration as influenced by tillage induce random roughness and pore space. **Soil Sci. Soc. Am. Proceedings**, v. 33: 449-452, 1969.
- CABEDA, M. S. V. Computação dos valores EI das chuvas naturais (**Guia usado no Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**), [1976].
- CARVALHO, F. L. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia de formas e doses de manejo de resíduo culturas de trigo na redução da erosão hídrica do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, (14): 251-257, 1990.
- CATANEO, A.; CASTRO FILHO, C.; ACQUAROLE, R. M. Programa para cálculo de índices de erosividade das chuvas. **R. Bras. Ci. Solo**, (6): 236-239, 1982.

- CHAPMAN, G. Size of raindrops and their striking force at the soil surface in a red pine plantation. **Am. Geophys. Union Trans.** (29): 664-670, 1948.
- COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters.** West Lafayette: Purdue University, 346p. (Tese de Doutorado), 1981.
- COGO, N. P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solos para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, 1987, Campinas, **Anais...** Campinas, Soc. Bras. Ci. Solo, 1988.
- COGO, N. P.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. Effect of residue , tillage induced roughness, and runoff velocity on size distribution of eroded soil aggregates. **Soil Sci. Soc Am. J.**, v. 47, n. 5, p. 1005-1008, 1983.
- COGO, N. P.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 48, n. 2, p. 368-373, 1984.
- COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de erosão em condições de chuva natural. I. Sugestões gerais, medição dos volumes, amostragem e qualificação de solo e água da enxurrada (1º aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2. Passo Fundo, **Anais...** Passo Fundo, EMBRAPA –CNPT, p. 75- 98, 1978.
- COGO, N. P.; LEVIEN, R. & SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, (27): 743-753, 2003.
- COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, (27): 527-535, 2003.
- DALLA ROSA, A. Práticas mecânicas e culturais na recuperação física de solos degradados pelo cultivo no solo Santo Ângelo (Latosolo Roxo Distrófico). Faculdade de Agronomia UFRGS, Porto Alegre, RS, 138 p. (Dissertação de Mestrado), 1981.

Da SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. Estimate of usle C factor value for mulch of yard debris for the conditions of São Carlos (Sp, Brazil). **Interciência**, Caracas, 26 (12): 615:618, 2001.

De MARIA, I. C., LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, (21): 263-270, 1997.

DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; DE FREITAS JR., E. Perdas de solo água e nutrientes por erosão em Latossolo vermelho escuro nos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 10, p. 265-272, 1986.

DEDECEK, R. A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 23, n<sup>o</sup> 12, p. 1431-1438, 1988.

DISSMEYER, G. E.; FOSTER, G. R. Estimating the cover management factor (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. **J. Soil Water Cons.**, Ankeny, 36: 235-240, 1981.

DULEY, F.L. Surface factors effecting the rate of intake of water by soils. **Soil Sci. Soc. of Am. Proc.**, v. 4, p. 60-64, 1939.

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

ELTZ, F. L. F. **Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo – Primeira Etapa Experimental.** Faculdade de Agronomia. Porto Alegre, UFRGS, 97 p. (Dissertação de Mestrado), 1977.

ELTZ, F. L. F.; MEHL, H. U.; REICHERT, J. M. Perdas de solo e água em um argissolo vermelho-amarelo submetido a quatro padrões de chuva. **R. Bras. Ci. Solo**, 25: 485-493, 2001.

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: Basselman, J. A., Hidrological modeling of Small Watersheds. **Am. Soc. of Agric. Eng.**, p. 297-300, 1982.

FOSTER, G. R., & MEYER, L. D. Erosion Mechanics of mulches. St. Joseph: **Am. Soc. of Agric. Eng.**, 24 p. (Paper, 72-754), 1972.

- FOSTER, G. R.; YOUNG, R. A.; RÖMKENS, M. J.; ONSTAD, C. A. Process of soil erosion by water. In: FOLLET, R. F.; STEWART, B. A. **Soil erosion and Crop Productivity**, p. 137-162, 1985.
- FOSTER, G. R., McCOOL, D. K., RENARD, K. G., MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Soil Wat. Cons.** v. 36, p. 355-359, 1981.
- GHIDEY, F.; ALBERTS, E. E. Runoff and soil losses as affected by corn and soybean tillage systems. **J. Soil Water Cons.**, Ankeny, v. 53, n. 1, p. 64-70, 1998.
- GILLEY, J. E.; FINKNER, S. C.; VARVEL, G. E. Size distribution of sediment as affected by surface residue and slope length. **Trans. of the Am. Soc. Agric. Eng.**, v. 30, n. 5, p. 1419-1424, 1987.
- GONZALEZ HIDALGO, J. C.; RAVENTOS, J.; ECHEVARRIA, M. T. Comparison of sediment ratio curves for plants with different architectures. **Catena**, 29: 333-340, 1997.
- GUADAGNIN, J. C. **Perdas de nutrientes e carbono orgânico pela erosão hídrica, em um Cambissolo Húmico aluminico léptico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo.** Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2003. 142p. (Dissertação de Mestrado).
- HARTWING, R. O, LAFLEN, I. M. A meterstick method for measuring crop residue cover. **J. Soil and Water Cons.**, v. 33, p. 90-91, 1978.
- HASSANIN, A. S.; LABIB, T. M.; GABER, E. I. Effect of vegetation cover and land slope on runoff and soil losses from the watersheds of Burundi. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v. 43, p. 301-308, 1993.
- HERNANI, L. C.; SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um latossolo roxo de Dourados (MS). **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 21, p. 667-676, 1997.
- HUDSON, N. W. **Soil Conservation**. 3. Ed. Ithaca: Cornell University Press, 1995. 324 p. 1995.
- HUNT, H. W. A simulation model for decomposition in grasslands. **Ecology**, 58: 469-484, 1977.

