

Este trabalho teve o objetivo de determinar os fatores erosividade das chuvas (fator R) e erodibilidade do solo (fator K) da USLE num Cambissolo Húmico, para Lages, SC, bem como as perdas de solo e água nos diferentes sistemas de manejo do solo, em experimento de longa duração conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages, SC. Utilizando pluviogramas diários, foram gerados 107 índices de erosividade, os quais foram correlacionados com as perdas de solo coletadas na parcela padrão da USLE resultantes das respectivas chuvas. As perdas de solo nos sistemas de manejo semeadura direta, cultivo mínimo e preparo convencional foram coletadas no mesmo experimento durante os anos de 1993 a 2012. O experimento foi conduzido em campo, sob chuva natural, em parcelas de 3,5 x 22,1 m dotadas de sistemas coletores de enxurrada, sendo as determinações realizadas após cada evento erosivo. Estudaram-se os tratamentos com cultivo do solo sob rotação de culturas: preparo convencional (PC) com uma aração + duas gradagens; preparo reduzido (PR) com uma escarificação + uma gradagem; e semeadura direta (SD) sem preparo do solo; e um tratamento com uma aração + duas gradagens sem cultivo (SSC) que se constituiu na parcela padrão da USLE.

Orientador: Dr. Ildegardis Bertol

Co-orientador: Dr. Neroli Pedro Cogo

Lages, 2014

ANO  
2014

JEFFERSON SCHICK | FATORES R E K DA USLE E PERDAS DE SOLO E ÁGUA EM SISTEMAS DE MANEJO SOBRE UM CAMBISSOLO HÚMICO EM LAGES, SC



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

TESE DE DOUTORADO

**FATORES R E K DA USLE E PERDAS  
DE SOLO E ÁGUA EM SISTEMAS DE  
MANEJO SOBRE UM CAMBISSOLO  
HÚMICO EM LAGES, SC**

JEFFERSON SCHICK

LAGES, 2014

**JEFFERSON SCHICK**

**FATORES R E K DA USLE E PERDAS DE SOLO E ÁGUA EM  
SISTEMAS DE MANEJO SOBRE UM CAMBISSOLO HÚMICO  
EM LAGES, SC**

Trabalho de Conclusão apresentado ao  
Curso de Pós-Graduação em Ciência  
do Solo do Centro de Ciências  
Agroveterinárias, da Universidade do  
Estado de Santa Catarina, como  
requisito parcial para a obtenção do  
grau de Doutor em Manejo do Solo.

Orientador: Ildegardis Bertol

**LAGES, SC**

**2014**

S331f Schick, Jefferson

Fatores R e K da USLE e perdas de solo e água em sistemas de manejo sobre um Cambissolo Húmico em Lages, SC./ Jefferson Schick. – Lages, 2014.

149 p.: il.; 21 cm

Orientador: Ildegardis Bertol

Bibliografia: p. 127-143

Tese (doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, Lages, 2014.

1. Erosividade das chuvas. 2. Erodibilidade do solo. 3. Erosão hídrica. I. Schick, Jefferson. II. Bertol, Ildegardis. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do CAV/ UDESC

## **JEFFERSON SCHICK**

### **FATORES R E K DA USLE E PERDAS DE SOLO E ÁGUA EM SISTEMAS DE MANEJO SOBRE UM CAMBISSOLO HÚMICO EM LAGES, SC**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Manejo do Solo no curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

#### **Banca Examinadora**

Orientador:

---

Dr. Ildegardis Bertol  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Co-orientador:

---

Dr. Neroli Pedro Cogo  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Membro:

---

Dr. David José Miquelluti  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

---

Dr. Fabrício Tondello Barbosa  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

---

Dr. Flávio Luiz Foletto Eltz  
Universidade Federal de Santa Maria

Lages (SC), 16/05/2014



Dedico este trabalho à minha esposa  
Daniela e ao meu filho Gustavo.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor e amigo Ildegardis Bertol, pela orientação dedicada e segura, bem como pela disponibilização dos dados de seu projeto, o que tornou possível a realização deste trabalho.

À UDESC, pelo ensino público, gratuito e de qualidade, na graduação, mestrado e doutorado.

Ao professor David José Miquelluti, pelo auxílio na análise estatística dos dados.

À todos os bolsistas, colaboradores e estagiários que realizaram a condução do experimento, procederam a coleta e processaram as amostras, viabilizando assim a obtenção dos dados.

À senhora Jane Comerlatto Bertol, pela amizade e hospitalidade.

Ao Instituto Federal Catarinense – Campus Santa Rosa do Sul, pela permissão para a realização do doutorado.

À FINEP, pelos recursos financeiros que permitiram instalar o experimento e conduzi-lo desde a sua implantação durante os primeiros oito anos.

Ao CNPq, pelos recursos financeiros e pela taxa de bancada “Grandt” que permitiram conduzir o experimento nos últimos 16 anos.

À todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.



## RESUMO

SCHICK, Jefferson. **Fatores R e K da USLE e perdas de solo e água em sistemas de manejo sobre um Cambissolo Húmico em Lages, SC.** 2014. 149 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, SC, 2014.

A erosão hídrica pluvial do solo é influenciada pelas características da chuva e do solo, pela forma do relevo, pela cobertura e manejo do solo incluindo os sistemas de cultivo, e pelas práticas conservacionistas. O planejamento conservacionista requer o conhecimento da influência da capacidade erosiva das chuvas, da resistência do solo à erosão e do manejo e cultivo do solo sobre a erosão hídrica. Em pesquisas de longo prazo sobre erosão do solo, a quantificação destes fatores é utilizada também para gerar parâmetros da Equação Universal de Perda de Solo (USLE), cujo modelo é utilizado para predizer as perdas de solo e subsidiar o planejamento conservacionista localmente. Este trabalho teve o objetivo de determinar os fatores erosividade das chuvas (fator R) e erodibilidade do solo (fator K) da USLE num Cambissolo Húmico, para Lages, SC, bem como as perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo do solo, em experimento de longa duração conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages, SC. Utilizando pluviogramas diários, foram gerados 107 índices de erosividade, os quais foram correlacionados com as perdas de solo coletadas na parcela padrão da USLE resultantes das respectivas chuvas. As perdas de solo nos sistemas de manejo semeadura direta, cultivo mínimo e preparo convencional foram coletadas no mesmo experimento durante os anos de 1993 a 2012. O experimento foi conduzido em campo, sob chuva natural, em parcelas de 3,5 x 22,1 m dotadas de sistemas coletores de enxurrada, sendo as determinações realizadas após cada evento erosivo. Estudaram-se os tratamentos com cultivo do solo sob rotação de culturas: preparo convencional (PC) com uma aração + duas gradagens; preparo redizado (PR) com uma escarificação + uma gradagem; e semeadura direta (SD) sem preparo do solo; e um tratamento com uma aração + duas gradagens sem cultivo (SC) que se constituiu na parcela padrão da USLE. O índice erosivo (fator R) recomendado para Lages (SC) é o  $EI_{30}$ , cuja média anual é 5.033 MJ

mm  $ha^{-1} h^{-1}$  e, deste valor, 66 % ocorre entre setembro e fevereiro. Este valor de erosividade tem período de retorno estimado em dois anos, ou seja, 50 % de probabilidade de ocorrência. O valor de erodibilidade anual estimado pelo quociente e por regressão linear simples entre as perdas de solo e as erosividades, foi respectivamente de 0,0175 e 0,0172  $Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}$ . A erodibilidade nos períodos de primavera-verão e outono-inverno apresentou pequenas variações em relação à média anual. A erodibilidade mensal variou de 0,0083  $Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}$  no mês de dezembro a 0,0241  $Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}$  no mês de abril. As perdas de solo nos tratamentos com cultivo foram fortemente influenciadas pelo sistema de manejo, enquanto as perdas de água sofreram apenas efeito moderado. As perdas médias de solo foram de 85,29; 6,41; 2; e 0,82  $Mg ha^{-1} ano^{-1}$ , nos tratamentos SC, PC, PR e SD, respectivamente, enquanto, as perdas de água nestes tratamentos representaram respectivamente 38, 24, 15 e 9 % da precipitação pluviométrica anual. As perdas de solo dos tratamentos SC e PC sofreram maior influência da erosividade, enquanto as do PR e SD foram mais influenciados pelo volume de chuva e de enxurrada. As perdas de água foram fortemente influenciadas pelo volume de chuva e pela época do ano, em todos os sistemas de manejo do solo.

**Palavras-chave:** erosividade das chuvas, erodibilidade do solo, erosão hídrica.

## ABSTRACT

SCHICK, Jefferson. **Usle R and K factors and loss of soil and water in Humic Inceptisol under different management systems in Lages, SC.** 2014. 149 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, SC, 2014.

Rainfall soil erosion is influenced by rainfall and soil characteristics, relief forms, soil cover and management including cropping systems, and by conservation practices. The conservation planning demands the knowledge of the influence of erosive capacity of rainfall, soil resistance to erosion, soil management and cultivation on the water erosion. In a long term study, the quantification of these factors is also used to estimate the parameters of the Universal Soil Loss Equation (USLE), whose model is used worldwide to predict soil losses and support the conservation planning at a local scale. The present study determined the rainfall erosivity (R factor) and soil erodibility (K factor) of the USLE num Cambissolo Húmico, for Lages, State of Santa Catarina, and soil and water losses in the different soil management systems, in an long term experiment conducted at the Center of Agricultural and Veterinary Sciences of Lages. With the aid of daily rainfall charts, we generated 107 erosivity indices, which were correlated to the soil losses collected in the standard USLE plot, resulting from respective rainfall. Soil losses in the systems of no-tillage, reduced tillage, and conventional tillage were collected in the same experiment during the period 1993-2012. The field experiment was developed under natural rainfall, in 3.5 x 22.1 plots with runoff collection systems. The measurements were performed after each erosion event. We evaluated the following treatments: conventional tillage (CT) with one plowing + two diskings; reduced tillage (RT) with one chiseling + one disk; and no-tillage (NT) without soil preparation; and one treatment with one plowing + two diskings but without crops, bare soil (BS), which represented the standard USLE plot. The erosion index (R factor) recommended for Lages is the  $EI_{30}$ , whose annual average is  $5,033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  and of this value, 66 % take place between September and February. This erosivity value has an estimated return period of two years, that is, 50 % probability of occurrence. The annual erodibility estimated by the

quotient and by simple linear regression between soil loss and erosivity was 0.0175 and 0.0172  $\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , respectively. The erodibility in the spring-summer and fall-winter periods showed small variations relative to the annual average. The monthly erodibility ranged from 0.0083  $\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  in December to 0.0241  $\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  in April. Soil losses in the treatments with crops were strongly affected by the management system, while water losses were only moderately affected. Average soil losses were 85.29; 6.41; 2; and 0.82  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ , in the treatments BS, CT, RT and NT, respectively, whereas water losses in these treatments were 38, 24, 15 and 9 % of the of the annual rainfall, respectively. Soil losses of the treatments BS and CT were highly influenced by erosivity, while those of RT and NT were more influenced by the rainfall and runoff volume. Water losses were strongly influenced by the rainfall volume and by the time of the year, in all treatments.

**Key words:** rainfall erosivity, soil erodibility, water erosion.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 -	Precipitação e erosividade média, em função do número de anos observados em Cambissolo Húmico em Lages - SC.....	67
Gráfico 2 -	Valores médios mensais percentuais do fator de erosividade, $EI_{30}$ , e do volume total das chuvas, obtidos entre 1989 a 2012, em Lages – SC.....	70
Gráfico 3 -	Relação entre perda de solo (Ps) e índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) em Cambissolo Húmico entre 1993 e 2012, em Lages - SC, considerando-se; a) totalidade dos 795 eventos individuais; b) 632 eventos individuais sem chuvas acumuladas. *: $p < 0,01$ .....	76
Gráfico 4 -	Relação entre perda de solo (Ps) e índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) em Cambissolo Húmico entre 1993 e 2012, em Lages - SC, considerando-se; a) 163 eventos com chuvas acumuladas; b) totais dos períodos de cultivo. **: $p < 0,01$ .....	77
Gráfico 5 -	Relação entre perda de solo (Ps) e índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) em Cambissolo Húmico entre 1993 e 2012, em Lages - SC, considerando-se; a) totais anuais; b) médias mensais. **: $p < 0,01$ ; <sup>ns</sup> : Não significativo.....	78
Gráfico 6 -	Distribuição mensal da relação entre os valores mensais médios e o valor médio anual, expressos em porcentagem (a: perda de solo e erosividade das chuvas; b: erodibilidade do solo e erosividade das chuvas) e relação entre esses fatores, em Lages – SC, entre 1993 e 2012. **: $p < 0,01$ ; <sup>ns</sup> : Não significativo.....	81
Gráfico 7 -	Distribuição mensal da relação entre os valores mensais médios e o valor médio anual, expressos em porcentagem (a: erodibilidade do solo e perda de solo; b: erodibilidade do solo e precipitação) e relação entre esses fatores, em Lages – SC, entre 1993 e 2012. **: $p < 0,01$ ;	

Gráfico 8 -	ns. Não significativo.....	82
Gráfico 9 -	Erodibilidade do solo em função do número de anos observados em Cambissolo Húmico em Lages - SC.....	83
Gráfico 10 -	Erodibilidade do solo em função do número de anos observados em Cambissolo Húmico em Lages - SC; a) 1 a 10 anos de observação; b) 11 a 20 anos de observação.....	84
Gráfico 11 -	Percentual de perdas de água e solo em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo (média de 20 anos), em Lages - SC.....	89
Gráfico 12 -	Perdas médias anuais de solo em função do número de anos observados, em diferentes sistemas de manejo, em Cambissolo Húmico em Lages – SC: a) solo sem cobertura; b) preparo convencional.....	95
Gráfico 13 -	Perdas médias anuais de solo em função do número de anos observados, em diferentes sistemas de manejo, em Cambissolo Húmico em Lages – SC: a) preparo reduzido; b) semeadura direta.....	96
Gráfico 14 -	Perdas médias anuais de água em função do número de anos observados, em diferentes sistemas de manejo, em Cambissolo Húmico em Lages – SC: a) solo sem cobertura; b) preparo convencional.....	99
Gráfico 15 -	Perdas médias anuais de água em função do número de anos observados, em diferentes sistemas de manejo, em Cambissolo Húmico em Lages – SC: a) preparo reduzido; b) semeadura direta.....	100
Gráfico 16 -	Contribuição percentual dos cultivos de primavera/verão e outono/inverno, nos valores anuais de precipitação, erosividade, e perdas de solo em diferentes sistemas de manejo (média de 20 anos), em Cambissolo Húmico.....	110
	Contribuição percentual dos cultivos de primavera/verão e outono/inverno, nos valores anuais de precipitação, erosividade, e perdas de água em diferentes sistemas de manejo do solo	

	(média de 20 anos), em Cambissolo Húmico.....	111
Gráfico 17 -	Distribuição percentual das perdas de solo ao longo do ano em diferentes sistemas de manejo do solo em Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de 20 anos).....	113
Gráfico 18 -	Distribuição percentual das perdas de água ao longo do ano em diferentes sistemas de manejo do solo em Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de 20 anos).....	114
Gráfico 19 -	Distribuição percentual da erosividade e da precipitação ao longo do ano em Lages - SC (média de 20 anos).....	115



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Propriedades físicas e químicas do Cambissolo Húmico alumínico léptico localizado em Lages - SC, referentes ao perfil no local do experimento.....	36
Tabela 2 -	Duração dos períodos de cultivo e respectivas culturas utilizadas em experimento de perdas de solo e água em Cambissolo Húmico sob chuva natural, em Lages – SC.....	39
Tabela 3 -	Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuvas erosivas, observadas no período de 1989 a 2012 em Lages – SC.....	46
Tabela 4 -	Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuvas não erosivas, observadas no período de 1989 a 2012 em Lages – SC.....	48
Tabela 5 -	Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuva total, observadas no período de 1989 a 2012 em Lages – SC.....	50
Tabela 6 -	Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuvas erosivas, observadas no período de 1989 a 2012 em Lages - SC.....	52
Tabela 7 -	Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuvas não erosivas, observadas no período de 1989 a 2012 em Lages - SC.....	54
Tabela 8 -	Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuva total, observadas no período de 1989 a 2012 em Lages - SC.....	56
Tabela 9 -	Número de chuvas erosivas, não erosivas e total de chuvas, em diferentes épocas do ano em Lages – SC.....	58
Tabela 10 -	Volume de chuvas erosivas, não erosivas e total de chuvas, em diferentes épocas do ano em Lages - SC.....	59

Tabela 11 -	Coeficientes de correlação (r) e respectivos intervalos de confiança (IC), obtidos entre os diversos fatores de erosividade das chuvas e as perdas de solo ocorridas na parcela padrão da USLE, no período de 1993 a 2012 em Lages – SC.....	62
Tabela 12 -	Valores mensais, anuais e médios do índice de erosividade $EI_{30}$ em Lages - SC, no período de 1989 a 2012.....	64
Tabela 13 -	Índice de erosividade $EI_{30}$ em diferentes épocas do ano em Lages - SC, no período de 1989 a 2012.....	68
Tabela 14 -	Período de retorno e probabilidade de ocorrência dos valores dos índices anuais e máximos individuais de erosividade ( $EI_{30}$ ), em Lages – SC, durante o período de 1989 a 2012..	71
Tabela 15 -	Valores médios anuais do fator erosividade – $EI_{30}$ (fator R) das chuvas, perda de solo (média de duas repetições) e fator erodibilidade (fator K) determinado pelo quociente entre a média das perdas de solo e a média das erosividades das chuvas, do Cambissolo Húmico alumínico léptico em Lages - SC, no período de 1993 a 2012.....	73
Tabela 16 -	Valores médios estacionais (primavera/verão e outono/inverno) do fator erosividade - $EI_{30}$ (fator R) das chuvas, perda de solo (média de duas repetições) e fator erodibilidade (fator K) determinado pelo quociente entre a média das perdas de solo e a média das erosividades das chuvas, do Cambissolo Húmico alumínico léptico em Lages - SC, no período de 1993 a 2012.....	79
Tabela 17 -	Valores médios mensais do fator erosividade – $EI_{30}$ (fator R) das chuvas, volume de chuva, perda de solo (média de duas repetições), e fator erodibilidade (fator K) determinados pelo quociente entre a média das perdas de solo e a média das erosividades das chuvas, do Cambissolo Húmico alumínico léptico em Lages - SC, no período de 1993 a 2012.....	80

Tabela 18 -	Precipitação, erosividade e perdas de solo anuais (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.....	86
Tabela 19 -	Precipitação, erosividade e perdas de água anuais (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.....	87
Tabela 20 -	Cobertura do solo remanescente ao preparo e semeadura em diferentes sistemas de manejo do solo (média de 2 repetições).....	90
Tabela 21 -	Produção de matéria seca pelas culturas em diferentes sistemas de manejo do solo (média de 2 repetições).....	91
Tabela 22 -	Produção de grãos pelas culturas em diferentes sistemas de manejo do solo (média de 2 repetições).....	92
Tabela 23 -	Precipitação, erosividade e perdas de solo por cultivo (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.....	101
Tabela 24 -	Precipitação, erosividade e perdas de água por cultivo (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages - SC.....	103
Tabela 25 -	Precipitação, erosividade e perdas de solo por cultivo em diferentes estações (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.....	106
Tabela 26 -	Precipitação, erosividade e perdas de água por cultivo em diferentes estações (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.....	108
Tabela 27 -	Coeficientes de correlação entre o fator erosividade e precipitação e as perdas de solo e água em diferentes situações de manejo em Cambissolo Húmico, localizado em Lages, SC (dados de 20 anos).....	116
Tabela 28 -	Coeficientes de correlação entre as perdas de	

solo e as perdas de água em diferentes situações de manejo do solo e em diferentes períodos considerados, em Cambissolo Húmico, localizado em Lages - SC (média de 20 anos).....	119
--	-----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	23
1.1 HIPÓTESES.....	25
1.2 OBJETIVOS.....	25
<b>1.2.1 Objetivo geral.....</b>	25
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	25
<b>2 DESENVOLVIMENTO .....</b>	27
2.1 REVISÃO DE LITERATURA .....	27
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	35
<b>2.2.1 Localização e caracterização da área experimental .....</b>	35
<b>2.2.2 Histórico do experimento .....</b>	35
<b>2.2.3 Determinação das perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo .....</b>	37
<b>2.2.4 Determinação da erosividade da chuva .....</b>	41
<b>2.2.5 Determinação da erodibilidade do solo .....</b>	43
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
<b>2.3.1 Erosividade da chuva .....</b>	45
<b>2.3.2 Erodibilidade do solo .....</b>	72
<b>2.3.3 Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo .....</b>	85
<b>3 CONCLUSÕES .....</b>	121
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	123
<b>5 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....</b>	125
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	127
<b>APÊNDICES.....</b>	145



## 1 INTRODUÇÃO

A demanda mundial de produtos agrícolas vem crescendo rapidamente, tanto em resposta ao crescimento exponencial da população, quanto à melhoria de seu poder aquisitivo. De acordo com relatório da FAO (2011), em 2050 a população mundial atingirá um total de nove bilhões de pessoas, demandando que a produção de alimentos aumente em cerca de 70 % globalmente e quase 100 % nos países em desenvolvimento. Esse incremento na demanda por alimentos, juntamente com a demanda de outros usos competitivos, vai colocar uma pressão sem precedentes em muitos sistemas de produção em todo o mundo. O referido documento chama atenção para as técnicas que tornam a produção de alimento sustentável e eficaz, uma vez que 80 % dos ganhos de produção esperados terão de ocorrer na maior parte nas terras agrícolas existentes. Segundo a FAO, ações coordenadas de instituições bem preparadas poderão responder aos desafios da gestão de solos e água.