- JOHNSON, C. B.; MOLDENHAUER, W. C. Effect of chisel versus moldboard plowing on soil erosion by water. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 43, p. 177-179, 1979.
- JESUS FILHO, J. D. **Manejo de solos de encostas basálticas e suas relações com a erosão hídrica**. 93p, 1987. Porto Alegre, UFRGS.
- LAFLEN, J. M.; BAKER, J. L.; HARTWIG, R. O. Soil and water loss from conservation tillage systems. **Trans. of the ASAE**, v. 39, n. 6, p. 2139-2145, 1978.
- LAL, R.; LAWSON, T. L.; ANASTASE, A. H. 1980. Erosivity of tropical rains. In: BOODT, M.; GABRIELS, D.; eds. **Assesment of erosion**. Chichester, J. Wiley, 1980.
- LAL, R.; ELLIOT, W. 1994. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. **Soil erosion research methods**. 2<sup>nd</sup> ed. St. Lucie Press, Delray Beach. 340 p, 1994.
- LAL, R. **Soil erosion research methods**. 2<sup>nd</sup> ed. St. Lucie Press, Delray Beach. 340 p, 1994.
- LARSON, W. E.; GILL, W. R. 1973. Soil physical parameters for designing nem tillage systems. In: NATIONAL CONSERVATION TILLAGE CONFERENCE. **Proceedings...**, Ankeny, Soil conservation Society of America, p. 13-22.
- LEVIEN, R.; COGO, N. P. & ROCKENBACH, C. A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 14: 73-80, 1990.
- LIMA, V. S.; CASSOL, E. A. & SEVERO, M. D. A. Determinação da erosividade das chuvas nos municípios de Ijuí e São Borja, RS, no período de 1982-1991. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., Porto Alegre, **Resumos**. Porto Alegre, UFRGS, 1992.
- LINDSTROM, W. J.; SCHUMACHER, T. E.; COGO, N. P.; BLECHA, M. L. Tillage effects on water runoff and soil erosion after sod. **J. Soil and Water Cons.**, v. 53, n. 1, p. 59-63, 1998.
- MANNERING, J. V.; GRIFFITH, D. R.; RICHET, C. B. Tillage for moisture conservation. **Trans. of the ASAE**, paper n. 75-2523, St. Joseph, 1975.



- MANNERING, J. V.; MEYER, L. D. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v. 27, p. 84-86, 1962.
- MARX, L. N. S.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; LIMA, J. M.; FURTADO, D. F. Proposição de modelos para estimativa da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesq. Agrop. Bras.**, v. 34, n° 12, 1999.
- McGREGOR, K. C. & MUTCHELER, C. K. C factors for no-till and reduced-till corn. **Trans. of the ASAE**, 26: 785-794, 1983.
- McINTYRE, D. S. Permeability measurements of soil crusts formed by raindrops impact. **Soil Science**, v. 85, p. 185-189, 1958.
- MEYER, L. D., De COURSEY, D. G., RÖMHKES, M. J. .M. 1976. Soil erosion concepts and misconceptions. In: THE THIRD FEDERAL INTERAGENCY SEDIMENTATION CONFERENCE. Denver, **Proceedings...** [s.l.,s.e.] pt. 2, p. 1-12.
- MEYER, L. D., FOSTER, G. R., NIKOLOV, S. Effect of flow rate and canopy on rill erosion. **Trans. of the Am. Soc. Agric. Eng.**, v. 18, n. 5, p. 905-911, 1975.
- MARGOLIS, E.; SILVA, A. B.; JACQUES, F. O. Determinação dos fatores da Equação Universal de Perda de solo para as condições de Caruaru (PE), **R. Bras. Ci. Solo**, 9:165-169, 1985.
- NEARING, M. A.; PRUSKI, F. F.; O'NEAL, M. R. Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review. **J. of Soil and Water Cons.** 59 (1): 43-50, 2004.
- PROCHNOW, D.; DECHEN, S. C. F.; De MARIA, I. C.; De CASTRO, O. M.; VIEIRA, S. R. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, 29: 91-98, 2005.
- RANEY, W. A.; ZINGG, A. W. **Principles of tillage**. Yearbook of Agriculture, Washington, p. 277-281, 1957.
- RENARD, K. G.; FOSTER, G. A.; WEESIES, G. A.; McCOLL, D. K. **Predicting Soil Erosion by Water. A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Agriculture Handbook, n° 703. (USDA: Washington, DC.),1997.