Entretanto, o mesmo relatório (FAO, 2011), afirma que alguns sistemas enfrentam o risco de um colapso progressivo da sua capacidade produtiva devido a uma combinação entre a excessiva pressão demográfica e a prática insustentável da agricultura. As taxas de crescimento na produção agrícola foram diminuindo em muitas áreas e hoje são apenas metade do que eram no auge da Revolução Verde. Além disso, aproximadamente 25 % dos solos agrícolas possuem algum grau de degradação, principalmente em função da erosão.

O solo é o recurso natural mais intensamente utilizado na produção de alimentos, podendo, por isso, ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão, em decorrência de seu uso e manejo inadequados. Assim, o conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem reduzi-las é de fundamental importância para o planejamento conservacionista da propriedade agrícola (ROQUE et al., 2001).

A causa fundamental da erosão hídrica é que a chuva age sobre o solo. Assim, o estudo da erosão hídrica pode ser dividido em como ela vai ser afetada por diferentes tipos de chuva, e em como ela irá variar para diferentes condições de solo. A quantidade de erosão, por conseguinte, vai depender de uma combinação da força da chuva para provocar a erosão e da capacidade do solo de resistir à ação da chuva.

O conhecimento da capacidade erosiva das chuvas e da suscetibilidade dos principais solos à erosão hídrica, juntamente com a

escolha do sistema de manejo do solo mais adequado a cada situação, são questões fundamentais que a pesquisa deve solucionar para viabilizar o planejamento conservacionista em bases quantitativas, de maneira segura.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo determinar os fatores R (erosividade da chuva) e K (erodibilidade do solo) da Equação Universal de Perda de Solo (USLE), em adição à avaliação de sistemas de manejo do solo em relação à erosão hídrica, em um experimento de campo de longa duração, sob condições de chuva natural, em um Cambissolo Húmico, localizado em Lages (SC).

## 1.1 HIPÓTESES

1. O índice de erosividade da chuva  $EI_{30}$  é o mais adequado para predizer as perdas de solo por erosão hídrica no município de Lages, SC.
2. A suscetibilidade do Cambissolo Húmico à erosão hídrica é variável com a época do ano em Lages, SC.
3. O período de tempo de avaliação das chuvas e das perdas de solo por erosão hídrica influencia a definição do potencial erosivo das chuvas e a suscetibilidade dos solos à erosão hídrica.
4. A erosão hídrica pluvial do solo é influenciada pelo sistema de cultivo e manejo do solo conduzido por longo período de tempo.
5. O sistema de semeadura direta, em experimentos de longa duração conduzido em um Cambissolo Húmico, reduz expressivamente as perdas de solo em relação aos sistemas de manejo com mobilização mecânica do solo; as perdas de água, por sua vez, são reduzidas em menor magnitude.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Determinar os fatores R (erosividade da chuva) e K (erodibilidade do solo) da Equação Universal de Perdas de Solo, bem como quantificar as perdas de solo e água por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo, em um Cambissolo Húmico localizado no município de Lages - SC, em experimento de longa duração, sob condições de chuva natural.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

1. Quantificar, ao longo de 20 anos, as perdas de solo e água ocasionadas por chuvas erosivas individuais, nos seguintes sistemas de manejo de um Cambissolo Húmico: solo sem cobertura e sem cultivo; preparo convencional; preparo reduzido; e semeadura direta.
2. Relacionar as perdas de solo no tratamento solo sem cultivo e sem cobertura cobertura com vários índices de erosividade das chuvas, e definir o melhor índice para predição da erosão no município de Lages, SC.
3. Caracterizar o potencial erosivo das chuvas na região de Lages, SC.

4. Determinar a suscetibilidade de um Cambissolo Húmico à erosão hídrica, bem como seu comportamento ao longo do ano e do período experimental.
5. Definir o comportamento dos diferentes sistemas de manejo do solo preparo convencional, preparo reduzido e semeadura direta, em relação às perdas de solo e água.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REVISÃO DE LITERATURA

A erosão hídrica é fundamentalmente causada pela ação da chuva sobre o solo, compreendendo as fases básicas de desagregação, transporte e deposição. Estas fases, às vezes não bem distintasumas das outras, podem ocorrer concomitantemente (ELLISON, 1947). A desagregação consiste na separação das partículas individuais e/ou agregados da massa do solo, tornando-as disponíveis para o transporte. Ela ocorre principalmente pela ação de impacto das gotas de chuva, mas também pela ação cisalhante da enxurrada, especialmente sobre solos desprotegidos. O transporte consiste na remoção das partículas desagregadas para fora de seu local de origem, ocorrendo pelo salpico decorrente do impacto das gotas de chuva, mas principalmente pela ação do escoamento superficial da água. A deposição, cujo processo é seletivo, representa o fim do transporte, ocorrendo quando a carga de sedimentos na enxurrada excede sua capacidade de transporte (ELLISON, 1947; FOSTER & MEYER, 1972; MEYER et al., 1975).

O processo erosivo, como um todo, geralmente é prejudicial. As áreas agrícolas têm sua capacidade produtiva comprometida pela perda de solo, matéria orgânica, adubos químicos e defensivos agrícolas, onerando o processo produtivo. Corpos aquáticos, que muitas vezes recebem os materiais carreados das áreas agrícolas, são contaminados e assoreados, ocasionando diversas complicações ambientais. O assoreamento originado em trechos de rios utilizados para navegação ou reservatórios, implica em grandes obras para retirada de material sólido, com custos elevados.

Os fatores envolvidos na erosão hídrica são: a chuva expressa por sua erosividade; o solo expresso por sua erodibilidade; o relevo expresso pelo grau e comprimento do declive; a cobertura por plantas ou seus resíduos e o uso e manejo do solo; e as práticas conservacionistas de suporte (HUDSON, 1995). Dentre esses fatores, a cobertura e manejo é o mais importante (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A cobertura em contato direto com a superfície dissipa a energia cinética das gotas de chuva, no ponto de impacto e, por isso, impede a desagregação do solo, além de constituir-se numa barreira à enxurrada reduzindo sua velocidade e capacidade de transporte de solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Os sistemas de preparo e semeadura afetam diretamente a percentagem de cobertura do solo, na medida em que incorporam parcial ou totalmente os resíduos culturais, como no preparo convencional, ou incorporam apenas parte dele, como nos sistemas de preparo reduzido e semeadura direta. Além disso, os sistemas de preparo e semeadura também atuam sobre as condições físicas internas e de superfície, podendo alterar a rugosidade superficial do terreno, a porosidade e a estrutura da camada arável (COGO, 1981), com influência sobre a taxa de infiltração de água no solo e, por consequência, sobre as perdas por erosão (COGO, 1981; BERTOL et al., 1997).

No sistema de semeadura direta, a erosão hídrica do solo é diminuída principalmente devido à dissipação da energia cinética das gotas das chuvas e a redução da velocidade e volume de enxurrada. Isto diminui a capacidade de desagregação e transporte pela chuva e enxurrada devido aos resíduos culturais na superfície do solo (FOSTER, 1982). Como a desagregação é diminuída, o selamento superficial também é reduzido, proporcionando a manutenção da infiltração de água no solo. O aumento da resistência à desagregação do solo superficial é, por sua vez, função do aumento da estabilidade dos agregados em água e da consolidação do solo (ELTZ et al., 1989). A redução da capacidade do fluxo em transportar materiais se deve a diminuição da sua energia cinética, pela perda de velocidade, em função do aumento da tortuosidade do fluxo devido aos resíduos (BRAIDA, 1994). Além disso, os resíduos ainda servem como barreira física para o aprisionamento ou retenção das partículas desagregadas e sob transporte, causando sua deposição.

A capacidade de estimar as perdas de solo por erosão hídrica em diferentes locais e situações de uso e manejo do solo, permite aos técnicos a seleção e recomendação de técnicas de manejo e conservação do solo que visem diminuir ou amenizar os problemas causados pela erosão (CORRECHEL, 2003).

As pesquisas sobre erosão visam avaliar a influência dos diferentes fatores determinantes do processo erosivo, permitindo a obtenção de estimativas de perdas de solo e a seleção de práticas que reduzam tais perdas ao máximo. Entretanto, a determinação das perdas de solo por erosão através de métodos diretos é cara e demorada. Essas são as principais causas do crescente interesse dos pesquisadores pelos modelos de predição da erosão (FOSTER et al., 1982).

O desenvolvimento de modelos de predição da erosão tem como motivação principal o desenvolvimento de uma ferramenta de

auxílio voltada para o planejamento de ações de conservação do solo e da água. Mediante o uso desses modelos, diferentes práticas de controle da erosão podem ser testadas, a partir da simulação de diferentes cenários de uso e manejo do solo e de variações climáticas (MINELLA et al., 2010).

A modelagem da erosão do solo constitui-se numa ferramenta valiosa para avaliar a eficácia das estratégias de ação a serem adotadas visando o manejo agrícola efetivo e o controle do processo erosivo e consequente degradação dos solos (CASSOL & OLIVEIRA, 2012).

Os modelos de estimativa da erosão podem ser classificados como empíricos, conceituais e de base física. Modelos empíricos são baseados em relações estatísticas entre variáveis consideradas importantes. Os parâmetros das equações são obtidos por calibração em parcelas experimentais. Nessas condições, de grande controle experimental, se estabelecem as relações entre os fatores controladores e as variáveis de interesse (escoamento e perda de solo). Esses modelos necessitam pequeno número de variáveis em comparação com os modelos determinísticos, resultando em boas estimativas sobre longos períodos. Esses modelos são utilizados em situações com limitação de dados, sendo importantes e úteis na identificação das áreas críticas de erosão (MINELLA et al., 2010).

Entre os modelos de predição da erosão existentes, o mais conhecido e utilizado é o modelo empírico proposto por Wischmeier & Smith (1978), denominado USLE - *Universal Soil Loss Equation* (ALBUQUERQUE, 1997; SILVA & ALVAREZ, 2005; FREITAS et al., 2007; CASSOL et al., 2008; MAZURANA et al., 2009; KINNELL, 2010; OLIVEIRA et al., 2011; CASSOL & OLIVEIRA, 2012; EDUARDO et al., 2013).

A USLE é um modelo de erosão desenvolvido para calcular a quantidade média de perda de solo em longos períodos de tempo, pelos processos de erosão em entressulcos e erosão em sulcos, em condições pré-estabelecidas (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A USLE, na forma como atualmente se apresenta, foi desenvolvida a partir de 1954 pela Divisão de Pesquisa em Conservação do Solo e da Água do Serviço de Pesquisa Agrícola dos Estados Unidos. Essa instituição reuniu, na *Purdue University*, dados de escoamento superficial e perda de solo de 10.000 parcelas  $\text{ano}^{-1}$  de 48 estações experimentais norte-americanas. Com base nesses dados, foram incluídas inovações importantes nessa equação, melhorando a precisão das estimativas da perda de solo. Essas inovações foram a inclusão de

um índice de erosividade da chuva, de um fator para a consideração dos efeitos do manejo da cultura, de um fator para representar a erodibilidade do solo, e de um fator para levar em consideração os efeitos das interações de variáveis como produtividade, sequência de culturas e manejo dos resíduos culturais. As inovações introduzidas possibilitaram que as dificuldades em considerar fatores de natureza climática ou geográfica existentes nas primeiras equações fossem superadas, permitindo a sua aplicação em qualquer lugar onde os dados para os cálculos pudessem ser obtidos, sendo, por isto denominada de Equação Universal de Perda de Solo (WISCHMEIER E SMITH, 1978).

A essência dessa equação é separar os principais fatores que causam a erosão hídrica e reduzir seu efeito a um valor e quando esses valores são multiplicados o resultado é a previsão de perda de solo por erosão hídrica pluvial. A USLE pode ser expressa matematicamente da seguinte forma:

$$A = R K L S C P, \text{ onde:} \quad [1]$$

**A** = perda média anual de solo calculada a longo prazo, por unidade de área,  $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (esta quantidade posteriormente é confrontada com a tolerância de perda de solo em questão);

**R** = Fator erosividade da chuva,  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (representa um índice numérico que denota a capacidade da chuva de um determinado local em causar erosão);

**K** = Fator erodibilidade do solo,  $\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  (representa a suscetibilidade do solo à erosão, expressando a quantidade de erosão por unidade do índice de erosividade da chuva, para um solo específico, preparado convencionalmente no sentido do declive e mantido continuamente descoberto e sem crostas, com 9 % de declive e 22,1 m de comprimento);

**L** = Fator comprimento do declive, adimensional (representa a relação entre as perdas de solo de um determinado comprimento de rampa em condições de campo, com as perdas ocorridas em 22,1 m de comprimento, mantidas idênticas as demais condições);

**S** = Fator grau do declive, adimensional (representa a relação das perdas de solo de uma encosta com determinado declive e as da parcela unitária, com 9 % de declive, mantidas idênticas as demais condições);

**C** = Fator cobertura e manejo do solo, adimensional (representa a relação das perdas de solo entre um solo cultivado com determinada cultura e este mesmo solo mantido nas mesmas condições da parcela unitária onde o fator K é determinado); e

**P** = Fator prática conservacionista de suporte, adimensional (representando a relação das perdas de solo entre um solo com determinada prática de controle da erosão e as de um solo sem nenhuma prática conservacionista).

Basicamente, a aplicação da USLE visa aproveitar a perda de solo média anual estimada, por parte dos agricultores e técnicos de solos, para eleger combinações de usos da terra e aplicação de práticas conservacionistas que mantenham as perdas de solo em níveis aceitáveis. Os solos apresentam um limite tolerável de perdas, acima do qual não manterão seu potencial produtivo sustentável ao longo dos anos. Assim, considera-se que a quantidade de erosão está dentro dos limites toleráveis quando as perdas de solo não ultrapassam as taxas de formação e renovação dos solos, tendo em vista que o solo representa um balanço entre remoção e enriquecimento através, respectivamente, das forças de erosão e pedogênese. (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A causa fundamental da erosão hídrica é que a chuva age sobre o solo. Assim, o estudo da erosão hídrica pode ser dividido em como ela vai ser afetada por diferentes tipos de chuva, e em como ela irá variar para diferentes condições de solo. A quantidade de erosão, por conseguinte, vai depender de uma combinação da força da chuva para provocar a erosão e da capacidade do solo de resistir à ação da chuva. Em termos matemáticos, a erosão é uma função da erosividade da chuva (fator R) e da erodibilidade (fator K) da USLE.

O fator R é um valor numérico que representa o potencial da chuva e enxurrada associada à chuva para proporcionar erosão hídrica, sendo variável com as características e, portanto, com a variabilidade espacial e temporal das chuvas (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A capacidade das chuvas em provocar erosão é dependente de suas características físicas como a intensidade e o tamanho e velocidade terminal das gotas. Estas características definem a energia cinética da chuva no momento do impacto das gotas contra o solo. As características temporais como a duração e frequência também são importantes na definição do potencial erosivo das chuvas. A duração da chuva, por sua vez, determina o volume total precipitado. (LAGO, 2000; SANTOS, 2008).

Wischmeier & Smith (1958) verificaram que, quando todos os outros fatores são mantidos constantes, com exceção da chuva, a perda de solo por unidade de área em um terreno desprotegido de vegetação é diretamente proporcional ao produto de duas características da chuva

multiplicadas entre si: energia cinética (Ec) e intensidade máxima em 30 minutos ( $I_{30}$ ).

Resultados de perdas de solo obtidos em parcelas experimentais nos EUA apresentaram um coeficiente de correlação variando de 0,84 a 0,98 com o índice  $EI_{30}$  (WISCHMEIER, 1959). Em regiões tropicais e subtropicais, cujas chuvas apresentam maior erosividade do que as dos EUA, outros índices de erosividade têm demonstrado melhor correlação com as perdas de solo do que o  $EI_{30}$  (LAL et al., 1980). Hudson (1971) propôs o índice  $KE > 25$  para a África subtropical, Lal (1976) o índice  $Alm$  para a Nigéria, enquanto, Arnoldus (1977) propôs o índice de Fournier modificado para o Marracos.

No Brasil, o coeficiente de correlação entre as características das chuvas e as perdas de solo tem sido baixo em relação ao encontrado por Wischmeier (1959) para os EUA, variando entre 0,35 (BEUTLER, 2000) e 0,87 (MARQUES et al., 1997a). Contudo, dentre os diferentes índices testados para representar o fator R no Brasil, o  $EI_{30}$  tem se apresentado como um bom preditor da capacidade potencial das chuvas de causar erosão (BISCAIA et al., 1981; MORAIS et al., 1988; LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992; CARVALHO et al., 1997; SILVA et al., 1997; ALBUQUERQUE et al., 1998; BEUTLER, 2000; BERTOL et al., 2002b, 2007, 2008a; SILVA et al., 2009).

O conhecimento do índice de erosividade tem grande importância tanto do ponto de vista de aplicação prática quanto científico. Do ponto de vista de aplicação prática, o conhecimento do índice de erosividade da chuva, especialmente a sua distribuição acumulada ao longo do tempo, permite identificar qual(is) o(s) período(s) do ano tem maior risco ou potencial de erosão hídrica. Assim, o técnico de campo pode planejar mais eficientemente as medidas de controle da erosão hídrica do solo. Basta ele ter em mente que o solo deve estar suficientemente protegido naquele(s) período(s) em que as chuvas apresentam os maiores valores do índice de erosividade. Do ponto de vista científico, o conhecimento da erosividade das chuvas e sua distribuição temporal permitem ao pesquisador saber a que atribuir às diferenças nas quantidades de erosão, num dado ano e em dado local: se aos tratamentos de solo ou se às diferenças nas características das chuvas (COGO, 1988). Além disso, o conhecimento da erosividade é imprescindível para a obtenção dos fatores K (erodibilidade do solo) e C (cobertura e manejo do solo) (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A estimativa do período de retorno e da probabilidade de ocorrência da erosividade anual das chuvas possibilita estabelecer previsões da

frequência com que as previsões de perdas de solo são sub ou superestimadas (CASSOL et al., 2008).

A metodologia proposta por Wischmeier (1959) para estimativa da capacidade erosiva das chuvas requer a utilização de registros pluviográficos. Para a definição do índice de erosividade, Wischmeier (1976) propõe séries que abranjam períodos superiores a 20 anos, no sentido de incluir variações cíclicas comuns aos parâmetros climáticos. Oliveira et al. (2012), analisando os trabalhos relacionados à erosividade no Brasil, identificaram apenas 35 trabalhos com a utilização de registros pluviográficos e, dentre estes, somente 10 englobaram séries com período igual ou superior a 20 anos.

A erodibilidade do solo (Fator K da USLE) representa a maior ou menor vulnerabilidade do solo à erosão, em função de suas propriedades intrínsecas (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Em termos práticos, o índice de erodibilidade (fator K da USLE) significa a perda de solo ( $Mg\ ha^{-1}$ ) ocasionada por cada unidade do índice de erosividade (fator R da USLE) das chuvas ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ), sendo, por isso, expresso em unidades mistas de  $Mg\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$ . Para condições específicas de chuva, um determinado tipo de solo pode ser comparado quantitativamente com outro, podendo, por meio do índice K, ser criada uma escala relativa de valores de erodibilidade (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Wischmeier & Mannering (1969) observaram que a erodibilidade do solo é uma propriedade complexa que depende tanto da sua capacidade de resistir à dispersão e transporte das partículas pela ação da chuva e enxurrada associada, quanto, da capacidade do mesmo para infiltrar água. A obtenção da erodibilidade do solo deve ser feita idealmente em experimentos de campo conduzido por longo tempo, sob chuva natural, segundo Wischmeier & Smith (1965), cuja metodologia é considerada padrão para esse fim. Wischmeier (1976) estabeleceu, para os solos do leste dos EUA, que o período de avaliação da erosão deve ser de 20 a 22 anos, para efeito de definição do fator erodibilidade.

No Brasil destacam-se os trabalhos de erodibilidade do solo conduzidos sob chuva natural pelos seguintes autores: Bertoni et al. (1975); Mondardo et al. (1978a); Eltz et al. (1980); Margolis & Campos Filho (1980); Biscaia et al. (1981); Margolis et al. (1985); Martins Filho & Silva (1985); Dedecek et al. (1986); Fernandez Medina & Oliveira Jr. (1987); Carvalho et al. (1989); Campos Filho et al. (1992); Carvalho et al. (1993); Bertol (1994a); Oliveira Júnior & Medina (1996); Carvalho et al. (1997); Hernani et al. (1997); Marques et al. (1997a); Silva et al.

(1997); Carvalho & Hernani (2001); Bertol et al. (2002a); Albuquerque et al. (2005); Silva et al. (2009); Martins et al. (2011); e Eduardo et al. (2013). Entretanto, nenhum destes trabalhos atendeu o período de avaliação, estabelecido por Wischmeier (1976).

Alternativamente à metodologia padrão de determinação da erodibilidade do solo, métodos indiretos foram desenvolvidos utilizando características dos solos. Dentre eles, nos EUA destacam-se os trabalhos dos seguintes autores: Wischmeier & Mannering (1969); Wischmeier et al. (1971), Roth et al. (1974); El-Swaify & Dangler (1977); e Römkens et al. (1977); No Brasil, podem ser citados os seguintes autores: Lombardi Neto & Bertoni (1975); Denardin (1990); Lima et al. (1990); Roloff & Denardin (1994); Marques et al. (1997c); Silva et al. (1999); e Sá et al. (2004). Porém, tanto os métodos desenvolvidos nos EUA se mostraram inadequados às condições brasileiras (HENKLAIN & FREIRE, 1983; ÂNGULO et al., 1985; SILVA et al., 1986; DENARDIN, 1990; LIMA, 1991; SILVA et al., 1994; MARQUES et al., 1997b; e SILVA et al., 1999), quanto os métodos desenvolvidos no Brasil ainda apresentam limitações ao seu uso (MARQUES et al., 1997c; SILVA et al., 2000; e MARTINS et al., 2011).