- SARAIVA, O. F. **Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo 2º Etapa experimental.** Porto Alegre, UFRGS, 1978, 126 p. (Dissertação de Mestrado), 1978.
- SCHICK, J. **Erosão hídrica em cambissolo húmico álico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo.** Faculdade de Agronomia, UDESC, Lages, SC, 114p. (Dissertação de Mestrado), 1999.
- SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BATISTELA, O. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 24, p. 427-436, 2000.
- SCHWARZ, R. A. **Perdas por erosão hídrica em diferentes classes de declividade, sistemas de preparo e níveis de fertilidade do solo na região das Missões – RS.** Porto Alegre, UFGS, 130 p. (Dissertação de mestrado), 1997.
- SLONEKER, L. L.; MOLDENHAUER, W. C. 1977. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. **J. Soil Water Cons.**, v. 32, n. 5, p. 231-236.
- VAN DOREN, D. M.; MOLDENHAUER, W. C.; TRIPLETT, G. B. Jr. Influence of long-term tillage and crop rotation on water erosion. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 48: 636-640, 1984.
- WIEDER, R. K. & LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from letter bags. **Ecology**, 63: 1636-1642, 1982.
- WEST, L. T.; MILLER, W. P.; LANGDALE, G. W.; BRUCE, R. R.; LAFLEN, J. M.; THOMAS, A. W. Cropping system effects on interrill soil loss in the Georgia Piedmont. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 55: 460-466, 1991.
- WISCHMEIER, W. H., SMITH D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Trans. Am. Geophys. Un.**, v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958.
- WISCHMEIER, W. H., SMITH D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington: USDA, 58 p. (Agricultural Handbook, 537), 1978.
- WISCHMEYER, W. H. A rainfall erosion index for universal soil loss equation. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, v. 23, p. 246-249, 1959.

WISCHMEYER, W. H. Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed areas. In: **Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources**, USDA-ARS, ARS-40, U. S. Govt. Printing Office, Washington, DC, p.118-124, 1975.

WISCHMEYER, W. H., MANNERING, J. V. Relation of soil properties to its erodibility. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, v. 33, p. 131-137, 1969.

YAN, Z.; LIU, B. Y.; ZHANG, Q. C. & XIE, Y. Effect of different vegetation types on soil erosion by water. **ACTA Bot. Sin.**, 45 (10): 1204-1209, 2003.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Produção de massa seca de resíduos, pela parte aérea das culturas de soja e trigo, durante o período experimental.

Cultura	Sistema de manejo		
	PC	CM	SD
	----- Mg ha <sup>-1</sup> -----		
Soja <sup>(1)</sup>	3,4	3,6	3,6
Trigo <sup>(2)</sup>	6,0	6,0	6,0
Soja <sup>(3)</sup>	2,5	3,6	3,6
Trigo <sup>(4)</sup>	5,4	6,2	6,4
Soja <sup>(5)</sup>	3,2	3,0	3,4
Trigo <sup>(6)</sup>	4,6	6,4	6,4
Média Soja	3,0	3,4	3,5
Média Trigo	5,3	6,2	6,3

PC = preparo convencional; CM = cultivo mínimo; SD = semeadura direta. <sup>(1)</sup> 23/11/02 a 14/05/03; <sup>(2)</sup> 16/05/03 a 03/11/03; <sup>(3)</sup> 07/11/03 a 16/05/04; <sup>(4)</sup> 23/07/04 a 30/11/04; <sup>(5)</sup> 10/12/04 a 14/05/05; <sup>(6)</sup> 02/06/05 a 31/10/05.

Anexo 2. Chuvas erosivas e não erosivas ocorridas em Lages(SC), durante o período experimental

DATA	Chuvas erosivas		Chuvas não erosivas	
	EI <sub>30</sub> MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	Chuva mm	DATA	Chuva mm
27/11/02	46,4	37,6	22/11/02	1,0
28/11/02	904,1	67,4	06/12/02	1,0
30/11/02	56,1	40,2	12/12/02	3,2
02/12/02	111,9	19,6	16/12/02	3,7
05/12/02	22,7	16,2	21/12/02	3,2
08/12/02	364,8	59,8	04/01/03	6,6
20/12/02	16,7	10,4	05/01/03	1,0
25/12/02	28,1	25,4	18/01/03	1,0
01/01/03	30,1	11,0	27/01/03	5,8
10/01/03	57,2	24,8	28/01/03	1,8
11/01/03	282,2	37,5	05/02/03	3,9
21/01/03	60,0	17,4	06/02/03	8,0
02/02/03	36,7	11,0	08/02/03	1,0
17/02/03	59,2	18,2	09/02/03	4,8
21/02/03	17,8	10,4	10/02/03	4,3
25/02/03	941,8	45,6	13/02/03	3,6
26/02/03	26,3	15,5	20/02/03	8,8
05/03/03	90,7	27,0	22/02/03	6,8
12/03/03	86,0	28,4	11/03/03	7,3
21/03/03	35,9	14,2	13/03/03	3,0
02/04/03	48,1	10,1	17/03/03	3,4
04/04/03	24,5	20,0	26/03/03	4,4
19/04/03	105,8	26,4	05/04/03	1,8
30/04/03	26,4	14,4	28/04/03	5,3
01/05/03	114,4	32,6	29/04/03	8,4
23/05/03	132,7	30,2	05/05/03	2,2
03/06/03	39,3	25,0	07/05/03	2,8
05/06/03	5,5	11,2	08/06/03	7,2
10/06/03	102,1	38,2	16/06/03	1,0
22/06/03	18,9	12,6	18/06/03	5,2
09/07/03	24,3	15,2	23/06/03	1,8
16/07/03	30,5	32,3	06/07/03	2,4
28/08/03	8,5	11,0	07/07/03	3,2
10/09/03	24,0	21,6	12/07/03	1,2
06/10/03	12,9	18,0	18/07/03	1,4
09/10/03	74,7	32,8	22/07/03	4,0
22/10/03	34,9	20,0	06/08/03	4,6
26/10/03	364,1	51,6	14/08/03	1,0
13/11/03	43,6	23,3	16/08/03	8,0