Ainda como alternativa à metodologia padrão para determinação do fator K da USLE, o uso de simuladores de chuva (SWANSON, 1965; EMBRAPA, 1975) tem possibilitado a condução de experimentos de campo para obtenção de dados num período de tempo relativamente curto. Destacam-se, no Brasil, os trabalhos dos seguintes autores: Mondardo et al. (1978b); Wünsche & Denardin (1978); Cassol et al. (1980); Denardin & Wünsche (1980); Resck et al. (1981); Dal Conte (1982); Lago & Margolis (1985); Martins Filho & Silva (1985); Távora et al. (1985); Rodrigues do Ó (1986); Silva et al. (1986); Martins Filho & Pereira (1993); Silva et al. (1994); Albuquerque (1997); Bertol et al. (2007); e Eduardo (2012).

O desenvolvimento e/ou aprimoramento dos métodos indiretos de determinação da erodibilidade do solo, e a obtenção da erodibilidade a partir do uso de simuladores de chuva, carecem, no Brasil, de valores de referência que tenham sido obtidos de acordo com os pré-requisitos da metodologia padrão, permitindo assim a validação das metodologias alternativas.

Cassol et al. (2008) afirmam que para a adequada utilização da USLE como modelo de predição de perdas de solo por erosão hídrica, é fundamental a determinação de seus parâmetros para as condições edafoclimáticas da região ou local onde será aplicada.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado, sob condições de chuva natural, no Campus do Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages (SC), Universidade do estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), localizado entre 27° 49' S e 50° 20' W, a 923 m de altitude, na região do Planalto Sul Catarinense. O clima é do tipo Cfb (temperado, úmido, sem estação seca, com verão fresco) segundo a classificação de Köeppen, com temperatura média anual de 15,7 °C e precipitação média anual na região de 1.556 mm (WREGE et al., 2011). A área experimental possui declividade média de 0,102 m m<sup>-1</sup>. O solo do local do experimento é um Cambissolo Húmico alumínico léptico, argiloso (EMBRAPA, 2013), com substrato composto de siltitos e argilitos, cujas principais propriedades encontram-se na Tabela 1.

### 2.2.2 Histórico do experimento

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, instalou-se as parcelas experimentais.

O estudo da erosão hídrica foi iniciado no experimento em novembro de 1988. Entre novembro de 1991 e outubro de 1992, houve um período de pousio no qual não houve avaliações. Após esse período 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. A área experimental continuou sendo utilizada para o estudo da erosão hídrica com o mesmo tratamento de preparo do solo, sendo as parcelas reinstaladas, nos mesmos lugares das anteriores, em outubro de 1992.

Tabela 1 – Propriedades físicas e químicas do Cambissolo Húmico alumínico léptico localizado em Lages - SC, referentes ao perfil no local do experimento

Característica	Horizonte							
	Ap	A2	B/A	Profundidade (cm)				
				0-20	20-34	34-53	53-75/82	75/82-105
Propriedades físicas								
Argila (g 100 g <sup>-1</sup> )	40	40	42	46	52	32		
Silte (g 100 g <sup>-1</sup> )	42	40	41	40	35	65		
Areia fina (g 100 g <sup>-1</sup> )	11	10	10	9	8	2		
Areia Grossa (g 100 g <sup>-1</sup> )	7	10	7	5	5	1		
Dens. partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,54	2,56	2,61	2,61	2,70	2,38		
Densidade solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,30	1,35	1,33	1,28	1,27	1,19		
Microporos (cm cm <sup>-3</sup> )	0,38	0,42	0,40	0,42	0,48	-		
Macroporos (cm cm <sup>-3</sup> )	0,09	0,06	0,06	0,04	0,03	-		
TCI (mm h <sup>-1</sup> )	6	-	-	-	-	-		
Propriedades químicas								
C orgânico (kg kg <sup>-1</sup> )	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	-		
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 trocável (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,63	3,05	0,68	0,45	0,72	0,29		
Mg trocável (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	2,17	2,33	0,78	0,68	0,70	0,31		
Al trocável (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		

TCI: Taxa constante de infiltração.

Fonte: Guadagnin (2003) .

Em março de 2012, antes da semeadura da cultura de inverno (ervilhaca), foi realizada uma nova aplicação de calcário em todas as parcelas com cultivos do experimento. Nas parcelas testemunhas (solo sem cobertura) não foi realizada a calagem. As doses utilizadas foram específicas para cada parcela e foram determinadas mediante amostragens individualizadas de solo (profundidade de 0 - 10 cm), com posterior interpretação das análises de solo de forma a elevar o pH em água para 6,0. Nos tratamentos com preparo convencional e preparo reduzido o calcário foi incorporado mediante a realização do preparo padrão destes tratamentos (uma aração + duas gradagens e uma

escarificação + uma gradagem, respectivamente), no tratamento semeadura direta foi utilizada uma gradagem.

### **2.2.3 Determinação das perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo**

Durante os anos de 1993 a 2012, foram avaliadas continuamente as perdas de solo e água por erosão hídrica, em experimento conduzido em campo sob chuva natural, em diferentes situações de uso e manejo do solo.

O experimento foi conduzido em unidades experimentais, ou parcelas, com dimensões de 22,1 x 3,5 m (77,35 m<sup>2</sup>), delimitadas nas laterais e extremidade superior por chapas galvanizadas de 2 x 0,2 m, cravadas no solo em torno de 10 cm e, na extremidade inferior, por uma calha coletora de enxurrada (COGO, 1978).

Na extremidade inferior de cada parcela era instalado um sistema coletor de enxurrada, 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, era 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.

Foram avaliados quatro tratamentos de preparo do solo, em duas repetições de campo, totalizando oito parcelas, distribuídas ao acaso, do seguinte modo:

I – Tratamento sem cultivo do solo:

a) solo preparado mecanicamente com uma aração+duas gradagens duas vezes ao ano, na mesma época de preparo do solo dos demais tratamentos; a superfície do solo era mantida permanentemente livre de vegetação por meio de capinas e desprovida de crosta superficial com o uso de rastelo manual, operações essas realizadas sempre que necessário (parcela padrão da USLE); denominado solo sem cobertura (SSC).

II – Tratamentos com cultivo do solo:

a) solo preparado mecanicamente com uma aração+duas gradagens duas vezes ao ano, por ocasião da implantação das culturas; denominado preparo convencional (PC).

b) solo preparado mecanicamente com uma escarificação+uma gradagem duas vezes ao ano, por ocasião da implantação das culturas; denominado preparo reduzido (PR).

c) solo sem preparo mecânico algum, semeado duas vezes ao ano; denominado semeadura direta (SD).

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 hastas, 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.

As plantas cultivadas em linhas (milho, feijão e soja) foram semeadas a lanço, com auxílio de semeadora manual (“saraquá” ou “matraca”). Aveia-preta, ervilhaca, nabo-forrageiro e trigo. As culturas utilizadas e os respectivos ciclos de cultivo estão listados na Tabela 2. Maiores detalhes sobre os cultivos podem ser observados nos Apêndices A, B, C e D.

O critério adotado para a definição das chuvas erosivas foi o de Wischmeier & Smith (1958), modificado por Cabeda (1976). Um pluviograma (modelo IH-01-01), com amplitude de registro de 10 mm de precipitação e incremento de 0,2 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 pluviógrafo registrava a distribuição do volume das chuvas no tempo, permitindo a associação da erosividade e do volume das chuvas respectivamente com as perdas de solo por erosão.

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, coletadas amostras. O produto da altura de enxurrada dentro dos tanques pela área dos tanques forneceu o volume de enxurrada. As amostras de enxurrada foram coletadas utilizando-se frascos de vidro numerados, com capacidade de 300 mL, em número de três por tanque. Com estas amostras se determinava a concentração de

Tabela 2 - Duração dos períodos de cultivo e respectivas culturas utilizadas em experimento de perdas de solo e água em Cambissolo Húmico sob chuva natural, em Lages – SC.

Cultivo	Período	Cultura utilizada
Cultivo 1	12/01/1993 a 08/06/1993	Soja
Cultivo 2	28/06/1993 a 17/11/1993	Trigo
Cultivo 3	23/12/1993 a 12/07/1994	Feijão preto
Cultivo 4	23/07/1994 a 18/11/1994	Ervilhaca comum
Cultivo 5	30/12/1994 a 30/07/1995	Milho
Cultivo 6	01/08/1995 a 30/11/1995	Ervilhaca comum
Cultivo 7	01/12/1995 a 30/04/1996	Soja
Cultivo 8	01/05/1996 a 15/11/1996	Trigo
Cultivo 9	15/11/1996 a 30/04/1997	Feijão preto
Cultivo 10	01/05/1997 a 15/11/1997	Nabo Forrageiro
Cultivo 11	16/11/1997 a 30/04/1998	Milho
Cultivo 12	01/05/1998 a 15/10/1998	Aveia preta
Cultivo 13	20/10/1998 a 30/04/1999	Soja
Cultivo 14	01/05/1999 a 30/10/1999	Trigo
Cultivo 15	01/11/1999 a 30/04/2000	Feijão preto
Cultivo 16	01/05/2000 a 30/10/2000	Ervilhaca comum
Cultivo 17	01/11/2000 a 30/05/2001	Milho
Cultivo 18	01/06/2001 a 30/10/2001	Aveia preta
Cultivo 19	01/11/2001 a 22/06/2002	Soja
Cultivo 20	01/07/2002 a 15/11/2002	Nabo Forrageiro
Cultivo 21	16/11/2002 a 15/05/2003	Feijão preto
Cultivo 22	16/05/2003 a 30/10/2003	Ervilhaca comum
Cultivo 23	01/11/2003 a 15/05/2004	Milho
Cultivo 24	23/07/2004 a 08/12/2004	Aveia preta
Cultivo 25	15/11/2004 a 15/05/2005	Soja
Cultivo 26	15/05/2005 a 15/11/2005	Trigo
Cultivo 27	01/12/2005 a 31/05/2006	Feijão preto
Cultivo 28	01/06/2006 a 31/10/2006	Ervilhaca comum
Cultivo 29	03/11/2006 a 30/04/2007	Milho
Cultivo 30	01/05/2007 a 03/11/2007	Aveia preta
Cultivo 31	28/11/2007 a 10/05/2008	Soja
Cultivo 32	11/05/2008 a 21/11/2008	Nabo Forrageiro
Cultivo 33	22/11/2008 a 30/03/2009	Feijão preto
Cultivo 34	01/04/2009 a 30/10/2009	Ervilhaca comum
Cultivo 35	01/11/2009 a 14/04/2010	Milho
Cultivo 36	15/04/2010 a 05/11/2010	Aveia preta
Cultivo 37	06/11/2010 a 31/05/2011	Soja
Cultivo 38	01/06/2011 a 08/11/2011	Nabo Forrageiro
Cultivo 39	09/11/2011 a 10/03/2012	Feijão preto
Cultivo 40	11/03/2012 a 15/11/2012	Ervilhaca comum

Fonte: O autor.

sedimentos na enxurrada e a massa de sedimentos existentes na suspensão. Para isso, no laboratório, eram 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. O sobrenadante era retirado de dentro dos frascos 24 a 48 horas após, sifonando-o com uma mangueira plástica, deixando-se uma lâmina de cerca de 1 cm de água sobre os sedimentos. Os frascos eram então levados à estufa com circulação de ar, na temperatura de 55 – 60 °C, até que atingissem massa constante.

A partir das amostras de sedimentos secos nos frascos de vidro, era calculada a massa de solo contida em suspensão nos tanques, relacionando-se com os volumes de enxurrada dos tanques. Estes valores foram adicionados aos de massa de solo seco e volume de água contidos nos sedimentos, permitindo obter as perdas totais de solo ( $Mg\ ha^{-1}$ ) 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).

Durante o período experimental, foram quantificadas as perdas de solo provenientes de 991 chuvas erosivas, as quais originaram 795 eventos individuais de perdas de solo. Deste modo, 163 eventos de perdas de solo foram o resultado de duas ou mais chuvas acumuladas, basicamente em função da ocorrência destas chuvas no período noturno, o que impossibilitava sua imediata quantificação.

Os dados de perdas de solo foram ajustados para a declividade-padrão da USLE, ou seja,  $0,09\ m\ m^{-1}$ , por meio do fator grau de declive, conforme proposto por Wischmeier & Smith (1978), utilizando a equação:

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

$S$  = fator grau do declive; e

$\theta$  = ângulo do declive.

Posteriormente, esses dados foram agrupados segundo os cultivos, estações (cultivos de primavera/verão e outono/inverno) e anos aos quais pertenciam. Os resultados anuais referem-se às perdas anuais dos anos agrícolas dos períodos considerados, englobando os cultivos de primavera/verão e outono/inverno.

Visando observar o efeito do período de avaliação nas perdas médias anuais de solo e água, calculou-se inicialmente as perdas médias considerando-se apenas os dados do primeiro ano de avaliação, posteriormente, os dados do primeiro e do segundo ano, depois, os

dados do primeiro, segundo e terceiro anos, e assim sucessivamente, até a utilização de todos os dados da série histórica estudada.

A massa de resíduos produzidos foi obtida imediatamente após a colheita e antes do preparo primário do solo para a cultura subsequente. Foram coletadas duas a três amostras de resíduos culturais em cada parcela, com o objetivo de quantificar a massa dos resíduos deixados na superfície após a colheita. A área amostrada correspondeu às dimensões internas de um quadro com 40 x 60 cm. As amostras foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 60 °C, isentas de torrões e partículas de solo e, finalmente pesadas, sendo os resultados expressos em Mg ha<sup>-1</sup>.

A determinação da cobertura do solo pelos resíduos culturais remanescentes foi realizada imediatamente após o preparo do solo em cada cultivo (após a semeadura na semeadura direta). Para tanto, utilizou-se o método da trena, descrito por Hartwing & Laflen (1978), com duas repetições por parcela, sendo os resultados expressos em porcentagem.

#### **2.2.4 Determinação da erosividade da chuva**

Para a determinação do fator de erosividade das chuvas foram usados pluviogramas diários, modelo IH-01-01, com amplitude de registro de 10 mm de precipitação e de 24 horas de duração, com unidades de 0,2 mm, para o volume, e de 10 minutos, para o tempo. Foram analisadas 2.777 chuvas entre 1989 e 2012, das quais 1.231 eram erosivas. O critério adotado para definição de chuva erosiva foi o de Wischmeier & Smith (1958), modificado por Cabeda (1976), o qual considera como erosiva a chuva com volume igual ou superior a 10 mm e, ainda, aquela 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 seis horas sem precipitação ou com precipitações menores de 1 mm nesse período, são consideradas chuvas individuais.

Nos pluviogramas diários as chuvas erosivas foram cotadas manualmente em segmentos de intensidade uniforme, e registradas em planilhas. Posteriormente, utilizou-se o programa *Chuveros*, desenvolvido pelo prof. Elemar Antonino Cassol (UFRGS), para calcular a energia cinética segundo Wischmeier & Smith (1978), Brown & Foster (1987) e Wagner & Massambani (1988). No referido programa, as unidades das equações de energia cinética foram

convertidas para o Sistema Internacional de Unidades, de acordo com Foster et al. (1981). As equações são as seguintes:

$$E_{W\&S} = 0,119 + 0,0873 \log I \quad [3]$$

$$E_{B\&F} = 0,29 (1 - 0,72 e^{-0,05 I}) \quad [4]$$

$$E_{W\&M} = 0,153 + 0,0645 \log I, \text{ onde:} \quad [5]$$

$E_{W\&S}$ ,  $E_{B\&F}$  e  $E_{W\&M}$  = energia cinética calculada pelas equações de Wischmeier & Smith (1978), Brown & Foster (1987) e Wagner & Massambani (1988), respectivamente,  $MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ; e

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

As equações 3, 4 e 5 são aplicáveis para intensidades de chuvas com até  $76 \text{ mm h}^{-1}$ . Acima desse limite de intensidade, a energia cinética por milímetro de chuva é constante, sendo de  $0,2832 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , para a equação 1,  $0,2853$ , para a equação 2 e  $0,2743$ , para a equação 3. Os valores obtidos nestas equações são multiplicados pela quantidade de chuva no respectivo segmento de intensidade uniforme para expressar a energia cinética do segmento, em  $MJ \text{ ha}^{-1}$ . Somando-se a energia cinética dos segmentos obtém-se a energia cinética total da chuva ( $E_t$ ).

O programa *Chuveros* também fornece, para cada chuva, a precipitação total em mm e os índices de erosividade  $E > 25$  e  $E > 10$ , os quais são a soma da energia cinética dos segmentos com intensidade superior a  $25$  e  $10 \text{ mm h}^{-1}$ , respectivamente, em  $MJ \text{ ha}^{-1}$ . Ainda, o programa fornece as intensidades máximas da chuva, nas seguintes durações;  $5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 135, 150, 165, 180, 210$  e  $240$  minutos, em  $mm \text{ h}^{-1}$ . A multiplicação da energia cinética total da chuva, obtida nas equações 3, 4 e 5, pelas intensidades máximas dos diferentes períodos considerados ( $I_n$ ), possibilitou a obtenção dos índices de erosividade ( $EI_n$ ), em  $MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

Durante os anos de 1993 a 2012, foram quantificadas as perdas de solo provenientes de 991 chuvas erosivas, as quais originaram 795 eventos individuais de perdas de solo (Capítulo 2.3). Foi efetuada regressão linear simples entre as perdas de solo obtidas na parcela-padrão da USLE e os respectivos índices de erosividade calculados, utilizando o modelo:

$$Y = a + b X, \text{ onde:} \quad [6]$$

$Y$  = perda de solo estimada,  $Mg \text{ ha}^{-1}$ ;

$X$  = fator erosividade (unidade variável dependendo do fator); e

$a, b$  = constantes de ajuste do modelo.

Foram obtidos os intervalos de confiança para os valores dos coeficientes de correlação linear ( $r$ ) utilizando-se a metodologia proposta por Fisher (STEEL et al., 1997).

O índice de erosividade selecionado teve seu valor mensal obtido pelo somatório dos valores dos índices das chuvas individuais e, somando-se os valores mensais, obteve-se o índice de erosividade anual. Os valores mensais dos índices de erosividade são a média dos valores dos meses dos anos para a localidade. Assim, o valor médio anual do índice de erosividade é a média dos valores dos anos do período estudado, sendo esse valor considerado como o fator “R” na USLE (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

O efeito do período de avaliação na erosividade anual, determinada pelo método proposto por Wischmeier & Smith (1978), seguiu o mesmo procedimento utilizado para a determinação do efeito do período de avaliação nas perdas de solo e água, descrito no Capítulo 2.3.

O período de retorno e a probabilidade de ocorrência da erosividade anual foram determinados conforme Schwab et al. (1981), por meio das seguintes expressões:

$$T = (N+1)/m \quad [7]$$

$$Pr = 100/T, \text{ onde:} \quad [8]$$

T = período de retorno, ano;

N = número de anos de registro de dados;

m = número de ordem do índice de erosividade da série considerada, quando a erosividade é colocada em ordem decrescente de magnitude; e

Pr = probabilidade de ocorrência do índice de erosividade, %.

## 2.2.5 Determinação da erodibilidade do solo

O experimento de estudo da erosão hídrica foi instalado em outubro de 1988, sendo, desde então, utilizado em condições de chuva natural. A metodologia padrão para obtenção do fator K (WISCHMEIER & SMITH, 1965) recomenda a utilização dos dados de perda de solo da parcela padrão da USLE, após um período de dois ou mais anos de condução do experimento. Além disso, considerando-se que no ano de 1992 o experimento não foi conduzido adequadamente, utilizaram-se os dados do período entre 1993 e 2012, perfazendo, assim, uma série contínua de 20 anos para a determinação da erodibilidade do solo.

Durante os anos de 1993 a 2012 foram quantificadas as perdas de solo, provenientes de 991 chuvas erosivas, as quais originaram 795 eventos individuais de perdas de solo (Capítulo 2.3).

As chuvas erosivas utilizadas neste trabalho representaram aproximadamente 95 % das chuvas erosivas que ocorreram no período entre 1993 e 2012. Tal fato ocorreu em função de questões operacionais e foram responsáveis pelas pequenas diferenças entre os valores anuais de erosividade utilizados neste trabalho e os constantes na definição do fator R para a região de Lages – SC (Capítulo 3.1).

O fator de erodibilidade médio anual foi calculado por meio do quociente entre a perda de solo média anual ( $Mg\ ha^{-1}$ ) da parcela padrão da USLE e a erosividade média anual das chuvas ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ), seguindo o procedimento de Wischmeier & Smith (1978), bem como por análise de regressão linear simples entre os valores das referidas variáveis, seguindo o procedimento de Wischmeier & Mannering (1969), sendo expresso em  $Mg\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$ . A erodibilidade do solo também foi determinada para o período de primavera-verão, com 462 dados de perda de solo resultantes de 570 chuvas erosivas e, para o período de outono-inverno, com 333 dados de perda de solo resultantes de 421 chuvas erosivas, ambos por meio do quociente entre os dados das duas variáveis.

A erodibilidade foi determinada ainda para cada um dos meses do ano, por meio do quociente entre a perda de solo mensal e a erosividade mensal. A variação mensal da erodibilidade, das perdas de solo, da erosividade das chuvas e da precipitação total, foi obtida pelo quociente entre os valores mensais e o valor anual, sendo os resultados expressos em porcentagem.