Anexo 2. Chuvas erosivas e não erosivas ocorridas em Lages(SC), durante o período experimental

Chuvas erosivas

Chuvas não erosivas

DATA	EI <sub>30</sub> MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	Chuva mm	DATA	Chuva mm
16/11/03	91,5	34,9	08/09/03	2,8
05/12/03	84,4	42,0	09/09/03	2,6
09/12/03	50,9	24,2	16/09/03	3,2
12/12/03	382,6	52,0	24/09/03	9,0
15/12/03	10,7	17,2	25/09/03	1,0
16/12/03	78,7	33,2	26/09/03	7,1
24/12/03	160,9	24,4	27/09/03	1,8
08/01/04	668,2	38,8	29/09/03	2,7
12/01/04	67,7	13,8	11/10/03	1,7
15/01/04	28	8,6	20/10/03	4,4
23/01/04	48,7	11,8	27/10/03	2,2
05/02/04	25,0	11,0	07/11/03	1,0
15/02/04	21,8	16,8	19/11/03	3,0
23/02/04	72,1	16,8	27/11/03	4,2
27/02/04	79,7	19,6	28/11/03	3,3
14/03/04	6,1	11,2	20/12/03	1,8
29/03/04	89,6	53,0	21/12/03	7,7
05/04/04	20,2	15,6	23/12/03	7,6
06/04/04	144,4	19,0	26/12/03	6,2
19/04/04	97,9	32,8	01/01/04	1,3
23/04/04	10,3	12,2	14/01/04	4,3
01/05/04	9,9	13,3	21/01/04	1,5
06/05/04	21,0	20,3	22/01/04	1,0
08/05/04	64,1	27,7	25/01/04	5,9
26/05/04	12,9	16,8	30/01/04	1,4
31/07/04	12,5	12,7	02/02/04	6,3
28/08/04	59,9	34,2	06/02/04	3,0
12/09/04	18,9	33,0	15/02/04	3,8
14/09/04	190,4	59,6	20/02/04	2,2
20/09/04	34,7	10,2	22/02/04	6,0
23/09/04	12,2	13,8	08/03/04	2,1
24/09/04	381,9	52,0	09/03/04	3,5
27/09/04	248,7	38,2	12/03/04	4,1
29/09/04	441,9	93,0	20/03/04	7,4
11/10/04	60,6	48,0	21/03/04	2,0
12/10/04	51,0	33,8	27/03/04	1,2
17/10/04	28,7	24,8	10/04/04	8,2
19/10/04	122,8	21,4	15/04/04	1,0
24/10/04	71,1	21,4	04/05/04	4,7
25/10/04	29,7	14,8	12/05/04	7,5
31/10/04	16,2	10,9	23/05/04	8,4

Anexo 2. Chuvas erosivas e não erosivas ocorridas em Lages(SC), durante o período experimental

DATA	Chuvas erosivas		Chuvas não erosivas	
	EI <sub>30</sub> MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	Chuva mm	DATA	Chuva mm
04/11/04	178,9	31,4	25/05/4	1,0
10/11/04	28,6	10,6	28/06/04	1,0
12/11/04	11,4	22,0	23/08/04	8,8
28/11/04	11,8	18,8	27/08/04	7,0
06/12/04	52,5	22,8	11/09/04	0,8
17/12/04	74,4	29,0	26/10/04	1,0
22/12/04	42,9	13,0	29/10/04	1,0
11/01/05	106,5	34,3	06/11/04	2,6
25/01/05	60,2	47,7	16/11/04	9,0
19/02/05	92,6	14,2	26/11/04	2,6
26/02/05	38,0	17,0	08/12/04	3,4
14/03/05	221,9	58,8	11/12/04	9,0
22/03/05	65,6	17,8	18/12/04	5,9
24/03/05	240,8	28,0	20/12/04	8,0
01/04/05	8,3	10,6	23/12/04	5,8
02/04/05	126,1	54,6	27/12/04	2,6
03/04/05	76,5	34,2	31/12/04	9,2
15/04/05	112,8	21,0	08/01/05	6,9
25/04/05	54,1	21,4	09/01/05	6,0
09/05/05	2,1	13,6	12/01/05	1,8
10/05/05	74,6	17,0	16/01/05	9,2
12/05/05	183,5	35,3	17/01/05	1,3
12/06/05	27,6	41,9	31/01/05	3,6
14/06/05	54,5	13,8	06/02/05	1,8
15/06/05	73,2	25,4	11/02/05	9,4
16/06/05	6,9	10,1	25/02/05	3,0
18/06/05	197,0	47,0	28/02/05	4,2
05/07/05	3,8	15,2	31/03/05	5,6
18/07/05	41,0	36,0	04/04/05	4,9
22/07/05	46,0	45,0	05/04/05	1,1
09/08/05	48,5	29,6	08/04/05	4,7
24/08/05	9,1	15,1	09/04/05	3,5
30/08/05	340,0	132,4	18/04/05	4,0
04/09/05	99,0	67,4	20/04/05	7,0
11/09/05	12,3	12,0	29/06/05	1,2
12/09/05	15,0	26,0	10/08/05	7,5
15/09/05	14,0	19,6	18/08/05	8,2
19/09/05	59,5	29,8	01/09/05	3,9
05/10/05	446,4	91,0	13/09/05	8,8