O efeito do período de avaliação na erodibilidade anual, determinada pelo método proposto por Wischmeier & Smith (1978), foi realizado considerando-se inicialmente apenas os dados do primeiro ano de avaliação, posteriormente, os dados do primeiro e do segundo ano, depois, os dados do primeiro, segundo e terceiro anos, e assim sucessivamente, até a utilização de todos os dados da série histórica estudada. Posteriormente, o incremento anual na erodibilidade média foi avaliado considerando-se duas situações; primeiro, utilizando-se os dados obtidos do 1º ao 10º ano de avaliação; e, segundo, utilizando-se os dados do 11º ao 20º ano de avaliação.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Erosividade das chuvas

Durante o período experimental ocorreu um total de 2.777 chuvas, das quais 44 % erosivas e 56 % não erosivas (Tabelas 3, 4 e 5), numa proporção semelhante à obtida por Bertol et al. (2002b). Em relação ao número de chuvas erosivas, os meses de outubro, janeiro e fevereiro contribuíram com 32 % do total anual, caracterizando-se como meses críticos, nos quais se pode esperar maior risco de erosão. Os meses de janeiro e fevereiro destacaram-se com 22 % do número total de chuvas, enquanto, em abril, maio, junho, julho e agosto, ocorreram 34 % do total de chuvas.

Em relação ao volume total, a precipitação média anual em Lages foi de 1.533 mm, com 270 mm de desvio padrão e coeficiente de variação de 18 % (Tabelas 6, 7 e 8). A variação anual na precipitação foi relativamente pequena, apesar de tratar-se de evento climático. Na distribuição mensal da precipitação, embora os coeficientes de variação sejam relativamente altos, observou-se boa distribuição. O período de menor precipitação, de março a agosto, apresentou, na média mensal, precipitações em torno dos 100 mm, indicando ausência de períodos de déficit hídrico.

Em relação ao volume das chuvas erosivas, estas corresponderam a 83 % do total precipitado, enquanto, as não erosivas representaram 17 % (Tabelas 6,7 e 8), concordando com vários trabalhos dessa natureza (ELTZ, 1977; JESUS FILHO, 1987; BERTOL, 1993; BERTOL, 1994a; SCHWARZ, 1997; BEUTLER, 2000; BERTOL et al., 2002b; CASSOL et al., 2008; MAZURANA et al., 2009). O elevado percentual do volume de chuvas erosivas em relação ao total indica a necessidade de preocupação com o uso de práticas conservacionistas na região.

O período de primavera-verão foi responsável por 57 % do número total de chuvas (erosivas e não erosivas) (Tabela 9). Em relação ao volume (Tabela 10), o período de primavera-verão apresentou 53 % e 58 % do volume total de chuvas erosivas e não erosivas, respectivamente, concordando com Schick (1999), Beutler (2000) e Bertol et al. (2002b).

Tabela 3 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuvas erosivas, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC.

(continua)

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
1989	9	2	5	3	3	1
1990	9	5	5	4	2	3
1991	3	0	3	2	3	3
1992	8	2	6	2	5	5
1993	6	6	4	4	5	2
1994	2	13	4	4	6	4
1995	5	8	2	2	0	7
1996	11	8	5	2	0	4
1997	7	7	2	0	2	3
1998	5	9	7	5	2	2
1999	5	3	1	6	3	1
2000	8	3	4	4	3	6
2001	11	7	5	4	4	3
2002	4	3	3	4	3	5
2003	3	5	4	5	1	4
2004	4	4	2	4	3	1
2005	2	2	4	5	6	6
2006	5	4	4	1	0	2
2007	4	6	7	2	5	4
2008	6	4	3	5	3	5
2009	7	8	3	0	4	1
2010	7	7	7	3	4	2
2011	8	8	6	3	1	6
2012	4	4	2	2	1	5
Total	143	128	98	76	69	85
Média	6	5	4	3	3	4
D. Padrão	3	3	2	2	2	2
CV (%)	43	55	42	51	63	51

Tabela 3 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuvas erosivas, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC.

(conclusão)

Ano	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1989	3	5	5	4	2	3	45
1990	5	3	7	8	6	4	61
1991	2	3	3	6	6	5	39
1992	3	4	2	0	7	1	45
1993	4	2	6	4	5	0	48
1994	6	1	4	7	6	3	60
1995	3	3	5	7	2	4	48
1996	5	5	5	3	2	3	53
1997	6	3	3	9	7	4	53
1998	6	8	6	4	1	4	59
1999	5	2	4	4	4	4	42
2000	3	3	6	7	2	9	58
2001	4	3	4	6	6	5	62
2002	3	6	6	9	8	6	60
2003	2	1	1	4	3	7	40
2004	6	1	7	8	4	3	47
2005	4	3	5	6	6	3	52
2006	2	2	3	2	5	5	35
2007	5	4	7	6	5	6	61
2008	1	3	4	10	5	4	53
2009	7	8	9	4	10	3	64
2010	5	1	2	2	6	3	49
2011	6	5	4	5	3	4	59
2012	8	0	2	4	0	6	38
Total	104	79	110	129	111	99	1231
Média	4	3	5	5	5	4	51
D. Padrão	2	2	2	2	2	2	9
CV (%)	41	63	43	46	52	45	17

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 4 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuvas não erosivas, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC.

(continua)

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
1989	6	9	6	6	2	5
1990	9	7	7	9	5	5
1991	6	6	2	5	3	8
1992	2	10	7	8	4	3
1993	5	10	9	8	2	4
1994	5	9	6	2	7	3
1995	9	6	7	3	5	3
1996	9	7	9	2	2	4
1997	9	10	7	7	5	1
1998	8	8	7	6	4	2
1999	6	8	6	5	7	7
2000	8	6	8	2	4	5
2001	6	5	6	6	6	3
2002	9	6	8	7	5	7
2003	5	8	4	3	2	5
2004	5	6	7	3	7	5
2005	7	4	2	7	2	1
2006	7	7	7	3	2	5
2007	9	8	8	13	5	2
2008	6	9	8	4	3	6
2009	5	4	4	3	4	6
2010	7	6	7	3	7	4
2011	15	10	4	7	3	4
2012	5	8	4	5	0	4
Total	168	177	150	127	96	102
Média	7	7	6	5	4	4
D. Padrão	3	2	2	3	2	2
CV (%)	36	25	31	51	49	43

Tabela 4 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuvas não erosivas, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC.

(conclusão)

Ano	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1989	5	4	5	6	8	7	69
1990	7	2	7	8	11	3	80
1991	1	7	4	8	6	8	64
1992	7	6	4	0	1	4	56
1993	5	4	5	4	3	0	59
1994	4	4	6	3	4	4	57
1995	3	2	5	4	6	5	58
1996	1	4	8	10	7	10	73
1997	4	2	3	5	7	7	67
1998	2	4	5	5	6	9	66
1999	6	3	3	5	7	7	70
2000	4	5	4	7	8	2	63
2001	8	3	10	6	4	6	69
2002	8	6	4	8	2	5	75
2003	7	3	8	5	5	6	61
2004	3	2	2	2	3	7	52
2005	1	2	9	13	3	8	59
2006	8	6	7	7	8	2	69
2007	3	3	3	5	5	7	71
2008	7	9	3	5	8	7	75
2009	5	0	5	1	4	6	47
2010	3	4	1	9	6	11	68
2011	4	7	0	5	2	8	69
2012	3	2	2	5	4	7	49
Total	109	94	113	136	128	146	1546
Média	5	4	5	6	5	6	64
D. Padrão	2	2	3	3	2	3	8
CV (%)	50	53	53	50	45	43	13

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 5 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuva total, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC.

(continua)

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
1989	15	11	11	9	5	6
1990	18	12	12	13	7	8
1991	9	6	5	7	6	11
1992	10	12	13	10	9	8
1993	11	16	13	12	7	6
1994	7	22	10	6	13	7
1995	14	14	9	5	5	10
1996	20	15	14	4	2	8
1997	16	17	9	7	7	4
1998	13	17	14	11	6	4
1999	11	11	7	11	10	8
2000	16	9	12	6	7	11
2001	17	12	11	10	10	6
2002	13	9	11	11	8	12
2003	8	13	8	8	3	9
2004	9	10	9	7	10	6
2005	9	6	6	12	8	7
2006	12	11	11	4	2	7
2007	13	14	15	15	10	6
2008	12	13	11	9	6	11
2009	12	12	7	3	8	7
2010	14	13	14	6	11	6
2011	23	18	10	10	4	10
2012	9	12	6	7	1	9
Total	311	305	248	203	165	187
Média	13	13	10	8	7	8
D. Padrão	4	4	3	3	3	2
CV (%)	30	29	27	37	45	28

Tabela 5 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuva total, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC.

(conclusão)

Ano	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1989	8	9	10	10	10	10	114
1990	12	5	14	16	17	7	141
1991	3	10	7	14	12	13	103
1992	10	10	6	0	8	5	101
1993	9	6	11	8	8	0	107
1994	10	5	10	10	10	7	117
1995	6	5	10	11	8	9	106
1996	6	9	13	13	9	13	126
1997	10	5	6	14	14	11	120
1998	8	12	11	9	7	13	125
1999	11	5	7	9	11	11	112
2000	7	8	10	14	10	11	121
2001	12	6	14	12	10	11	131
2002	11	12	10	17	10	11	135
2003	9	4	9	9	8	13	101
2004	9	3	9	10	7	10	99
2005	5	5	14	19	9	11	111
2006	10	8	10	9	13	7	104
2007	8	7	10	11	10	13	132
2008	8	12	7	15	13	11	128
2009	12	8	14	5	14	9	111
2010	8	5	3	11	12	14	117
2011	10	12	4	10	5	12	128
2012	11	2	4	9	4	13	87
Total	213	173	223	265	239	245	2777
Média	9	7	9	11	10	10	116
D. Padrão	2	3	3	4	3	3	13
CV (%)	26	42	35	36	30	31	12

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 6 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuvas erosivas, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC

(continua)

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
-----mm-----						
1989	214	45	82	94	149	17
1990	156	105	97	95	180	120
1991	93	0	45	70	61	110
1992	102	32	112	30	270	176
1993	135	118	79	58	120	36
1994	52	282	67	136	127	98
1995	133	141	19	26	0	143
1996	260	118	131	48	0	136
1997	364	141	24	0	50	106
1998	97	243	173	233	115	69
1999	108	58	11	159	84	42
2000	126	58	62	116	57	85
2001	184	112	56	116	116	83
2002	86	40	82	102	54	108
2003	70	93	65	97	28	82
2004	71	59	58	70	51	12
2005	81	31	112	121	272	127
2006	102	91	88	16	0	49
2007	72	89	108	36	150	54
2008	124	129	49	136	45	127
2009	134	128	31	0	67	13
2010	142	130	119	234	197	25
2011	200	184	116	39	45	134
2012	168	92	30	52	22	119
Total	3274	2519	1816	2084	2260	2071
Média	136	105	76	87	94	86
D. Padrão	70	65	40	63	78	47
CV (%)	51	62	53	73	83	54

Tabela 6 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuvas erosivas, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC

Ano	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	(conclusão)
							mm
							Total
1989	41	126	245	87	29	69	1195
1990	101	73	164	245	213	86	1633
1991	65	52	50	206	72	167	992
1992	80	92	73	0	176	10	1154
1993	281	21	140	117	84	0	1189
1994	172	9	58	174	118	90	1384
1995	37	60	108	161	26	120	975
1996	118	181	101	36	42	73	1244
1997	135	129	133	276	187	104	1649
1998	134	184	221	96	23	130	1716
1999	184	30	56	152	91	76	1051
2000	105	61	250	244	24	197	1384
2001	93	67	79	207	106	100	1317
2002	83	118	149	237	252	134	1445
2003	41	10	21	113	72	179	872
2004	192	32	271	165	76	60	1115
2005	96	161	140	235	106	61	1540
2006	33	104	50	38	199	104	874
2007	137	92	122	158	111	89	1217
2008	10	55	127	283	95	60	1241
2009	205	189	371	86	238	56	1517
2010	151	11	123	54	182	86	1454
2011	159	249	180	130	61	84	1580
2012	108	0	97	127	0	138	953
Total	2761	2106	3329	3627	2583	2273	30691
Média	115	88	139	151	108	95	1279
D. Padrão	64	68	83	79	73	47	253
CV (%)	56	77	60	53	68	50	20

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 7 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuvas não erosivas, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC

(continua)

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
- mm -						
1989	37	23	25	35	9	13
1990	49	31	42	24	36	32
1991	20	19	3	30	2	37
1992	9	45	24	18	24	11
1993	16	36	26	29	10	19
1994	14	34	22	5	19	10
1995	40	20	23	12	15	6
1996	50	24	29	11	14	16
1997	41	44	26	27	14	1
1998	28	22	21	25	13	11
1999	22	41	31	24	22	23
2000	29	28	34	14	14	22
2001	19	14	21	19	26	16
2002	53	20	35	26	16	40
2003	15	41	18	16	5	16
2004	14	26	22	13	42	10
2005	35	18	6	26	7	1
2006	26	25	27	10	9	9
2007	28	33	41	22	13	2
2008	20	21	28	19	2	18
2009	15	9	11	14	10	25
2010	31	32	25	8	27	21
2011	69	43	10	31	4	23
2012	11	48	9	20	0	9
Total	691	697	559	478	353	391
Média	29	29	23	20	15	16
D. Padrão	15	11	10	8	10	10
CV (%)	54	37	43	40	72	64

Tabela 7 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuvas não erosivas, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC

(conclusão)

Ano	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
-----mm-----							
1989	20	15	19	28	43	23	289
1990	25	10	36	36	46	17	384
1991	3	33	8	28	30	41	252
1992	17	26	20	0	0	12	205
1993	29	18	16	13	5	0	218
1994	8	12	14	11	5	14	166
1995	6	16	24	16	21	29	227
1996	3	14	41	48	32	47	329
1997	11	2	4	12	23	40	244
1998	11	25	29	22	18	23	249
1999	32	6	19	23	19	17	279
2000	15	9	6	31	45	14	261
2001	32	15	52	23	14	19	269
2002	35	20	14	42	5	12	317
2003	19	14	28	11	19	25	227
2004	41	16	14	2	14	44	258
2005	3	16	33	38	12	31	227
2006	51	28	37	30	34	3	290
2007	8	9	11	14	22	26	227
2008	20	24	12	20	22	25	231
2009	30	0	28	10	18	21	192
2010	16	17	6	40	11	49	283
2011	26	36	0	15	11	39	306
2012	14	3	6	26	11	25	181
Total	475	384	477	539	480	596	6111
Média	20	16	20	22	20	25	255
D. Padrão	13	9	13	13	13	13	50
CV (%)	65	59	67	56	64	53	20

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 8 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuva total, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC

(continua)

ANO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.
- mm -						
1989	251	68	107	129	158	30
1990	205	136	140	120	216	151
1991	113	19	48	100	63	147
1992	111	77	136	48	294	187
1993	150	154	105	87	130	55
1994	66	317	89	141	146	108
1995	173	161	43	38	15	149
1996	310	143	160	59	14	152
1997	405	185	50	27	64	107
1998	125	265	194	258	128	80
1999	130	99	42	184	106	65
2000	155	86	95	131	72	106
2001	203	126	76	135	141	99
2002	139	60	117	128	69	147
2003	86	134	83	113	33	98
2004	85	85	80	82	92	22
2005	116	49	118	147	279	128
2006	128	116	115	26	9	58
2007	100	121	149	58	163	56
2008	144	150	77	155	47	145
2009	149	137	42	14	78	38
2010	173	162	144	242	224	46
2011	269	227	126	71	49	157
2012	179	140	39	72	22	128
Total	3965	3217	2375	2565	2612	2459
Média	165	134	99	107	109	102
D. Padrão	78	67	43	63	82	48
CV (%)	47	50	43	59	75	46

Tabela 8 - Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuva total, observados no período de 1989 a 2012 em Lages - SC

Ano	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	(conclusão)
							mm
1989	60	140	264	115	72	92	1485
1990	125	82	200	281	259	103	2017
1991	68	84	58	234	102	208	1243
1992	97	118	93	0	177	22	1359
1993	310	39	156	130	90	0	1406
1994	180	21	71	185	123	104	1550
1995	43	76	132	177	47	150	1202
1996	121	195	142	84	74	120	1573
1997	147	130	137	289	210	144	1893
1998	145	209	250	119	41	153	1965
1999	216	36	75	174	109	93	1329
2000	120	70	256	275	69	210	1645
2001	125	83	131	230	119	119	1586
2002	118	138	164	279	256	146	1762
2003	61	24	49	124	91	204	1099
2004	233	48	285	167	90	104	1373
2005	99	176	173	273	118	92	1767
2006	84	133	87	69	233	107	1163
2007	144	101	133	172	134	115	1444
2008	30	78	139	304	118	85	1471
2009	235	189	400	96	256	77	1709
2010	166	28	129	95	193	135	1737
2011	185	284	180	145	72	123	1886
2012	122	3	103	153	11	163	1134
Total	3234	2485	3807	4170	3064	2869	36798
Média	135	104	158	174	128	119	1533
D. Padrão	67	70	83	82	72	50	270
CV (%)	50	68	52	47	57	42	18

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 9 - Número de chuvas erosivas, chuvas não erosivas e de total de chuvas, em diferentes épocas do ano em Lages - SC.

Ano	Erosivas		Não erosivas		Total	
	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I
1989	23	21	33	25	56	46
1990	26	27	44	35	70	62
1991	23	16	39	27	62	43
1992	30	23	41	33	71	56
1993	24	22	24	32	48	54
1994	29	26	28	24	57	50
1995	31	18	32	22	63	40
1996	37	22	41	18	78	40
1997	26	15	57	22	83	37
1998	39	31	39	24	78	55
1999	20	20	37	35	57	55
2000	26	26	41	24	67	50
2001	41	21	31	36	72	57
2002	29	26	38	42	67	68
2003	36	14	31	24	67	38
2004	23	20	38	22	61	42
2005	23	32	24	20	47	52
2006	27	11	46	32	73	43
2007	28	26	42	30	70	56
2008	31	22	36	37	67	59
2009	37	26	30	25	67	51
2010	37	21	29	24	66	45
2011	29	28	54	27	83	55
2012	22	19	30	17	52	36
Média	29	22	37	27	66	50
DP	6	5	8	7	10	9
CV(%)	21	24	23	24	15	17

P/V: Primavera/verão; O/I: Outono/inverno

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 10 - Volume de chuvas erosivas, chuvas não erosivas e de total de chuvas, em diferentes épocas do ano em Lages - SC.

Ano	Erosivas		Não erosivas		Total	
	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I
----- mm -----						
1989	507	647	126	101	633	747
1990	513	804	215	162	728	966
1991	671	399	155	112	826	510
1992	629	730	173	118	803	848
1993	551	610	76	129	627	739
1994	664	610	95	59	759	669
1995	680	309	111	82	791	391
1996	819	617	172	78	990	696
1997	721	475	261	58	981	533
1998	1.084	981	142	105	1.226	1.08
1999	473	533	149	149	623	681
2000	560	669	149	82	709	751
2001	834	530	125	153	960	683
2002	656	574	170	169	826	743
2003	892	280	128	80	1.020	360
2004	504	511	138	128	642	639
2005	632	970	123	81	755	1.05
2006	661	273	153	156	814	429
2007	600	560	165	70	765	630
2008	686	514	114	116	799	630
2009	731	712	97	108	828	820
2010	825	819	132	100	956	919
2011	743	871	221	128	964	999
2012	565	411	128	55	693	466
Média	675	600	146	107	822	708
DP	143	197	42	34	149	202
CV (%)	21	33	29	32	18	29

P/V: Primavera/verão; O/I: Outono/inverno

Fonte: Produção do próprio autor.

Verifica-se então, distribuição relativamente desuniforme entre as estações, no número de chuvas (erosivas e não erosivas) e no volume não erosivo, enquanto que para o volume das chuvas erosivas essa distribuição foi relativamente uniforme. As chuvas não erosivas não apresentam importância do ponto de vista da erosão hídrica. A distribuição relativamente uniforme do volume das chuvas erosivas durante o ano todo, dada a sua importância, induz a possibilidade de risco de erosão hídrica semelhante em todas as estações.

Os valores de correlação entre 795 dados individuais de perdas de solo e os respectivos valores dos índices de erosividade avaliados, são apresentados na Tabela 11. Em termos absolutos, os fatores de erosividade  $EI_{120B\&F}$  e  $EI_{135B\&F}$ , que representam a energia cinética total da chuva calculada pela equação de Brown & Foster (1987) multiplicada pela intensidade máxima nas durações de 120 e 135 minutos, respectivamente, apresentaram o melhor coeficiente de correlação com as perdas de solo ( $r = 0,703$ ). Entretanto, pela análise dos intervalos de confiança, diferenças significativas com esses fatores só ocorreram com os fatores conjugados  $EI_{10W\&S}$ ,  $EI_{10B\&F}$ ,  $EI_{10W\&M}$ , e com os fatores que consideraram unicamente a energia total da chuva ( $E_{W\&S}$ ,  $E_{B\&F}$ ,  $E_{W\&M}$ ), a energia na intensidade superior a  $25 \text{ mm h}^{-1}$  ( $E > 25_{W\&S}$ ,  $E > 25_{B\&F}$ ,  $E > 25_{W\&M}$ ), a intensidade máxima nas diversas durações ( $I_5$ ,  $I_{10}$ ,  $I_{15}$ ,  $I_{20}$ ,  $I_{25}$ ,  $I_{30}$ ,  $I_{35}$ ,  $I_{40}$ ,  $I_{45}$ ,  $I_{50}$ ,  $I_{55}$ ,  $I_{60}$ ,  $I_{70}$ ,  $I_{80}$ ,  $I_{90}$ ,  $I_{100}$ ,  $I_{110}$ ,  $I_{120}$ ,  $I_{135}$ ,  $I_{150}$ ,  $I_{165}$ ,  $I_{180}$ ,  $I_{210}$  e  $I_{240}$ ) e o volume precipitado ( $V_t$ ,  $V_e$ ). De modo geral, a associação da energia cinética com a intensidade máxima aumentou a correlação com a perda de solo, o que corrobora os dados obtidos por Wischmeier & Smith (1958) e Lombardi Neto & Moldenhauer (1992).

Em geral, os fatores de erosividade das chuvas obtidos por meio da equação de Brown & Foster (1987) e Wagner & Massambani (1988) foram iguais àqueles obtidos pela equação de Wischmeier & Smith (1958) (Tabela 11), o que, em parte, também foi verificado por outros autores (WAGNER & MASSAMBANI, 1988; CARVALHO et al., 1993; MARQUES et al., 1997a; ALBUQUERQUE et al. (1998); CARVALHO et al., 2005; SILVA et al., 1997; SCHICK, 1999; BEUTLER, 2000; BERTOL et al., 2002b). Portanto, os três métodos podem ser utilizados para a obtenção do fator de erosividade para Lages, SC, com o mesmo grau de confiança.

O fator de erosividade,  $EI_{30}$ , obtido pelo método proposto por Wischmeier & Smith (1958) ( $EI_{30W\&S}$ ), é mundialmente reconhecido como o fator R da USLE proposta por Wischmeier & Smith (1978), sendo seu uso recomendado em diversas regiões do planeta, incluindo as

várias regiões do Brasil (Sul: BISCAIA et al., 1981; MORAIS, 1986; MORAIS et al., 1988; JACOBS et al., 1994; BERTOL et al., 2002b; Sudeste: LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992; CARVALHO et al., 1989, 1993 e 1997; Centro-oeste: DEDECEK, 1988; MARQUES et al., 1997a; SILVA et al., 1997; e Nordeste: CANTALICE & MARGOLIS, 1993; ALBUQUERQUE et al., 1994 e 1998). Assim, diante da uniformidade estatística dos valores dos coeficientes de correlação obtidos entre os fatores de erosividade e as perdas de solo, pode-se recomendar o índice  $EI_{30}$  como o fator de erosividade para a região de Lages, SC. Esta recomendação baseia-se, ainda, no fato deste fator ser mundialmente reconhecido e utilizado.

O valor do coeficiente de correlação ( $r = 0,655$ ), encontrado por meio da correlação linear entre o  $EI_{30}$  e as perdas de solo da parcela padrão da USLE (Tabela 11), foi menor do que aqueles obtidos por Wischmeier (1959), para as condições dos EUA ( $r = 0,84$  a  $0,98$ ), e por alguns autores para o Brasil; Marques et al. (1997a) ( $r = 0,87$  e  $0,72$ ), Biscaya et al. (1981) ( $r = 0,77$  e  $0,72$ ) e Albuquerque et al. (1998) ( $r = 0,734$ ). No entanto, foi superior aos encontrados por Morais (1986) ( $r = 0,57$ ), Carvalho et al. (1997) ( $r = 0,61$ ), Beutler (2000) ( $r = 0,350$ ) e muito próximo aos obtidos por Morais (1986) ( $r = 0,66$ ), Dedecek (1988) ( $r = 0,67$ ), Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) ( $r = 0,672$ ), Carvalho et al. (1993) ( $r = 0,68$ ), Bertol & Miquelluti (1993) ( $r = 0,697$ ), Schick (1999) ( $r = 0,687$ ) e Bertol et al. (2002b) ( $r = 0,687$ ), sendo os três últimos trabalhos obtidos nesse mesmo local.

No período de 24 anos, encontrou-se para Lages (SC), um valor médio anual do índice  $EI_{30}$  igual a  $5.033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , com um desvio-padrão de  $1.338$  e coeficiente de variação de  $27\%$  (Tabela 12). Esse valor de  $EI_{30}$  enquadra-se na faixa de valores entre  $5.000$  e  $12.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  que normalmente ocorre no Brasil, segundo Cogo (1988). Oliveira et al. (2012) observaram variações de erosividade no Brasil entre  $1.672$  e  $22.452 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , dada a variabilidade climática do país.

A erosividade determinada ( $5.033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (Tabela 12) é classificada como de média severidade, segundo Santos (2008). Tomando-se por referência os estudos realizados no sul do Brasil, o valor encontrado é semelhante aos observados, expressos em  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , por: Bazzano et al. (2010) para Rio Grande (RS) ( $5.135$ ); Eltz et al. (2011) para Encruzilhada do Sul (RS) ( $5.534$ ); Rufino (1986) para alguns locais do Paraná ( $5.275$ ) e Castro Filho et al. (2000) na Bacia do Rio Paraná ( $5.500$ ).

Tabela 11 - Coeficientes de correlação (r) e respectivos intervalos de confiança (IC), obtidos entre os diversos fatores de erosividade das chuvas e as perdas de solo ocorridas na parcela padrão da USLE, no período de 1993 a 2012 em Lages, SC.

(continua)

Parâmetro	r	IC	Parâmetro	r	IC
E w&s	0,584 *	(0,537 a 0,627)	E B&F	0,616 *	(0,572 a 0,656)
E>10 w&s	0,648 *	(0,607 a 0,686)	E>10 B&F	0,652 *	(0,611 a 0,689)
E>25 w&s	0,594 *	(0,548 a 0,636)	E>25 B&F	0,594 *	(0,548 a 0,636)
EI <sub>5</sub> w&s	0,636 *	(0,594 a 0,675)	EI <sub>5</sub> B&F	0,635 *	(0,593 a 0,674)
EI <sub>10</sub> w&s	0,626 *	(0,583 a 0,666)	EI <sub>10</sub> B&F	0,622 *	(0,579 a 0,662)
EI <sub>15</sub> w&s	0,636 *	(0,594 a 0,675)	EI <sub>15</sub> B&F	0,634 *	(0,592 a 0,673)
EI <sub>20</sub> w&s	0,643 *	(0,602 a 0,681)	EI <sub>20</sub> B&F	0,641 *	(0,599 a 0,679)
EI <sub>25</sub> w&s	0,648 *	(0,606 a 0,685)	EI <sub>25</sub> B&F	0,645 *	(0,604 a 0,683)
EI <sub>30</sub> w&s	0,655 *	(0,615 a 0,692)	EI <sub>30</sub> B&F	0,653 *	(0,613 a 0,691)
EI <sub>35</sub> w&s	0,665 *	(0,626 a 0,701)	EI <sub>35</sub> B&F	0,664 *	(0,624 a 0,700)
EI <sub>40</sub> w&s	0,674 *	(0,635 a 0,709)	EI <sub>40</sub> B&F	0,672 *	(0,633 a 0,708)
EI <sub>45</sub> w&s	0,677 *	(0,638 a 0,712)	EI <sub>45</sub> B&F	0,675 *	(0,637 a 0,711)
EI <sub>50</sub> w&s	0,683 *	(0,646 a 0,718)	EI <sub>50</sub> B&F	0,682 *	(0,644 a 0,717)
EI <sub>55</sub> w&s	0,686 *	(0,648 a 0,720)	EI <sub>55</sub> B&F	0,685 *	(0,648 a 0,720)
EI <sub>60</sub> w&s	0,688 *	(0,650 a 0,722)	EI <sub>60</sub> B&F	0,688 *	(0,651 a 0,722)
EI <sub>70</sub> w&s	0,688 *	(0,650 a 0,722)	EI <sub>70</sub> B&F	0,689 *	(0,652 a 0,723)
EI <sub>80</sub> w&s	0,689 *	(0,651 a 0,723)	EI <sub>80</sub> B&F	0,692 *	(0,655 a 0,726)
EI <sub>90</sub> w&s	0,686 *	(0,648 a 0,720)	EI <sub>90</sub> B&F	0,691 *	(0,654 a 0,725)
EI <sub>100</sub> w&s	0,690 *	(0,652 a 0,723)	EI <sub>100</sub> B&F	0,696 *	(0,660 a 0,730)
EI <sub>110</sub> w&s	0,694 *	(0,657 a 0,727)	EI <sub>110</sub> B&F	0,701 *	(0,665 a 0,734)
EI <sub>120</sub> w&s	0,694 *	(0,657 a 0,728)	EI <sub>120</sub> B&F	0,703 *	(0,667 a 0,735)
EI <sub>135</sub> w&s	0,693 *	(0,656 a 0,726)	EI <sub>135</sub> B&F	0,703 *	(0,667 a 0,735)
EI <sub>150</sub> w&s	0,687 *	(0,650 a 0,721)	EI <sub>150</sub> B&F	0,698 *	(0,662 a 0,731)
EI <sub>165</sub> w&s	0,682 *	(0,645 a 0,717)	EI <sub>165</sub> B&F	0,695 *	(0,658 a 0,728)
EI <sub>180</sub> w&s	0,672 *	(0,633 a 0,707)	EI <sub>180</sub> B&F	0,684 *	(0,647 a 0,719)
EI <sub>210</sub> w&s	0,657 *	(0,617 a 0,694)	EI <sub>210</sub> B&F	0,671 *	(0,632 a 0,707)
EI <sub>240</sub> w&s	0,648 *	(0,607 a 0,685)	EI <sub>240</sub> B&F	0,663 *	(0,623 a 0,699)

Tabela 11 - Coeficientes de correlação (r) e respectivos intervalos de confiança (IC), obtidos entre os diversos fatores de erosividade das chuvas e as perdas de solo ocorridas na parcela padrão da USLE, no período de 1993 a 2012 em Lages, SC.

Parâmetro	r	IC	Parâmetro	r	IC
E w&M	0,567 *	(0,519 a 0,611)			
E>10 w&M	0,646 *	(0,604 a 0,683)	Ve	0,522 *	(0,471 a 0,569)
E>25 w&M	0,594 *	(0,548 a 0,636)	Vt	0,542 *	(0,493 a 0,589)
EI <sub>5</sub> w&M	0,634 *	(0,591 a 0,672)	I <sub>5</sub>	0,356 *	(0,295 a 0,414)
EI <sub>10</sub> w&M	0,625 *	(0,582 a 0,664)	I <sub>10</sub>	0,380 *	(0,320 a 0,436)
EI <sub>15</sub> w&M	0,635 *	(0,593 a 0,674)	I <sub>15</sub>	0,412 *	(0,355 a 0,467)
EI <sub>20</sub> w&M	0,642 *	(0,601 a 0,681)	I <sub>20</sub>	0,435 *	(0,378 a 0,488)
EI <sub>25</sub> w&M	0,647 *	(0,606 a 0,685)	I <sub>25</sub>	0,450 *	(0,395 a 0,503)
EI <sub>30</sub> w&M	0,655 *	(0,614 a 0,692)	I <sub>30</sub>	0,471 *	(0,416 a 0,522)
EI <sub>35</sub> w&M	0,665 *	(0,625 a 0,701)	I <sub>35</sub>	0,485 *	(0,431 a 0,535)
EI <sub>40</sub> w&M	0,673 *	(0,634 a 0,708)	I <sub>40</sub>	0,498 *	(0,446 a 0,547)
EI <sub>45</sub> w&M	0,676 *	(0,638 a 0,711)	I <sub>45</sub>	0,505 *	(0,453 a 0,554)
EI <sub>50</sub> w&M	0,683 *	(0,645 a 0,717)	I <sub>50</sub>	0,519 *	(0,467 a 0,567)
EI <sub>55</sub> w&M	0,685 *	(0,647 a 0,719)	I <sub>55</sub>	0,527 *	(0,476 a 0,574)
EI <sub>60</sub> w&M	0,687 *	(0,649 a 0,721)	I <sub>60</sub>	0,536 *	(0,486 a 0,582)
EI <sub>70</sub> w&M	0,686 *	(0,648 a 0,720)	I <sub>70</sub>	0,546 *	(0,497 a 0,592)
EI <sub>80</sub> w&M	0,686 *	(0,649 a 0,720)	I <sub>80</sub>	0,556 *	(0,508 a 0,601)
EI <sub>90</sub> w&M	0,683 *	(0,645 a 0,717)	I <sub>90</sub>	0,557 *	(0,508 a 0,602)
EI <sub>100</sub> w&M	0,686 *	(0,648 a 0,720)	I <sub>100</sub>	0,568 *	(0,520 a 0,612)
EI <sub>110</sub> w&M	0,689 *	(0,652 a 0,723)	I <sub>110</sub>	0,576 *	(0,529 a 0,619)
EI <sub>120</sub> w&M	0,690 *	(0,653 a 0,724)	I <sub>120</sub>	0,580 *	(0,534 a 0,624)
EI <sub>135</sub> w&M	0,688 *	(0,651 a 0,722)	I <sub>135</sub>	0,586 *	(0,540 a 0,629)
EI <sub>150</sub> w&M	0,682 *	(0,644 a 0,716)	I <sub>150</sub>	0,588 *	(0,542 a 0,631)
EI <sub>165</sub> w&M	0,677 *	(0,638 a 0,712)	I <sub>165</sub>	0,587 *	(0,540 a 0,629)
EI <sub>180</sub> w&M	0,665 *	(0,626 a 0,702)	I <sub>180</sub>	0,586 *	(0,540 a 0,629)
EI <sub>210</sub> w&M	0,650 *	(0,610 a 0,688)	I <sub>210</sub>	0,580 *	(0,534 a 0,624)
EI <sub>240</sub> w&M	0,641 *	(0,599 a 0,679)	I <sub>240</sub>	0,576 *	(0,529 a 0,620)

\*: Significativo a 1 % pelo teste de t Student; E B&F: energia cinética segundo Brown & Foster (1987); E w&s: energia cinética segundo Wischmeier & Smith (1978); E w&M: energia cinética segundo Wagner & Massambani (1988); I: intensidade da chuva; Ve: volume erosivo; Vt: volume total.

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 12 - Valores mensais, anuais e médios do índice de erosividade  $EI_{30}$  em Lages - SC, no período de 1989 a 2012.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	(continua)
							- MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> -
1989	1.027	123	440	628	595	25	
1990	552	511	744	297	620	284	
1991	253	0	226	186	156	149	
1992	218	184	400	106	881	376	
1993	613	1.102	457	183	179	125	
1994	299	1.442	654	637	463	376	
1995	600	737	64	42	0	329	
1996	1.527	388	1.598	237	0	279	
1997	2.783	965	48	0	80	398	
1998	639	1.575	792	1.202	226	88	
1999	761	197	68	487	154	171	
2000	648	276	130	662	133	147	
2001	919	282	144	465	307	165	
2002	324	142	655	431	147	188	
2003	399	1.082	213	319	133	166	
2004	813	199	96	273	87	17	
2005	167	165	537	479	1.190	359	
2006	384	484	638	33	0	81	
2007	225	541	412	262	211	75	
2008	1.039	1.008	84	441	174	221	
2009	423	680	146	0	119	9	
2010	473	747	338	907	632	33	
2011	1.858	961	396	120	112	258	
2012	1.289	410	74	65	8	241	
Total	18.234	14.198	9.351	8.459	6.605	4.560	
Média	760	592	390	352	275	190	
D.Padrão	609	438	351	300	304	122	
CV (%)	80	74	90	85	110	64	

Tabela 12 - Valores mensais, anuais e médios do índice de erosividade EI<sub>30</sub> em Lages - SC, no período de 1989 a 2012.

Ano	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	(conclusão)
							MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
1989	31	486	988	229	60	182	4.813
1990	290	84	754	1.219	1.707	530	7.591
1991	109	132	94	1.039	169	1.049	3.561
1992	203	205	323	0	678	12	3.586
1993	1.377	55	350	373	600	0	5.412
1994	426	6	56	686	385	235	5.664
1995	64	66	460	338	31	993	3.723
1996	214	423	192	63	176	190	5.286
1997	225	265	699	1.041	581	431	7.516
1998	371	564	582	301	151	539	7.029
1999	310	47	59	607	436	216	3.511
2000	278	129	1.164	1.438	71	1.326	6.402
2001	447	157	159	646	312	627	4.629
2002	204	291	416	1.102	1.816	601	6.316
2003	55	9	24	487	150	769	3.804
2004	509	60	1.329	392	231	203	4.207
2005	106	441	224	759	676	251	5.353
2006	136	277	64	65	765	512	3.436
2007	195	118	300	634	238	295	3.507
2008	15	113	217	722	267	236	4.538
2009	461	747	1.225	255	1.286	303	5.653
2010	331	19	403	92	1.220	529	5.723
2011	314	820	371	233	250	386	6.078
2012	113	0	265	525	0	468	3.458
Total	6.781	5.511	10.717	13.244	12.255	10.881	120.796
Média	283	230	447	552	511	453	5.033
DPadrão	273	235	388	394	514	325	1.338
CV (%)	97	102	87	71	101	72	27

Fonte: Produção do próprio autor

Por outro lado, o valor do EI<sub>30</sub> encontrado neste trabalho foi menor do que os valores, expressos na mesma unidade, encontrados por: Bertol (1994a) para Campos Novos (SC) (6.329); Beutler (2000) em Chapecó (SC) (8.355); Bazzano et al. (2007) em Quaraí (RS) (9.292); Cassol et al. (2007) em Ijuí (RS) (8.825); Cassol et al. (2008) em São Borja (RS) (9.751); Hickmann et al (2008) em Uruguaiana (RS) (8.875); Mazurana et al. (2009) em Santa Rosa (RS) (11.217); Rufino (1986) em alguns locais do Paraná (12.559); e Castro Filho et al. (2000) na Bacia do Rio Paraná (14.000).

A variabilidade de resultados demonstra a importância da obtenção do maior número possível de determinações do fator erosividade em dada região ou estado, para o estabelecimento de mapas de erosividade baseados na interpolação de dados ou por meio de equações regionais.

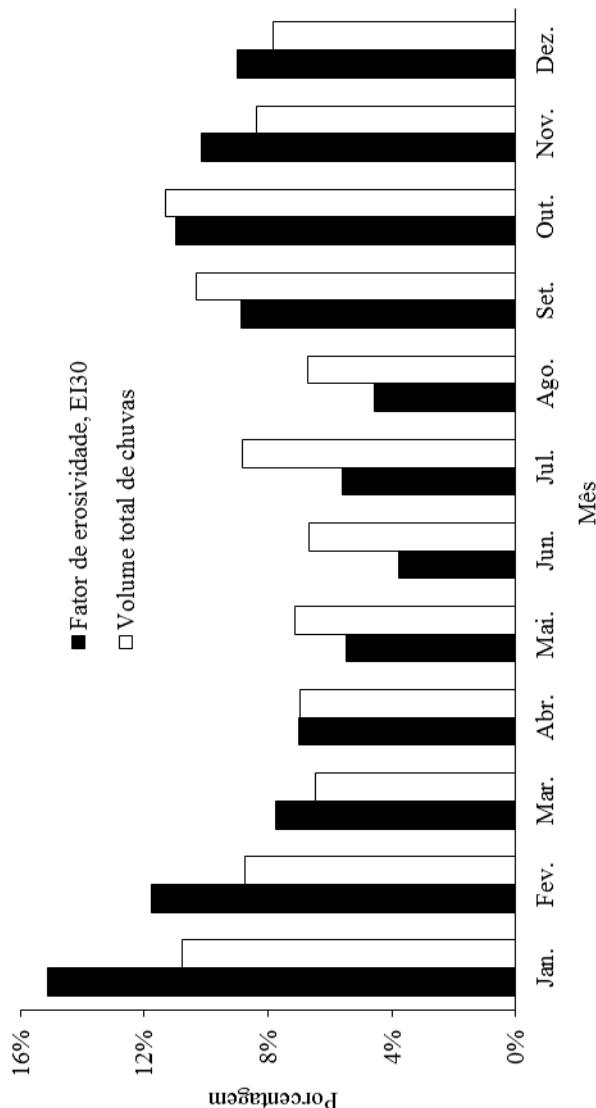
Em relação à distribuição mensal do índice de erosividade (Tabela 12), os meses de setembro a fevereiro caracterizaram o período crítico, com 66 % da erosividade anual. Neste período, destacaram-se os meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro, com valores médios de erosividade acima do limite crítico de 500 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, estabelecido por Rufino (1986).

Os meses de setembro a novembro são particularmente problemáticos na região, quanto ao risco de erosão hídrica. Nesse período, é feita a semeadura das culturas de verão, muitas ainda implantadas em sistema convencional de manejo do solo com preparo mecânico, ou, no caso do sistema de semeadura direta, sem a utilização de práticas conservacionistas complementares, como os terraços, por exemplo.

Nos meses de março a agosto ocorreu aproximadamente 43 % da precipitação anual erosiva e total (Gráfico 1), porém, em relação à erosividade anual, nestes meses ocorreram apenas 34 %. A baixa relação entre erosividade e precipitação pode ser observada nos percentuais de precipitação e de erosividade nos meses de março e junho, nos quais a precipitação foi semelhante, mas a erosividade em março foi duas vezes maior do que em junho.

A erosividade observada no período de primavera-verão correspondeu a 65 % da erosividade anual (Tabela 13), comportamento semelhante também foi observado por Bertol et al. (2002b) em Lages (SC), Beutler et al. (2003) em Chapecó (SC), Bazzano et al. (2007) em Quaraí (RS), e por Mazurana et al. (2009) em Santa Rosa (RS).