Anexo 2. Chuvas erosivas e não erosivas ocorridas em Lages(SC), durante o período experimental

DATA	Chuvas erosivas		Chuvas não erosivas	
	$EI_{30}$ MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	Chuva mm	DATA	Chuva mm
09/10/05	26,5	14,2	14/09/05	2,8
16/10/05	100,1	46,0	18/09/05	4,2
17/10/05	97,0	49,0	22/09/05	1,6
28/10/05	67,9	33,6	23/09/05	1,8
29/10/05	23,6	12,8	29/09/05	3,0
			30/09/05	6,5
			01/10/05	3,0
			04/10/05	3,1
			08/10/05	9,4
			13/10/05	1,1
			15/10/05	4,8
			18/10/05	1,7
			22/10/05	2,0
			24/10/05	1,2
			25/10/05	2,3
			31/10/05	7,8



Anexo 3. Perdas de água por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 1º cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema de Manejo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
	----- % da chuva -----																					
SD	19,38	10,43	20,14	22,49	1,66	37,87	1,28	0,93	0,67	8,76	1,49	2,27	1,08	1,26	1,15	1,12	1,29	1,18	1,67	1,35	1,38	1,04
CM	35,42	35,64	31,38	37,00	10,76	44,54	0,64	1,31	0,76	32,39	0,75	1,37	0,76	0,74	0,98	1,24	1,34	0,42	0,82	1,13	0,80	5,61
SC	50,93	49,15	57,14	66,19	73,55	55,22	2,06	8,06	2,10	45,31	3,22	3,34	3,54	18,62	57,55	2,56	60,16	2,18	10,78	18,57	26,68	52,91
PC	40,33	43,64	44,20	39,11	26,93	50,67	1,92	1,34	0,89	12,76	1,98	2,45	1,21	3,26	10,61	0,53	5,51	0,61	0,82	1,30	0,91	6,29
SD	18,83	36,97	19,43	12,74	0,79	7,10	0,00	0,00	0,00	3,84	0,25	1,59	0,34	0,25	0,64	0,31	0,52	0,29	0,41	0,38	0,49	0,13
SC	54,31	53,82	57,96	68,06	56,95	56,34	2,63	3,26	1,67	44,77	2,70	2,36	2,33	8,46	60,59	2,34	67,28	2,19	9,18	16,64	21,50	55,59
Chuva (mm)	37,6	67,4	40,2	19,6	16,2	59,8	10,0	16,2	11,0	62,3	17,4	11,0	18,2	17,2	61,1	27,0	28,4	14,2	10,2	21,8	26,4	46,7

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; <sup>(1)</sup>27/11/02; <sup>(2)</sup>28/11/02; <sup>(3)</sup>30/11/02; <sup>(4)</sup>02/12/02; <sup>(5)</sup>05/12/02; <sup>(6)</sup>08/12/02; <sup>(7)</sup>20/12/02; <sup>(8)</sup>24/12/02; <sup>(9)</sup>02/01/03; <sup>(10)</sup>11/01/03; <sup>(11)</sup>21/01/03; <sup>(12)</sup>03/02/03; <sup>(13)</sup>17/02/03; <sup>(14)</sup>22/02/03; <sup>(15)</sup>26/02/03; <sup>(16)</sup>07/03/03; <sup>(17)</sup>12/03/03; <sup>(18)</sup>22/03/03; <sup>(19)</sup>02/04/03; <sup>(20)</sup>05/04/03; <sup>(21)</sup>19/04/03; <sup>(22)</sup>01/05/03

Anexo 3. Perdas de água por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 2º cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema de Manejo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	----- % da chuva -----												
SD	1,25	0,98	0,83	12,41	1,4	1,79	0,88	1,14	1,42	1,14	1,08	1,08	2,01
CM	0,91	0,42	0,99	29,92	1,76	1,79	14,13	0,78	0,51	0,24	0,90	0,42	13,47
SC	2,47	3,19	14,47	43,9	13,46	9,33	31,41	1,31	3,02	1,73	23,89	2,00	37,53
PC	0,89	1,25	1,09	19,16	2,25	1,90	6,93	0,00	1,80	0,34	1,93	1,40	14,35
SD	0,2	0,40	0,26	6,67	0,23	0,79	0,31	0,37	0,88	0,57	0,61	0,53	0,63
SC	0,62	0,40	7,70	44,35	6,05	3,99	42,16	1,29	2,87	1,29	8,14	0,86	32,42