Gráfico 1 - Valores médios mensais percentuais do fator de erosividade,  $EI_{30}$ , e do volume total das chuvas, obtidas entre 1989 a 2012, em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 13 - Índice de erosividade  $EI_{30}$  em diferentes épocas do ano em Lages - SC, no período de 1989 a 2012

Ano	Fator R ( $EI_{30}$ )	
	Primavera / verão	Outono / inverno
----- MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> -----		
1989	2.324	2.728
1990	1.704	2.982
1991	3.907	816
1992	2.752	2.115
1993	2.938	2.404
1994	3.316	2.102
1995	2.677	597
1996	4.564	2.039
1997	4.256	1.118
1998	5.362	3.188
1999	2.107	1.201
2000	2.270	2.539
2001	4.202	1.642
2002	2.784	1.463
2003	5.427	705
2004	2.423	1.291
2005	2.452	3.114
2006	3.096	684
2007	2.482	1.019
2008	3.450	1.210
2009	2.475	2.118
2010	3.631	2.536
2011	4.754	2.290
2012	2.615	725
Média	3.249	1.776
DP	1.044	838
CV (%)	32	47

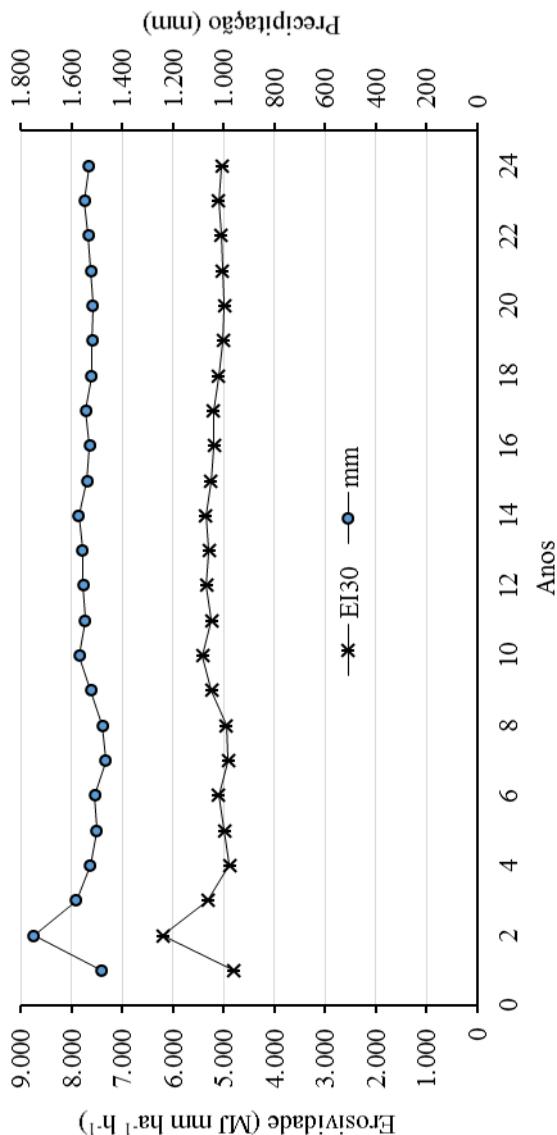
Fonte: Produção do próprio autor.

Bertol et al. (2002b), trabalhando com registros pluviográficos de 10 anos, obteve para Lages (SC) o valor de erosividade anual de 5.790 MJ mm  $ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}$ , portanto, maior do que o observado neste trabalho (5.033 MJ mm  $ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}$ ). Os valores médios anuais de erosividade, considerando-se diferentes períodos de avaliação, são apresentados no Gráfico 2. Observa-se que os valores de erosividade média anual apresentaram maiores variações até 18º ano de avaliação. Isto demonstra que realmente é necessário observar-se o período de tempo mínimo de 20 anos de registro de dados de chuva, necessário para a obtenção de um fator R confiável, de modo a incluir variações climáticas cíclicas, de acordo com preceitos de Wischmeier (1976).

Os valores do índice  $EI_{30}$  anual e individual, dispostos em ordem decrescente, períodos de retorno e probabilidades de ocorrência são mostrados na Tabela 14. O maior valor de erosividade anual, 7.591 MJ mm  $ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}$ , tem um período de retorno estimado de 25 anos, com probabilidade de ocorrência de 4 %, enquanto, o menor valor anual, 3.436 MJ mm  $ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}$ , tem um período de retorno estimado em um ano, com uma probabilidade de ocorrência de 96 %. Igualmente, o valor de erosividade médio anual determinado, o qual representa o fator R da USLE em Lages, SC, tem um período de retorno estimado em torno de dois anos, com 50 % de probabilidade de ocorrência. Resultados semelhantes para o tempo de retorno do fator R da USLE foram observados por Colodro et al. (2002), Dias & Silva (2003), Cassol et al. (2008), Hickmann et al. (2008) e Mazurana et al. (2009).

Com relação à erosividade das chuvas individuais (Tabela 14), o seu valor máximo (2.084 MJ mm  $ha^{-1} h^{-1}$ ) ocorreu no mês de janeiro de 1.997. Este valor deverá ser igualado ou superado, pelo menos uma vez, a cada 25 anos, com probabilidade de ocorrência de 4 %. O valor mínimo (613 MJ mm  $ha^{-1} h^{-1}$ ), por outro lado, ocorrente no mês de outubro de 2002, deverá ser superado ou igualado, pelo menos uma vez a cada ano, com probabilidade de ocorrência de 96 %.

Gráfico 2 – Precipitação e erosividade média, em função do número de anos observados em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 14 - Período de retorno e probabilidade de ocorrência dos valores dos índices anuais e máximos individuais de erosividade ( $EI_{30}$ ), em Lages – SC, durante o período de 1989 a 2012.

Ano	Anual	Índice de erosividade ( $EI_{30}$ )				Ordem	PR	P			
		Individual									
		Ano	Mês								
MJ mm $ha^{-1} h^{-1}$											
1990	7.591	1997	Jan.	2.084	1	25,0	4,0				
1997	7.516	2011	Jan.	1.014	2	12,5	8,0				
1998	7.029	2012	Jan.	1.011	3	8,3	12,0				
2000	6.402	1993	Jul.	971	4	6,3	16,0				
2002	6.316	2003	Fev.	942	5	5,0	20,0				
2011	6.078	2002	Nov.	904	6	4,2	24,0				
2010	5.723	1993	Fev.	901	7	3,6	28,0				
1994	5.664	2008	Fev.	883	8	3,1	32,0				
2009	5.653	1996	Mar.	859	9	2,8	36,0				
1993	5.412	2005	Mai.	841	10	2,5	40,0				
2005	5.353	1991	Dez.	765	11	2,3	44,0				
1996	5.286	1995	Dez.	756	12	2,1	48,0				
1989	4.813	1992	Mai.	754	13	1,9	52,0				
2001	4.629	1998	Abr.	721	14	1,8	56,0				
2008	4.538	2000	Dez.	720	15	1,7	60,0				
2004	4.207	2000	Out.	701	16	1,6	64,0				
2003	3.804	1996	Mar.	688	17	1,5	68,0				
1995	3.723	2000	Set.	672	18	1,4	72,0				
1992	3.586	2004	Jan.	668	19	1,3	76,0				
1991	3.561	1991	Out.	641	20	1,3	80,0				
1999	3.511	1994	Fev.	636	21	1,2	84,0				
2007	3.507	1990	Nov.	635	22	1,1	88,0				
2012	3.458	1996	Jan.	622	23	1,1	92,0				
2006	3.436	2002	Out.	613	24	1,0	96,0				

PR: Período de retorno; P: Probabilidade de ocorrência.

Fonte: Produção do próprio autor.

### 2.3.2 Erodibilidade do solo

Observando-se os dados anuais de erosividade, perdas de solo e erodibilidade (Tabela 15), verifica-se que estes variaram amplamente entre os anos estudados, com maior destaque para as perdas de solo, e consequentemente, para a erodibilidade. Essas variações eram em parte esperadas, pois, segundo Wischmeier & Smith (1978), registros de dados de perda de solo e de chuva de curtos períodos de tempo estão sujeitos às variações cíclicas e flutuações aleatórias do clima e a outras variáveis não controladas que se refletem na definição dos fatores da USLE, os quais devem, por isso, serem obtidos em longo prazo. De acordo com Bertol et al. (2002a), as variações dos valores da Tabela 15 podem ser atribuídas, em parte, às variações de erosividade nos anos considerados, porém, também às variações de teor de água no solo antecedente às chuvas e à não uniformidade de sua distribuição ao longo do período experimental.

Embora os dados de 1989 a 1992 não tenham sido incluídos neste trabalho, os valores de erodibilidade do solo dos três primeiros anos considerados no trabalho (1993 a 1995) destacam-se como os de menor magnitude (Tabela 15). Por outro lado, os dados dos dois últimos anos avaliados (2011 e 2012) destacam-se como os de maior valor de erodibilidade. Tais resultados estão de acordo com os preceitos de Wischmeier & Smith (1965), cujos autores recomendam iniciar as avaliações de perdas de solo a partir de um período mínimo de dois anos após a implantação do experimento, na condição padrão, visando eliminar/diminuir os efeitos de resíduos orgânicos na erodibilidade do solo.

O valor médio anual do fator erodibilidade do solo, obtido por meio do quociente entre a perda de solo média anual e a erosividade média anual (WISCHMEIER & SMITH, 1978) foi de  $0,0175 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  (Tabela 15). De acordo com Foster et al. (1981), esta erodibilidade é classificada como de magnitude moderada. Conceitualmente, a erodibilidade média observada indica que cada unidade de erosividade ocasionou uma perda média anual de solo de  $0,0175 \text{ Mg ha}^{-1}$ . No capítulo 3.1 deste trabalho, com base em dados de registros hidrológicos de 24 anos, determinou-se o valor de erosividade média anual (Fator R da USLE) de Lages (SC) igual a  $5.033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  (Tabela 12).

Considerando-se o fator R determinado para o município de Lages (SC) e o fator K obtido para o Cambissolo Húmico neste trabalho,

Tabela 15 - Valores médios anuais do fator erosividade –  $EI_{30}$  (fator R) das chuvas, perda de solo (média de duas repetições) e fator erodibilidade (fator K) determinado pelo quociente entre a média das perdas de solo e a média das erosividades das chuvas, do Cambissolo Húmico alumínico léptico em Lages - SC, no período de 1993 a 2012.

Ano	Fator R - $EI_{30}$	Perda de solo	Fator K
	MJ mm $ha^{-1} h^{-1}$	Mg $ha^{-1}$	Mg $ha h ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}$
1993	4.975	32,2	0,0065
1994	5.459	40,1	0,0074
1995	3.598	6,7	0,0019
1996	5.189	79,5	0,0153
1997	7.516	101,0	0,0134
1998	7.029	123,5	0,0176
1999	3.467	66,1	0,0191
2000	6.319	115,6	0,0183
2001	4.449	74,5	0,0167
2002	6.141	185,4	0,0302
2003	3.844	51,9	0,0135
2004	3.694	58,3	0,0158
2005	4.238	41,9	0,0099
2006	3.454	50,8	0,0147
2007	3.342	94,1	0,0282
2008	4.538	94,7	0,0209
2009	5.653	129,3	0,0229
2010	5.723	73,1	0,0128
2011	6.002	183,3	0,0305
2012	3.034	103,8	0,0342
Média	4.883	85,3	0,0175
CV (%)	27	55	49

Fonte: Produção do próprio autor.

estima-se uma perda anual média de 88,1  $Mg ha^{-1}$ , quando o solo estiver descoberto. A tolerância anual de perda de solo, definida por Bertol & Almeida (2000) para o Cambissolo Húmico, é de 0,74  $mm ano^{-1}$ . Considerando-se a densidade média do solo em questão (Tabela

1), tem-se uma tolerância de perda de solo anual de 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, equivalente, portanto, a 11 % da perda anual estimada para este tipo de solo.

O valor do fator K da USLE, observado neste trabalho (Tabela 15), enquadra-se na faixa de valores do índice de erodibilidade do solo, medidos e/ou estimados no Brasil, que é de 0,006 a 0,049 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, segundo Cogo (1988). O valor de erodibilidade determinada para o Cambissolo Húmico (0,0175 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) é semelhante aos resultados verificados por Silva (1997) em Latossolo Roxo em Chapecó, SC (0,016 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) e por Martins et al. (2011) em Plintossolo Háplico na região dos Tabuleiros Costeiros, ES (0,017 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>). Entretanto, difere expressivamente dos resultados observados por Silva et al. (2009) para um Cambissolo Háplico em Lavras, MG (0,0355 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), submetido a erosividade média anual (4.865 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e semelhante à observada neste trabalho (4.883 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) (Tabela 15). Segundo Silva et al. (2009), essa variação de valores do fator K é devida às variações dos atributos desses solos. El-Swaify & Dangler (1982) afirmam não ser recomendado estimar um valor de erodibilidade baseado unicamente na classificação do solo. Embora existam diferenças nos períodos de avaliação entre os trabalhos, os resultados observados reforçam as considerações desses autores.

O valor do fator K determinado por meio de regressão linear simples entre as erosividade das chuvas e suas respectivas perdas de solo, considerando-se todos os eventos individuais de chuva erosiva e de perdas de solo quantificadas para cada uma dessas chuvas, conforme recomendado por Wischmeier & Mannering (1969), foi de 0,0172 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (Gráfico 3a), valor este semelhante ao obtido pelo método padrão de cálculo do referido fator (0,0175 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>). Comportamento semelhante a este foi observado por Bertol et al. (2007) trabalhando com chuvas simuladas em Nitossolo Háplico.

Outras formas de estimar a erodibilidade, recomendadas por Wischmeier & Mannering (1969), decorreram da realização das seguintes relações e que resultaram nos seguintes valores de fator K: eventos sem a presença de chuvas acumuladas (Gráfico 3b – fator K = 0,0175 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>); eventos com chuvas acumuladas (Gráfico 4a – fator K = 0,0166 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>); valores totais dos períodos de cultivo (Gráfico 4b – fator K = 0,0185 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>); totais dos valores anuais (Gráfico 5a – fator K = 0,0176 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>); e valores médios mensais (Gráfico 5b – fator K =

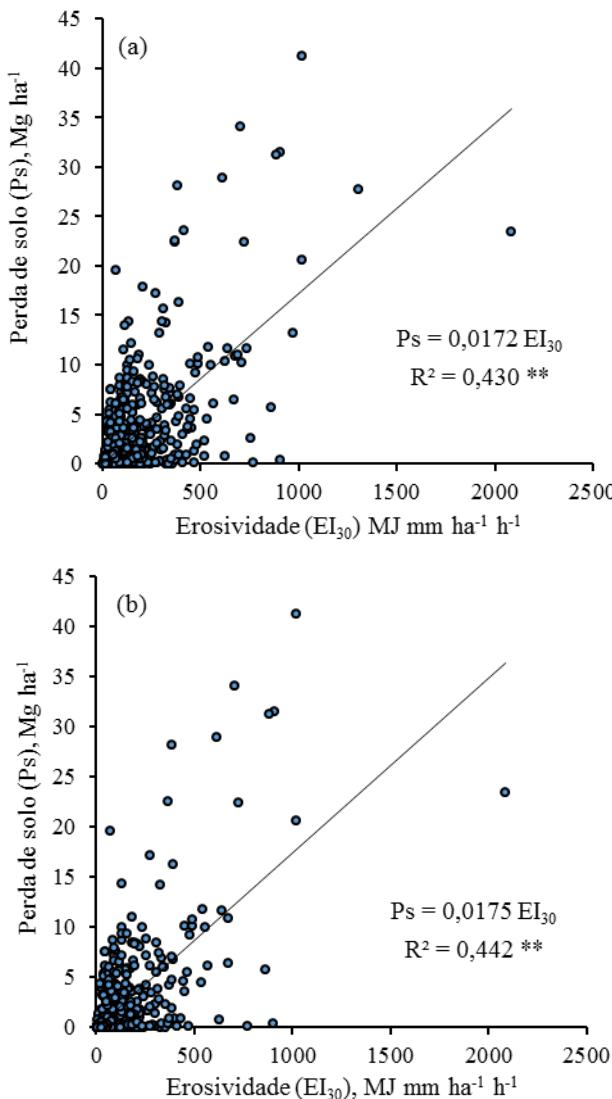
0,0177 Mg ha h  $ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}$ ). Estes valores de fator K são semelhantes aquele obtido pelo método padrão. Mesmo assim, como os valores obtidos nessas relações apresentam baixa confiabilidade, com exceção daquele obtido utilizando as médias mensais (Gráfico 5b), recomenda-se a utilização do valor do fator K obtido pelo quociente entre a perda de solo e a erosividades da chuva.

Em relação aos dados estacionais, o período de primavera/verão apresentou, em média, valores de erosividade e de perdas de solo duas vezes maiores do que no período de outono/inverno (Tabela 16), confirmando a tendência observada por Schick et al. (2013) para essas variáveis. Contrariamente ao verificado por Bertol et al. (2002a), não foi observada a mesma relação nos valores de erodibilidade, comparando os dois períodos estacionais. Pequenas oscilações da erodibilidade estacional foram observadas em relação ao valor médio anual (Tabela 15), cujo comportamento sugere semelhança de erodibilidade do solo nos períodos de primavera/verão e outono/inverno.

Na Tabela 17 são apresentados os valores médios mensais da erosividade da chuva, do volume das chuvas, das perdas de solo e da erodibilidade do solo, os quais variaram amplamente ao longo do ano, destacando-se a erosividade e as perdas de solo. A erodibilidade média mensal apresentou, juntamente com a precipitação, a menor variação. Ainda assim, variou consideravelmente em abril, mês com maior valor, o qual foi três vezes superior a dezembro, mês com menor valor. Tais resultados corroboram com Renard et al. (1997) que destacaram a importância do conhecimento da erodibilidade sazonal como forma de reduzir erros nas estimativas de perdas de solo.

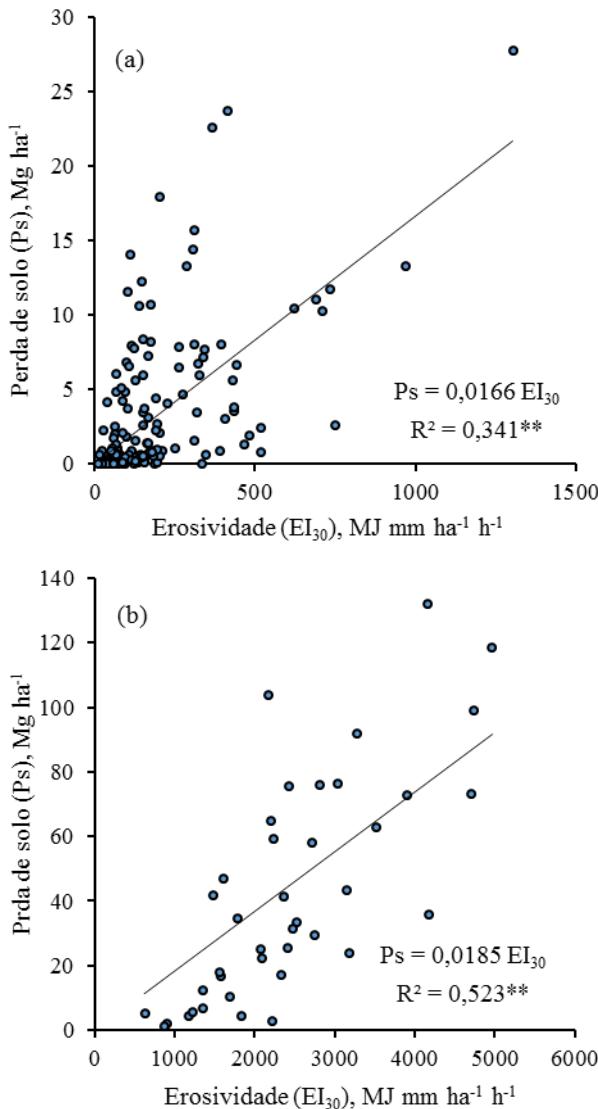
Embora a relação entre os valores mensais do fator R com as perdas de solo seja significativa (Gráfico 6a), a relação entre os valores do fator K com a erosividade (Gráfico 6b), do fator K com as perdas de solo (Gráfico 7a) e do fator K com o volume de chuva (Gráfico 7b), não foi significativa. Isto demonstra que a variação mensal da erodibilidade não é explicada apenas por um dos fatores relacionados, sendo ainda provável a ação de outros fatores não avaliados. Renard et al. (1997) afirmam que para as condições dos EUA, a variação sazonal do fator K deve-se principalmente ao congelamento do solo, à textura e ao conteúdo de água no solo. De acordo com Bertol (1994b), a erodibilidade do solo apresenta grande variabilidade espacial e temporal, explicada pela diversidade climática, a qual influi no potencial erosivo das chuvas, e variabilidade de solo, a qual tem influência na suscetibilidade à erosão.

Gráfico 3 - Relação entre perda de solo (Ps) e índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) em Cambissolo Húmico entre 1993 e 2012, em Lages - SC, considerando-se: a) totalidade dos 795 eventos individuais; b) 632 eventos individuais sem chuvas acumuladas. \*:  $p < 0,01$ .