Anexo 3. Perdas de água por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 3º cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
de	----- % da chuva -----																						
Manejo																							
SD	0,97	1,83	0,99	10,55	8,70	0,97	1,27	1,14	1,43	0,72	1,35	1,31	1,70	1,41	2,12	1,22	1,43	1,84	0,99	1,59	2,72	10,14	2,36
CM	1,26	2,27	2,24	19,80	38,60	1,34	8,66	1,52	1,66	0,88	1,37	1,95	1,91	1,31	1,29	1,61	1,53	2,96	1,00	0,69	1,91	64,91	0,79
SC	1,40	21,82	18,09	43,95	75,88	22,56	37,88	17,47	9,29	0,53	1,39	0,65	38,97	33,91	1,13	14,02	4,35	54,02	29,12	15,46	26,65	75,89	38,97
PC	1,08	1,22	0,96	25,09	10,88	0,71	2,41	1,61	1,60	0,72	1,52	1,59	1,34	1,27	2,28	1,59	3,00	3,78	0,88	1,40	1,90	32,59	3,02
SD	0,78	0,96	0,20	10,15	13,57	0,61	1,44	1,05	0,95	0,27	0,38	0,39	1,47	1,22	1,92	1,60	1,51	1,92	0,42	1,21	1,14	1,43	1,15
SC	1,45	15,91	10,18	45,85	85,98	20,19	35,69	18,58	10,37	0,55	1,50	1,07	36,81	26,12	1,06	13,98	3,57	74,55	21,77	13,57	17,86	65,78	36,46
Chuva (mm)	23,3	34,9	42,0	76,2	51,4	24,4	38,8	13,8	8,8	11,8	11,0	16,8	22,8	19,6	11,2	53,0	15,6	19,0	36,0	12,2	25,0	22,5	16,0

<sup>(1)</sup>14/11/03; <sup>(2)</sup>17/11/03; <sup>(3)</sup>05/12/03; <sup>(4)</sup>12/12/03; <sup>(5)</sup>17/12/03; <sup>(6)</sup>30/12/03; <sup>(7)</sup>10/01/04; <sup>(8)</sup>13/01/04; <sup>(9)</sup>15/01/04; <sup>(10)</sup>23/01/04; <sup>(11)</sup>05/02/04; <sup>(12)</sup>17/02/04; <sup>(13)</sup>25/02/04; <sup>(14)</sup>27/02/04; <sup>(15)</sup>15/03/04; <sup>(16)</sup>29/03/04; <sup>(17)</sup>05/04/04; <sup>(18)</sup>07/04/04; <sup>(19)</sup>20/04/04; <sup>(20)</sup>29/04/04; <sup>(21)</sup>06/05/04; <sup>(22)</sup>08/05/04; <sup>(23)</sup>27/05/04

Chuva

(mm) 30,2 25,0 12,5 38,2 17,8 15,2 32,3 11,0 21,6 18,2 32,8 20,0 51,6

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; <sup>(1)</sup>23/05/03; <sup>(2)</sup>04/06/03; <sup>(3)</sup>06/06/03; <sup>(4)</sup>10/06/03; <sup>(5)</sup>20/06/03; <sup>(6)</sup>09/07/03; <sup>(7)</sup>16/07/03; <sup>(8)</sup>25/08/03; <sup>(9)</sup>10/09/03; <sup>(10)</sup>07/10/03; <sup>(11)</sup>10/10/03; <sup>(12)</sup>22/10/03; <sup>(13)</sup>27/10/03

Anexo 3. Perdas de água por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 4º cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema de Manejo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	----- % da chuva -----											
SD	1,34	1,47	8,71	10,03	33,17	1,75	2,00	1,20	1,95	1,81	1,40	1,28
CM	0,78	2,58	14,36	36,32	52,31	4,64	16,62	5,57	2,09	6,02	0,90	1,21
SC	1,64	20,72	31,71	69,67	59,36	43,01	57,46	40,37	30,52	18,42	2,21	6,08
PC	1,37	1,99	16,22	42,14	46,62	9,36	17,06	6,54	7,80	8,29	1,78	1,68
SD	0,82	0,87	1,64	29,73	5,78	1,28	2,37	1,41	1,21	0,94	0,59	0,70
SC	1,74	22,72	49,86	86,17	57,06	72,50	86,01	55,46	34,15	23,79	1,87	7,47
Chuva (mm)	12,7	34,2	92,9	76,0	131,2	81,8	46,2	37,2	41,9	32,6	21,4	26,2

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; <sup>(1)</sup>02/08/04; <sup>(2)</sup>28/08/04; <sup>(3)</sup>15/09/04; <sup>(4)</sup>25/09/04; <sup>(5)</sup>29/09/04; <sup>(6)</sup>14/10/04; <sup>(7)</sup>20/10/04; <sup>(8)</sup>26/10/04; <sup>(9)</sup>06/11/04; <sup>(10)</sup>12/11/04; <sup>(11)</sup>30/11/04; <sup>(12)</sup>08/12/04

Anexo 3. Perdas de água por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 5º cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema de Manejo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	----- % da chuva -----												
SD	1,51	0,77	2,62	1,21	1,31	0,57	2,12	1,00	1,00	1,51	1,47	1,45	9,91
CM	0,47	0,46	12,84	2,32	0,84	0,91	1,92	1,30	7,40	1,89	1,25	1,16	42,72
SC	2,72	2,11	62,01	62,21	4,97	11,89	2,37	3,80	69,60	18,21	10,48	14,27	77,41
PC	1,20	1,05	15,10	19,45	2,71	0,56	1,03	0,87	39,11	1,21	1,06	1,31	56,02
SD	0,18	0,57	2,73	1,67	1,44	0,84	0,89	0,94	0,83	0,80	0,69	0,82	2,76
SC	5,63	2,01	78,68	38,47	6,15	12,33	3,11	3,58	68,27	10,71	9,07	7,83	88,42
Chuva (mm)	34,9	18,8	34,3	41,2	14,2	58,8	16,4	28,0	106,2	21,0	21,4	30,6	35,3

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; <sup>(1)</sup>18/12/04; <sup>(2)</sup>23/12/04; <sup>(3)</sup>11/01/05; <sup>(4)</sup>25/01/05; <sup>(5)</sup>19/02/05; <sup>(6)</sup>15/03/05; <sup>(7)</sup>23/03/05; <sup>(8)</sup>30/03/05; <sup>(9)</sup>06/04/05; <sup>(10)</sup>16/04/05; <sup>(11)</sup>27/04/05; <sup>(12)</sup>11/05/05; <sup>(13)</sup>13/05/05

Anexo 3. Perdas de água por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 6<sup>o</sup> cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema de Manejo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	
	Mg ha <sup>-1</sup>																						
SD	9,00	13,73	1,67	7,19	0,46	0,58	17,72	0,37	5,06	16,81	37,07	8,85	9,61	0,67	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
CM	9,60	35,70	1,34	28,59	0,33	0,33	3,50	8,37	0,00	2,25	46,94	23,80	4,85	0,31	0,20	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
SC	65,18	42,58	1,63	45,02	31,21	22,89	57,94	0,67	93,00	40,57	3,33	67,69	52,39	0,96	12,36	53,03	8,29	0,05	0,22	0,55	2,46	9,87	
PC	44,98	38,33	1,32	33,12	0,19	8,19	49,13	0,52	20,00	45,35	60,93	36,83	48,97	0,02	1,43	0,00	0,07	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00
SD	8,80	13,04	2,34	7,31	0,31	0,19	2,66	0,36	78,04	4,61	45,71	10,00	5,55	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
SC	69,82	42,19	2,37	48,76	42,54	22,23	55,97	0,78	13,00	28,36	69,85	69,30	66,74	65,27	15,24	0,02	8,56	0,03	0,28	0,19	3,03	11,47	

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; (1) 27/11/02; (2) 28/11/02; (3) 30/11/02; (4) 02/12/02; (5) 05/12/02; (6) 08/12/02; (7) 20/12/02; (8) 24/12/02; (9) 02/01/03; (10) 14/01/03; (11) 21/01/03; (12) 03/02/03; (13) 14/2/03; (14) 22/02/03; (15) 20/03/03; (16) 26/02/03; (17) 07/03/03; (18) 12/03/03;

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; (1) 15/06/05; (2) 21/06/05; (3) 06/07/05; (4) 25/07/05; (5) 10/08/05; (6) 24/08/05; (7) 02/09/05; (8) 06/09/05; (9) 20/09/05; (10) 05/10/05; (11) 11/10/05; (12) 19/10/05; (13) 28/10/05; (14) 31/10/05

Anexo 4. Perdas de solo por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 2<sup>o</sup> cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema de Manejo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	Mg ha <sup>-1</sup>												
SD	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CM	0,02	0,01	0,00	0,06	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,06	0,00	0,02
SC	0,08	0,01	0,02	0,17	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,07	0,01	0,22
PC	0,03	0,02	0,00	0,05	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03
SD	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
SC	0,10	0,03	0,00	0,12	0,00	0,06	0,02	0,02	0,03	0,07	0,11	0,02	0,28

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; <sup>(1)</sup>23/05/03; <sup>(2)</sup>04/06/03; <sup>(3)</sup>06/06/03; <sup>(4)</sup>10/06/03; <sup>(5)</sup>20/06/03; <sup>(6)</sup>09/07/03; <sup>(7)</sup>16/07/03; <sup>(8)</sup>25/08/03; <sup>(9)</sup>10/09/03; <sup>(10)</sup>07/10/03; <sup>(11)</sup>10/10/03; <sup>(12)</sup>22/10/03; <sup>(13)</sup>27/10/03

Anexo 4. Perdas de solo por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 3º cultivo nos sistemas de manejo do solo