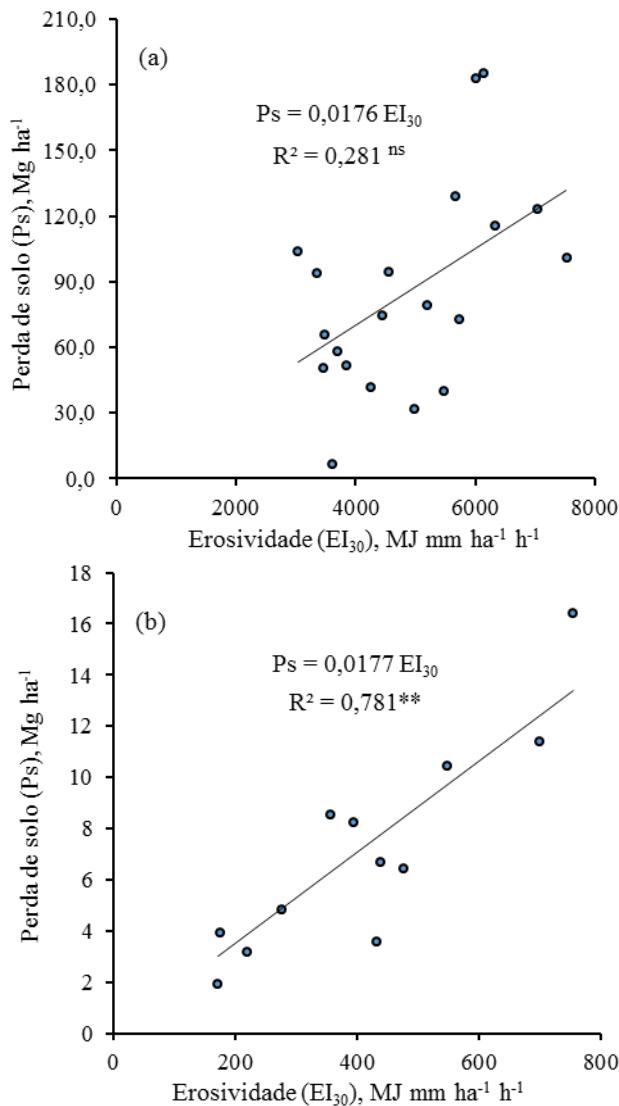
Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico 4 - Relação entre perda de solo (Ps) e índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) em Cambissolo Húmico entre 1993 e 2012, em Lages - SC, considerando-se; a) 163 eventos com chuvas acumuladas; b) totais dos períodos de cultivo. \*\*:  $p < 0,01$ .



Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico 5 - Relação entre perda de solo (Ps) e índice de erosividade (EI<sub>30</sub>) em Cambissolo Húmico entre 1993 e 2012, em Lages - SC, considerando-se; a) totais anuais; b) médias mensais. \*\*:  $p < 0,01$ ; ns: Não significativo.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 16 - Valores médios estacionais (primavera/verão e outono/inverno) do fator erosividade -  $EI_{30}$  (fator R) das chuvas, perda de solo (média de duas repetições) e fator erodibilidade (fator K) determinado pelo quociente entre a média das perdas de solo e a média das erosividades das chuvas, do Cambissolo Húmico alumínico léptico em Lages - SC, no período de 1993 a 2012.

Ano	Fator R – $EI_{30}$		Perdas de solo		Fator K	
	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I
	$MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$		$Mg \text{ ha}^{-1}$		$Mg \text{ ha h ha}^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}$	
1993	1.654	2.239	0,49	31,04	0,0003	0,0139
1994	3.316	2.092	13,91	22,83	0,0042	0,0109
1995	2.482	524	6,89	1,50	0,0028	0,0029
1996	4.499	2.035	53,05	27,44	0,0118	0,0135
1997	4.178	1.118	74,27	3,92	0,0178	0,0035
1998	5.362	3.188	71,64	66,25	0,0134	0,0208
1999	2.107	1.201	17,34	53,34	0,0082	0,0444
2000	2.226	2.502	10,38	35,29	0,0047	0,0141
2001	4.223	1.647	109,77	26,19	0,0260	0,0159
2002	2.532	1.428	32,20	20,55	0,0127	0,0144
2003	5.305	741	175,48	14,05	0,0331	0,0190
2004	2.408	731	25,26	17,85	0,0105	0,0244
2005	2.426	2.184	28,42	24,09	0,0117	0,0110
2006	2.943	742	38,29	14,63	0,0130	0,0197
2007	2.482	910	48,91	25,33	0,0197	0,0278
2008	3.393	1.198	82,15	28,14	0,0242	0,0235
2009	2.488	2.051	56,47	49,20	0,0227	0,0240
2010	3.641	2.225	57,97	36,72	0,0159	0,0165
2011	5.122	2.231	105,61	87,82	0,0206	0,0394
2012	2.675	692	105,50	0,92	0,0394	0,0013
Média	3.273	1.584	55,70	29,36	0,0170	0,0185
CV (%)	35	48	79	73	64	60

P/V: Primavera/verão; O/I: Outono/inverno.

Fonte: Produção do próprio autor.

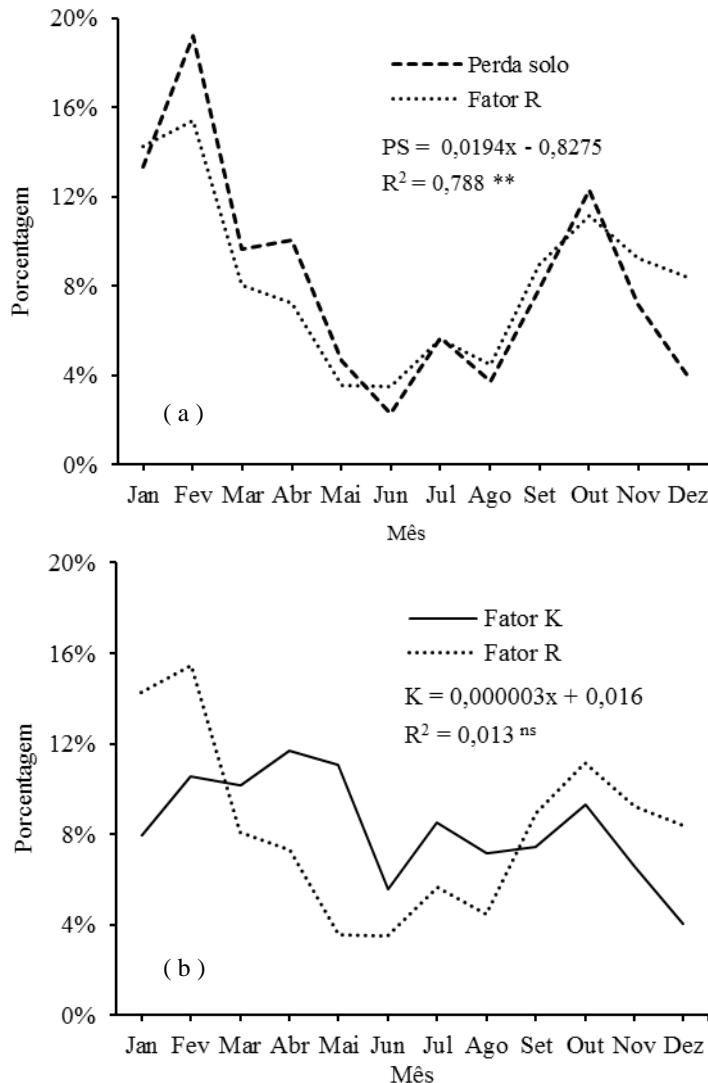
Tabela 17 - Valores médios mensais do fator erosividade –  $EI_{30}$  (fator R) das chuvas, volume de chuva, perda de solo (média de duas repetições), e fator erodibilidade (fator K) determinados pelo quociente entre a média das perdas de solo e a média das erosividades das chuvas, do Cambissolo Húmico alumínico léptico em Lages - SC, no período de 1993 a 2012.

Mês	Erosividade	Precipitação	Perdas de solo	Fator K
	$MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$	mm	$Mg \text{ ha}^{-1}$	$Mg \text{ ha h}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$
Jan.	697,4	138	11,39	0,0163
Fev.	753,7	138	16,41	0,0218
Mar.	393,9	89	8,24	0,0209
Abr.	355,1	98	8,57	0,0241
Mai.	173,7	69	3,95	0,0228
Jun.	170,6	82	1,96	0,0115
Jul.	275,4	122	4,83	0,0175
Ago.	218,0	98	3,20	0,0147
Set.	437,5	159	6,72	0,0154
Out.	546,0	165	10,48	0,0192
Nov.	475,5	110	6,46	0,0136
Dez.	431,6	93	3,58	0,0083
Média	410,7	113	7,15	0,0174
CV (%)	46	27	58	28

Fonte: Produção do próprio autor.

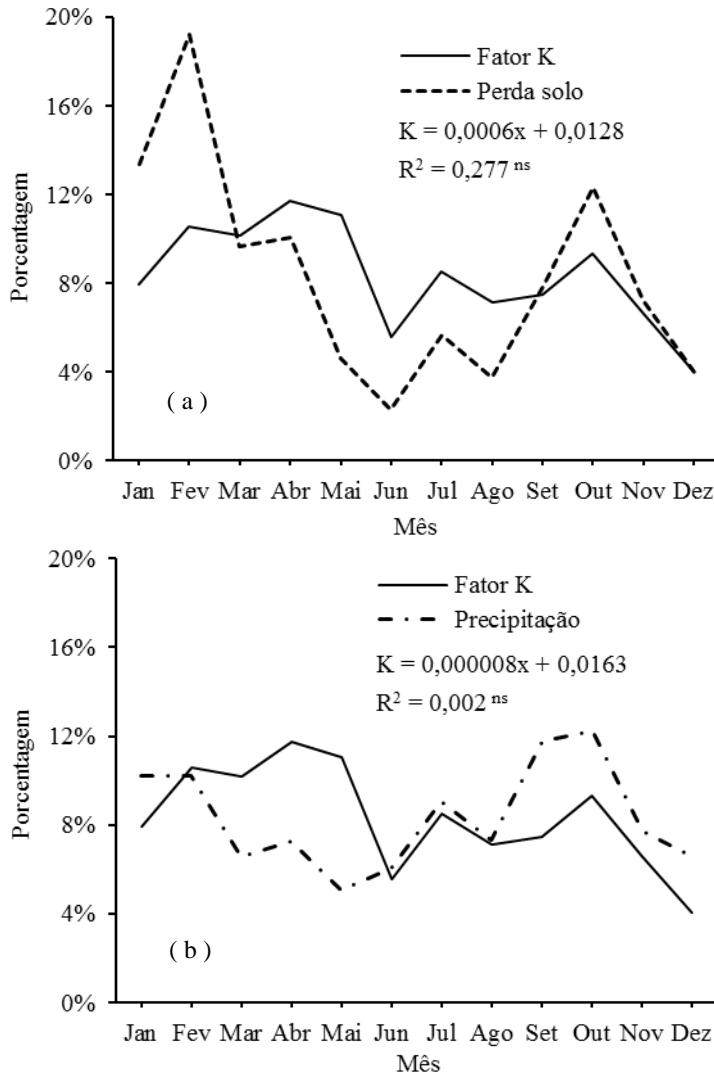
Bertol et al. (2002a), trabalhando no mesmo solo com dados de nove anos (entre 1989 e 1998), obtiveram valor de erodibilidade igual a  $0,0115 \text{ Mg ha h}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ . O presente trabalho, apesar de abordar períodos diferentes, resultou em valor de fator K semelhante (Gráfico 8) quando considera os dados do mesmo período de nove anos do trabalho desses autores. Entretanto, quando considera os dados do período inteiro de 20 anos, o valor do fator K é 52 % superior ao verificado por Bertol et al. (2002a) naquele período de nove anos. Observa-se ainda nos Gráficos 8 e 9, maior incremento no valor de erodibilidade nos anos iniciais e menor incremento nos anos finais, comportamento também verificado por Campos Filho et al. (1992).

Gráfico 6 - Distribuição mensal da relação entre os valores mensais médios e o valor médio anual, expressos em porcentagem (a: perda de solo e erosividade das chuvas; b: erodibilidade do solo e erosividade das chuvas) e relação entre esses fatores, em Lages – SC, entre 1993 e 2012. \*\*:  $p < 0,01$ ; <sup>ns</sup>: Não significativo.



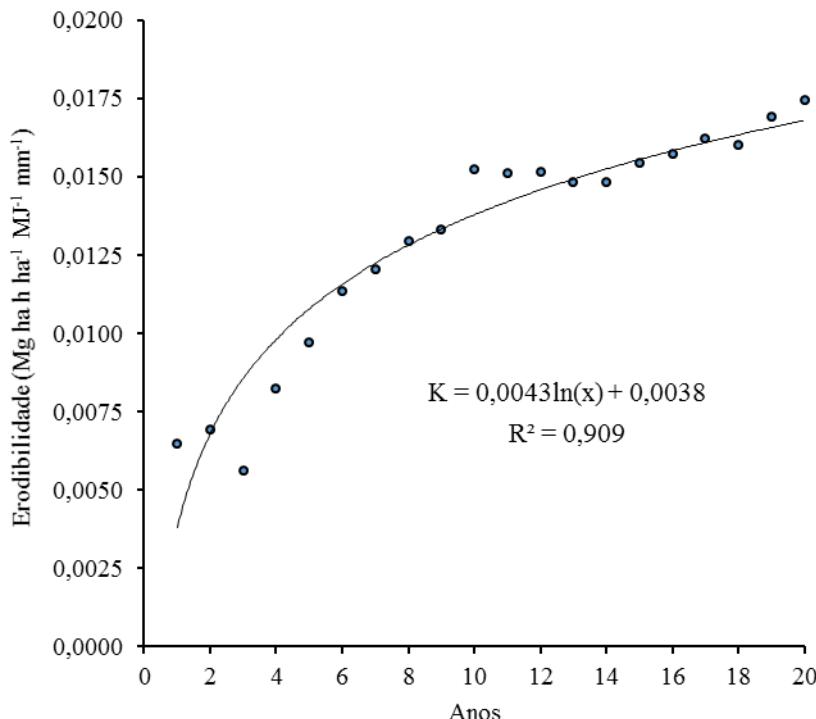
Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico 7 - Distribuição mensal da relação entre os valores mensais médios e o valor médio anual, expressos em porcentagem (a: erodibilidade do solo e perda de solo; b: erodibilidade do solo e precipitação) e relação entre esses fatores, em Lages – SC, entre 1993 e 2012. \*\*:  $p < 0,01$ ; ns: Não significativo.



Fonte: Produção do próprio autor

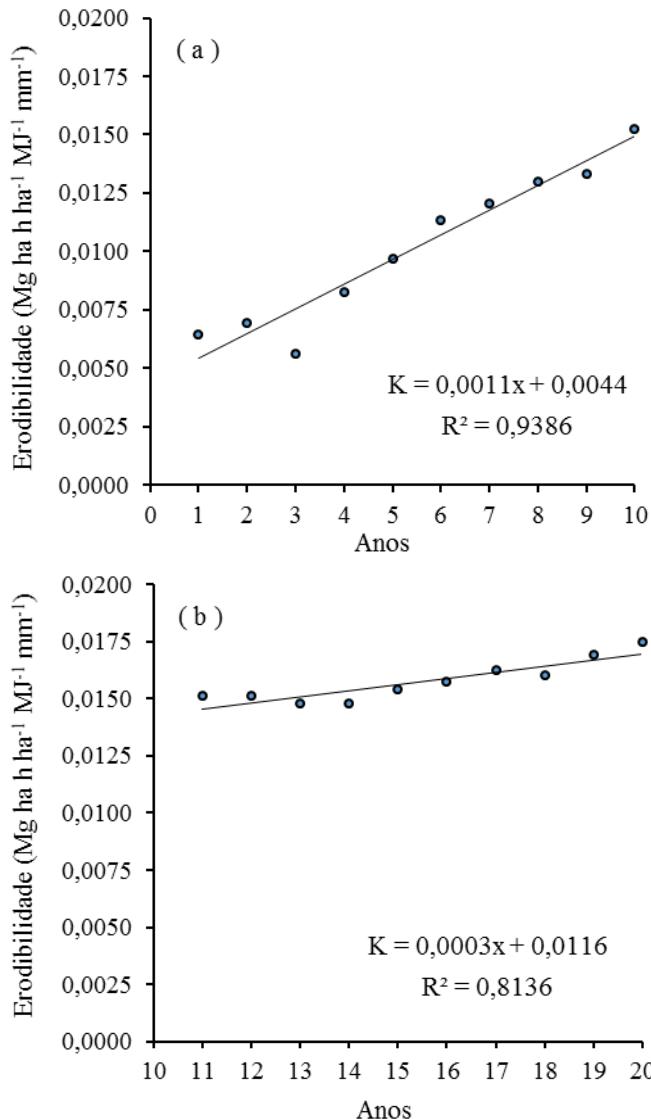
Gráfico 8 – Erodibilidade do solo em função do número de anos observados em Cambissolo Húmico em Lages - SC.



Fonte: Produção do próprio autor.

Os resultados observados nos Gráficos 8 e 9, novamente respaldam o que é pontuado em Wischmeier & Smith (1965) e em Wischmeier (1976). Estes autores recomendam que o início da avaliação dos dados de perda de solo deve ser após um período mínimo de 2 anos com o solo manejado sob a condição padrão, definindo, assim, que o fator K deve contemplar 20 anos consecutivos de registro de dados de perda de solo e de erosividade das chuvas.

Gráfico 9 – Erodibilidade do solo em função do número de anos observados em Cambissolo Húmico em Lages – SC: a) do 1º ao 10º ano de observação; b) do 11º ao 20º ano de observação.



Fonte: Produção do próprio autor.

### 2.3.3 Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo

Em função do número de eventos erosivos quantificados (795), os quais foram avaliados em quatro diferentes tratamentos, com duas repetições por tratamento, optou-se pela discussão dos dados agrupados por anos, cultivos (individuais e por estações), e ainda pelos dados médios mensais.

As Tabelas 18 e 19 apresentam as perdas de solo e água nos diferentes tratamentos avaliados, agrupadas de acordo com os anos agrícolas aos quais pertenciam.

Os resultados anuais de perdas de solo e água variaram amplamente entre os anos em todos os tratamentos, com coeficientes de variação superiores à precipitação e erosividade (Tabelas 18 e 19). Tal fato era em parte esperado, dadas às variações existentes entre os anos nos padrões de precipitação, intervalos de ocorrência entre chuvas, umidade antecedente do solo, tipo e estágio das culturas, etc. Comportamento semelhante nos resultados também foi observado por diversos autores (HERNANI et al., 1997; SCHICK et al., 2000; COGO et al., 2003; BEUTLER et al., 2003; SILVA et al., 2009) e é o principal motivo pelo qual Wischmeier & Smith (1978) recomendam a condução de experimentos de campo por longos períodos, de forma a obter dados confiáveis em relação ao manejo do solo.

Entre os sistemas de uso e manejo avaliados, o tratamento solo sem cobertura (SSC) apresentou em todos os anos, as maiores perdas de solo, com média anual de 85,29 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 18). Esse comportamento também era esperado, pois o manejo nesse tratamento foi realizado de modo a potencializar o efeito da erosão hídrica, como preconizado para a parcela padrão da USLE (WISCHMEIER & SMITH, 1978). O impacto direto das gotas de chuva sobre o solo descoberto provocou a desagregação das suas partículas, obstruindo os poros e formando um selo superficial de baixa permeabilidade, que dificultou a infiltração de água, aumentou a velocidade do escoamento superficial e intensificou o processo erosivo do solo (DULEY, 1939). O efeito integrado das gotas de chuva e a turbulência causada pela velocidade do escoamento superficial da água atuaram como fonte de energia no processo erosivo (WISCHMEIER & SMITH, 1958), refletindo-se no aumento das perdas de solo (BERTONI & PASTANA, 1964).

Tabela 18 - Precipitação, erosividade e perdas de solo anuais (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.

Ano	Precipitação mm	Erosividade MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	Perda de solo			
			SSC	PC	PR	SD
1993	1.017	4.975	32,15	1,42	1,17	0,75
1994	1.385	5.346	39,96	5,69	2,76	0,69
1995	870	2.739	6,53	1,03	1,27	0,37
1996	1.470	6.051	79,83	5,23	3,52	0,83
1997	1.727	7.092	97,01	8,66	4,54	2,99
1998	1.785	6.837	121,41	10,50	6,28	2,53
1999	1.235	3.588	71,61	6,08	2,77	0,75
2000	1.395	5.595	108,97	9,23	1,86	0,42
2001	1.494	5.089	79,33	4,33	1,40	0,77
2002	1.282	4.735	98,25	1,51	0,99	0,46
2003	979	5.036	133,32	34,10	2,64	0,75
2004	1.207	4.446	66,44	1,81	1,09	0,35
2005	1.446	4.156	41,82	4,37	1,69	0,85
2006	739	2.411	39,83	2,17	0,31	0,16
2007	1.510	4.318	105,08	2,54	0,70	0,44
2008	1.378	4.601	94,11	8,72	1,29	0,51
2009	1.421	4.301	117,71	3,89	1,46	0,82
2010	1.541	5.562	68,91	2,45	1,11	0,60
2011	2.030	7.396	193,93	12,99	2,08	1,11
2012	1.075	3.389	109,56	1,45	1,00	0,32
Total	26.985	97.662	1.705,7	128,17	39,93	16,45
Média	1.349	4.883	85,29	6,41	2,00	0,82
DP	314	1.332	42,49	7,38	1,44	0,70
CV (%)	23	27	50	115	72	86

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 19 - Precipitação, erosividade e perdas de água anuais (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.

Ano	Precipitação mm	Erosividade MJ mm $ha^{-1} h^{-1}$	Perda de água			
			SSC	PC	PR	SD
1993	1.017	4.975	129	82	69	64
1994	1.385	5.346	300	147	96	44
1995	870	2.739	81	21	16	5
1996	1.470	6.051	266	101	69	18
1997	1.727	7.092	628	379	218	108
1998	1.785	6.837	740	521	268	138
1999	1.235	3.588	372	159	97	17
2000	1.395	5.595	431	308	170	61
2001	1.494	5.089	595	456	251	170
2002	1.282	4.735	440	224	166	84
2003	979	5.036	395	218	171	60
2004	1.207	4.446	450	208	147	80
2005	1.446	4.156	765	510	301	165
2006	739	2.411	171	81	43	33
2007	1.510	4.318	709	367	225	137
2008	1.378	4.601	693	505	290	154
2009	1.421	4.301	712	560	353	243
2010	1.541	5.562	844	655	425	318
2011	2.030	7.396	1140	846	605	498
2012	1.075	3.389	386	196	141	90
Total	26.985	97.662	10.246	6.543	4.123	2.485
Média	1.349	4.883	512	327	206	124
DP	314	1.332	269	222	143	118
CV (%)	23	27	52	68	69	95

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

A perda média anual de 85,29 Mg ha<sup>-1</sup> no tratamento SSC foi obtida sob erosividade média anual de 4.883 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (Tabela 18). Para a mesma condição de uso e manejo, Silva et al. (2009) em Lavras (MG), obtiveram perdas anuais de 175,4 Mg ha<sup>-1</sup>, para um Cambissolo Háplico submetido à erosividade anual média de 4.865 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Beutler et al. (2003) em Chapecó (SC), verificaram perdas anuais de 71,16 Mg ha<sup>-1</sup> para um Latossolo Vermelho, com erosividade média anual de 11.005 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Esses dados demonstram a importância da realização de estudos sobre o comportamento da erosão hídrica em diferentes solos e locais.