**Siste**

**ma**

de	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
Manejo	----- Mg ha <sup>-1</sup> -----																						
SD	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
CM	0,01	0,00	0,04	0,11	0,06	0,00	0,04	0,05	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
SC	0,05	0,08	0,08	3,44	0,48	3,29	4,36	1,23	0,95	0,00	0,01	0,09	3,81	4,58	0,04	0,10	0,13	4,54	4,52	0,11	0,64	6,22	0,46
PC	0,01	0,01	0,01	0,10	0,08	0,00	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,07
SD	0,01	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
SC	0,08	0,07	0,06	6,84	0,60	5,15	9,67	2,16	0,96	0,00	0,10	0,05	3,01	4,39	0,05	0,15	0,07	7,37	4,27	0,30	0,28	6,31	0,42

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; <sup>(1)</sup>14/11/03; <sup>(2)</sup>17/11/03; <sup>(3)</sup>05/12/03; <sup>(4)</sup>12/12/03; <sup>(5)</sup>17/12/03; <sup>(6)</sup>30/12/03; <sup>(7)</sup>10/01/04; <sup>(8)</sup>13/01/04; <sup>(9)</sup>15/01/04; <sup>(10)</sup>23/01/04; <sup>(11)</sup>05/02/04; <sup>(12)</sup>17/02/04; <sup>(13)</sup>25/02/04; <sup>(14)</sup>27/02/04; <sup>(15)</sup>15/03/04; <sup>(16)</sup>29/03/04; <sup>(17)</sup>05/04/04; <sup>(18)</sup>07/04/04; <sup>(19)</sup>20/04/04; <sup>(20)</sup>29/04/04; <sup>(21)</sup>06/05/04; <sup>(22)</sup>08/05/04; <sup>(23)</sup>27/05/04

Anexo 4. Perdas de solo por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 4<sup>o</sup> cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema de Manejo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	----- Mg ha <sup>-1</sup> -----											
SD	0,01	0,02	0,08	0,07	0,08	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
CM	0,12	0,03	0,11	0,52	0,17	0,02	0,08	0,06	0,11	0,02	0,00	0,00
SC	0,15	0,07	0,53	6,35	12,05	3,49	2,16	0,17	0,80	0,21	0,07	0,12
PC	0,02	0,04	0,16	0,25	0,65	0,12	0,11	0,04	0,03	0,06	0,00	0,00
SD	0,02	0,01	0,02	0,04	0,04	0,03	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00
SC	0,31	0,38	1,20	6,45	13,53	3,29	3,54	0,30	0,89	0,30	0,11	0,38

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; <sup>(1)</sup>02/08/04; <sup>(2)</sup>28/08/04; <sup>(3)</sup>15/09/04; <sup>(4)</sup>25/09/04; <sup>(5)</sup>29/09/04; <sup>(6)</sup>14/10/04; <sup>(7)</sup>20/10/04; <sup>(8)</sup>26/10/04; <sup>(9)</sup>06/11/04; <sup>(10)</sup>12/11/04; <sup>(11)</sup>30/11/04; <sup>(12)</sup>08/12/04

Anexo 4. Perdas de solo por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 5º cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema

a

Anexo 4. Perdas de solo por erosão hídrica sob chuva natural no Cambissolo Húmico durante o 6º cultivo nos sistemas de manejo do solo

Sistema ----- Mg ha<sup>-1</sup> -----

a

Manejo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
SD	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,03	
CM	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,04	0,09	
SC	0,05	0,00	1,00	0,29	0,05	2,82	0,08	0,04	4,40	0,73	0,07	0,24	2,56	
PC	0,08	0,00	0,07	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,16	0,00	0,01	0,01	0,07	
SD	0,11	0,16	0,05	0,01	0,00	0,01	0,25	0,03	0,01	0,09	0,00	0,01	0,00	0,00
CM	0,03	0,00	0,09	0,33	0,09	2,88	0,04	0,02	0,56	0,29	0,04	0,09	1,41	0,02
SC	3,75	2,71	0,03	2,63	0,03	0,03	4,12	3,56	0,71	3,85	0,16	0,71	0,10	0,14

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; (1) 18/12/04; (2) 23/12/04; (3) 11/01/05; (4) 25/01/05; (5) 19/02/05;

(6) 15/03/05; (7) 29/03/05; (8) 30/03/05; (9) 06/04/05; (10) 16/04/05; (11) 27/04/05; (12) 17/05/05; (13) 13/05/05; (14) 02 0,04

SD 0,04 0,24 0,01 0,02 0,00 0,00 0,19 0,03 0,01 0,10 0,00 0,08 0,01 0,01

SC 3,73 2,97 0,04 2,92 0,04 0,03 4,14 5,99 0,57 5,62 0,21 0,68 0,18 0,09

SD = semeadura direta; CM = cultivo mínimo; SC = sem cultivo; PC = preparo convencional; (1) 15/06/05; (2) 21/06/05; (3) 06/07/05; (4) 25/07/05; (5) 10/08/05;

(6) 24/08/05; (7) 02/09/05; (8) 06/09/05; (9) 20/09/05; (10) 05/10/05; (11) 11/10/05; (12) 19/10/05; (13) 28/10/05; (14) 31/10/05