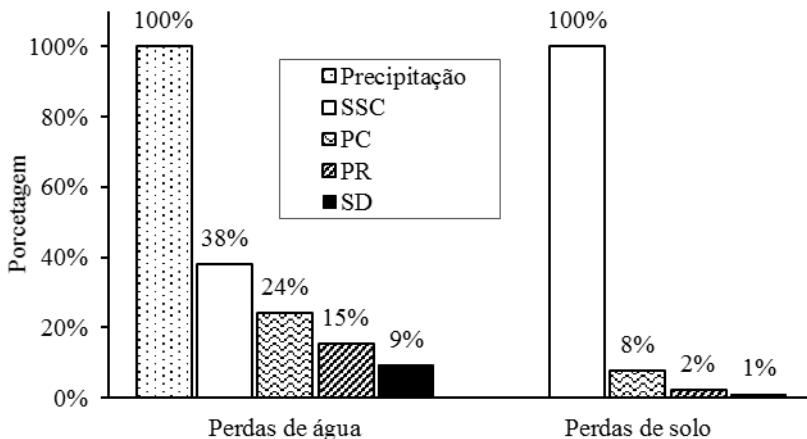
Bertol & Almeida (2000) estabeleceram para o solo em questão, o limite de tolerância de perda de solo de 9,6 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os valores anuais observados para o solo sem cobertura (Tabela 18) extrapolam esse limite em nove vezes. Ao longo dos 20 anos avaliados, perdeu-se um total de 1.705,76 Mg ha<sup>-1</sup> de solo, o que demonstra a total inviabilidade dessa condição em relação à sustentabilidade do solo.

A importância da cobertura vegetal torna-se evidente quando se compara a perda média do tratamento SSC em relação ao tratamento preparo convencional (PC) (Tabela 18), que basicamente diferiram pela presença de culturas. O tratamento PC promoveu redução de 92 % na perda média de solo observada no SSC (Gráfico 10). Bertol & Miquelluti (1993), Veiga (1995) e Beutler et al. (2003) observaram reduções nas perdas de solo de 85, 79 e 98 % promovidas pelo tratamento PC em relação ao tratamento SSC. Este comportamento é explicado pela proteção dada ao solo pelas culturas utilizadas no tratamento PC, as quais, juntamente com os resíduos remanescentes (Tabela 20), protegeram a superfície do impacto direto das gotas das chuvas e serviram como barreiras à enxurrada. Também as raízes, juntamente com a ação biológica de microorganismos, provavelmente, aumentaram a resistência do solo à ação da enxurrada.

A perda média anual de 6,41 Mg ha<sup>-1</sup> no tratamento PC (Tabela 18) foi inferior ao limite estabelecido por Bertol & Almeida (2000), comprovando a afirmação de Foster (1982), segundo o qual a incorporação ao solo de grandes quantidades de resíduos culturais (Tabelas 21 e 22) pode reduzir as perdas de solo nos preparamos mais intensos. Assim, é possível que sistemas de preparo do solo relativamente mais intensos apresentem perdas de solo relativamente baixas, como constatado por Bertol (1994c), Hernani et al. (1997), Merten (1997) e Beutler et al. (2003). Destaca-se ainda o caráter húmico

do solo em questão, favorecendo suas propriedades físicas e contribuindo para a minimização de suas perdas de solo.

Gráfico 10 - Percentual de perdas de água e solo em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo (média de 20 anos), em Lages - SC.



SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

A perda média de solo observada no tratamento PC foi 3,2 e 7,8 vezes maior do que as verificadas no preparo reduzido (PR) e semeadura direta (SD), respectivamente (Tabela 18), o que também foi observado por Dedecek et al. (1986), Bertol et al., (1997) e Schick et al. (2000), sendo explicadas pelo distinto grau de mobilização do solo ocasionado pelos diferentes preparos. À medida que aumentou a intensidade do preparo, diminuíram a cobertura do solo (Tabela 20) e possivelmente a rugosidade superficial (BURWELL et al., 1963). Isto aumentou a quantidade de partículas prontamente disponíveis para o transporte e a suscetibilidade do solo à erosão em sulcos pela enxurrada (COGO, 1981).

Tabela 20: Cobertura do solo remanescente ao preparo e semeadura em diferentes sistemas de manejo do solo (média de 2 repetições).

Cultivo	Cultura	Cobertura do solo (%)			
		SSC	PC	PR	SD
1	Soja	0	...	...	...
2	Trigo	0	...	...	...
3	Feijão preto	0	...	...	...
4	Ervilhaca comum	0	...	...	...
5	Milho	0	...	...	...
6	Ervilhaca comum	0	...	...	...
7	Soja	0	21	76	98
8	Trigo	0	...	...	...
9	Feijão preto	0	...	...	...
10	Nabo Forrageiro	0	...	...	...
11	Milho	0	35	75	95
12	Aveia preta	0	5	77	96
13	Soja	0	10	72	97
14	Trigo	0	2	44	98
15	Feijão preto	0	23	85	95
16	Ervilhaca comum	0	0	30	95
17	Milho	0	3	28	95
18	Aveia preta	0	21	86	95
19	Soja	0	51	79	95
20	Nabo Forrageiro	0	10	36	89
21	Feijão preto	0	10	52	100
22	Ervilhaca comum	0	0	40	95
23	Milho	0	...	...	...
24	Aveia preta	0	...	...	...
25	Soja	0	...	...	...
26	Trigo	0	...	...	...
27	Feijão preto	0	...	...	...
28	Ervilhaca comum	0	...	...	...
29	Milho	0	8	65	95
30	Aveia preta	0	10	65	98
31	Soja	0	...	...	...
32	Nabo Forrageiro	0	5	75	100
33	Feijão preto	0	15	70	100
34	Ervilhaca comum	0	...	...	...
35	Milho	0	5	64	95
36	Aveia preta	0	10	65	90
37	Soja	0	16	48	100
38	Nabo Forrageiro	0	...	...	...
39	Feijão preto	0	0	64	95
40	Ervilhaca comum	0	5	15	75
Média		0	12	60	95

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta; (...): não disponível.

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 21: Produção de matéria seca pelas culturas em diferentes sistemas de manejo do solo (média de 2 repetições).

Cultivo	Cultura	Produção de matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )			
		SSC	PC	PR	SD
1	Soja	0	...	...	...
2	Trigo	0	...	...	...
3	Feijão preto	0	...	...	...
4	Ervilhaca comum	0	...	...	...
5	Milho	0	6.877	6.558	7.638
6	Ervilhaca comum	0	2.233	1.774	2.078
7	Soja	0	...	...	...
8	Trigo	0	...	...	...
9	Feijão preto	0	...	...	...
10	Nabo Forrageiro	0	9.916	7.416	7.525
11	Milho	0	...	...	...
12	Aveia preta	0	5.054	4.333	5.062
13	Soja	0	4.000	4.000	4.000
14	Trigo	0	6.700	9.400	9.400
15	Feijão preto	0	5.000	5.000	5.000
16	Ervilhaca comum	0	2.800	3.000	3.000
17	Milho	0	6.667	9.375	8.125
18	Aveia preta	0	6.900	6.600	7.300
19	Soja	0	...	...	...
20	Nabo Forrageiro	0	4.000	5.000	5.850
21	Feijão preto	0	2.000	2.000	2.000
22	Ervilhaca comum	0	...	...	...
23	Milho	0	...	...	...
24	Aveia preta	0	3.500	5.300	5.250
25	Soja	0	1.350	1.200	1.350
26	Trigo	0	...	...	...
27	Feijão preto	0	2.347	4.502	4.611
28	Ervilhaca comum	0	...	...	...
29	Milho	0	10.000	10.000	10.000
30	Aveia preta	0	8.000	10.000	9.500
31	Soja	0	...	...	...
32	Nabo Forrageiro	0	4.000	5.000	5.000
33	Feijão preto	0	2.015	3.380	1.965
34	Ervilhaca comum	0	...	...	...
35	Milho	0	8.000	11.500	11.000
36	Aveia preta	0	5.000	6.000	6.000
37	Soja	0	4.000	4.000	4.000
38	Nabo Forrageiro	0	2.000	6.300	6.000
39	Feijão preto	0	...	...	...
40	Ervilhaca comum	0	...	...	...
Média		0	4.885	5.723	5.724

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta; (...): não disponível.

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 22: Produção de grãos pelas culturas em diferentes sistemas de manejo do solo (média de 2 repetições).

Cultivo	Cultura	Produção de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
		SSC	PC	PR	SD
1	Soja	0	...	...	...
2	Trigo	0	2.922	2.415	2.857
3	Feijão preto	0	1.426	1.970	2.190
4	Ervilhaca	0	...	...	...
5	Milho	0	3.174	3.555	3.423
6	Ervilhaca	0	...	...	...
7	Soja	0	...	...	...
8	Trigo	0	...	...	...
9	Feijão preto	0	2.927	2.769	2.435
10	Nabo Forrageiro	0	...	...	...
11	Milho	0	6.353	5.931	5.398
12	Aveia preta	0	...	...	...
13	Soja	0	2.958	3.366	2.772
14	Trigo	0	...	...	...
15	Feijão preto	0	1.980	1.980	1.980
16	Ervilhaca	0	...	...	...
17	Milho	0	6.375	13.390	9.824
18	Aveia preta	0	...	...	...
19	Soja	0	2.022	3.040	1.829
20	Nabo Forrageiro	0	...	...	...
21	Feijão preto	0	2.226	2.675	2.356
22	Ervilhaca	0	...	...	...
23	Milho	0	3.164	4.237	3.817
24	Aveia preta	0	...	...	...
25	Soja	0	...	...	...
26	Trigo	0	811	285	747
27	Feijão preto	0	3.350	3.143	3.194
28	Ervilhaca	0	...	...	...
29	Milho	0	8.018	10.308	8.299
30	Aveia preta	0	...	...	...
31	Soja	0	2.619	2.818	2.862
32	Nabo Forrageiro	0	...	...	...
33	Feijão preto	0	2.082	3.140	1.736
34	Ervilhaca	0	...	...	...
35	Milho	0	8.057	10.764	10.819
36	Aveia preta	0	...	...	...
37	Soja	0	3.524	5.351	4.910
38	Nabo Forrageiro	0	...	...	...
39	Feijão preto	0	1.228	2.216	2.423
40	Ervilhaca	0	...	...	...
Média		0	3.432	4.387	3.888

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta; (...): não disponível.

Fonte: Produção do próprio autor.

O tratamento PR apresentou desempenho intermediário no controle da erosão hídrica em relação ao PC e a SD (Tabela 18), o que corrobora com os dados obtidos por Hernani et al. (1997), Schick et al. (2000), Mello et al. (2003), e Amaral et al. (2008). A perda média anual de solo neste tratamento foi de  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Esse valor representa 98 e 69 % de redução nas perdas de solo observadas nos tratamentos SSC e PC, respectivamente. Tal comportamento é explicado pela reduzida mobilização do solo neste tratamento, que além de manter considerável porcentagem de cobertura do solo (Tabela 20), diminuindo a ação da erosividade, promove o rompimento de camadas compactadas e deixa elevada rugosidade na superfície do solo (GILLES et al., 2009), favorecendo a infiltração.

O tratamento SD apresentou o melhor desempenho no controle das perdas de solo (Tabela 18), o que também foi verificado por diversos autores (HERNANI et al., 1997; SCHICK et al., 2000; BEUTLER et al., 2003; COGO et al., 2003; MELLO et al., 2003). A perda média observada no tratamento SD representou aproximadamente 1, 13 e 41 % das perdas observadas nos tratamentos SSC, PC e PR (Tabela 18 e Gráfico 10). Esse comportamento, no caso da SD, pode ser atribuído à mínima mobilização do solo, dada à ausência de preparo do solo. Isto promoveu elevada cobertura do solo (Tabela 20), proteção da superfície contra a energia cinética do impacto das gotas de chuva e do escoamento superficial, presença de barreira física diminuindo a velocidade de escoamento e arraste de partículas, e manutenção ou melhoria das propriedades físicas de superfície e subsuperfície. Essas características diminuíram o arraste de partículas e favoreceram a manutenção da infiltração, diminuindo as perdas de água (Tabela 19) e solo (Tabela 18).

A semeadura direta, apesar da baixa rugosidade superficial do solo, normalmente presente nesse sistema de manejo (COGO, 1981; BERTOL et al., 1997), possibilita o ancoramento dos resíduos nas soqueiras das culturas. Dissmeyer & Foster (1981) afirmaram que esse sistema de manejo ainda promove o aumento da consolidação superficial do solo, o que contribui para a diminuição da erosão hídrica.

Schick et al. (2000), trabalhando na mesma área experimental com dados provenientes de 6 anos de cultivo, verificaram valores de perdas de solo de 70,07; 4,66; 3,14 e  $1,49 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para os tratamentos SSC, PC, PR e SD, respectivamente. Os valores observados no presente trabalho (85,29; 6,41; 2 e  $0,82 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (Tabela 18), para os mesmos tratamentos, porém com 20 anos de cultivo,

demonstram relativa proporcionalidade entre os dados dos trabalhos, porém a variação existente entre os mesmos mostra a importância de médias históricas longas para a obtenção de dados confiáveis e com menor efeito de variações climáticas pontuais.

O efeito dos períodos de avaliação na determinação das perdas médias anuais de solo, nos tratamentos avaliados, é observado nos Gráficos 11 e 12.

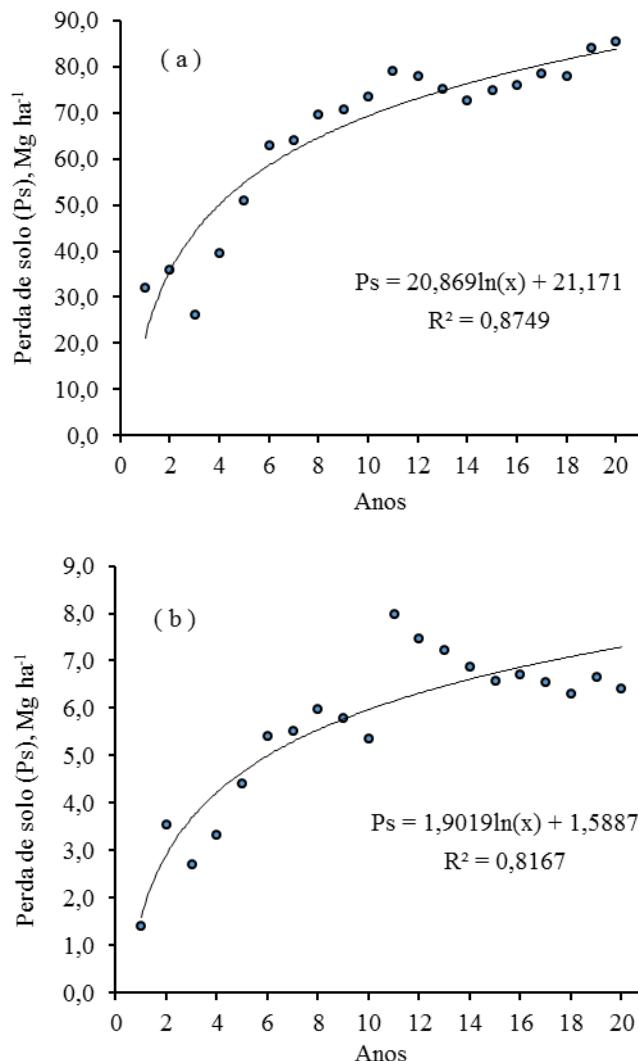
Os tratamentos SSC e PC apresentaram perdas médias anuais de solo crescentes ao longo do período avaliado, porém com maiores incrementos até o 11º ano de avaliação (Gráfico 11), após esse período, os incrementos nas taxas de perdas de solo foram menores. Comportamento semelhante foi observado na erodibilidade anual em função do número de anos de avaliação (Gráfico 8), e confirma a relação existente entre a erodibilidade do solo e as perdas de solo nos tratamentos PC e SSC, os quais apresentavam pouca ou nenhuma cobertura de solo (Tabela 20).

Nos preparamos conservacionistas (PR e SD), as perdas médias anuais de solo apresentaram incremento até o 6º ano de avaliação (Gráfico 12), dadas às modificações originadas no solo pelo cultivo. Entretanto, após esse período, diminuíram, possivelmente pela recuperação da estrutura do solo, e tenderam a estabilizar após o 15º ano de avaliação.

As perdas médias anuais de solo dos tratamentos PC, PR e SD, com 6,41; 2; e 0,82 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, foram todas inferiores ao limite estabelecido por Bertol & Almeida (2000) para o solo em questão. Entretanto é importante a observação de Cogo et al. (2003) de que é comum a realização de cultivos em declividades e comprimentos de rampa superiores ao realizado neste estudo (9 % e 22,1 m, respectivamente), o que pode acarretar perdas superiores ao limite estabelecido. De acordo com Zingg (1940), a perda de solo por unidade de área varia com as potências 1,4 e 0,6 do grau do declive e do comprimento de rampa, respectivamente.

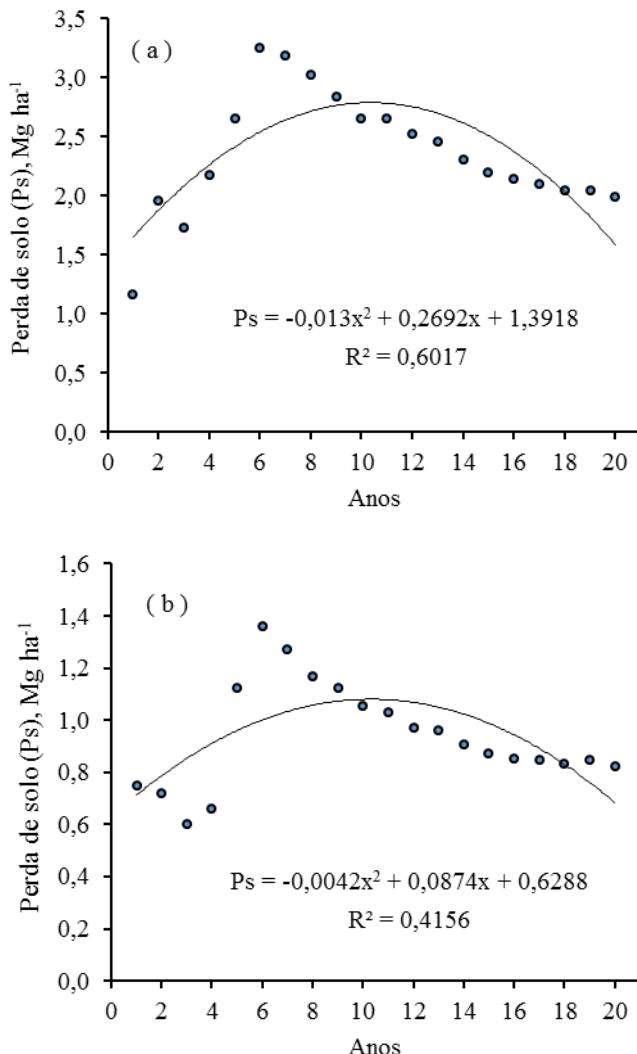
Também é importante salientar que a tolerância média de perda de solo sugerida por Bertol & Almeida (2000) atende apenas ao critério da manutenção da capacidade produtiva do solo por meio da preservação da sua profundidade, não atendendo, no entanto, ao critério da contaminação ambiental ocasionada pela erosão fora do seu local de sua origem.

Gráfico 11 – Perdas médias anuais de solo em função do número de anos observados, em diferentes sistemas de manejo, em Cambissolo Húmico em Lages – SC: a) solo sem cobertura; b) preparo convencional.



Fonte: Produção do próprio autor

Gráfico 12 – Perdas médias anuais de solo em função do número de anos observados, em diferentes sistemas de manejo, em Cambissolo Húmico em Lages – SC: a) preparo reduzido; b) semeadura direta.



Fonte: Produção do próprio autor

As perdas anuais de água nos diferentes tratamentos avaliados são apresentadas na Tabela 19. Da mesma forma que as perdas anuais de solo (Tabela 18), as perdas anuais de água variaram amplamente entre os anos e em todos os tratamentos (Tabela 19). Esse comportamento, assim como nas perdas de solo, é explicado pelas variações existentes entre os anos em relação aos padrões de precipitação, intervalos de ocorrência entre chuvas, umidade antecedente do solo, tipo e estágio das culturas, etc. Hernani et al. (1997); Schick et al. (2000); Cogo et al. (2003) e Beutler et al. (2003) também observaram essas variações.

O tratamento SSC apresentou as maiores perdas de água em todos os anos avaliados, com uma perda média anual de 512 mm (Tabela 19), que representa aproximadamente 38 % da precipitação média anual (Gráfico 10). Tal comportamento é explicado em função do intenso preparo do solo realizado neste tratamento, que favorece a desagregação do mesmo, aliado a ausência de cobertura vegetal, que por sua vez favorece a ação desagregante do impacto da gota e do escoamento superficial. Como a desagregação é aumentada, o selamento superficial também é favorecido, proporcionando a diminuição da infiltração de água no solo e consequente aumento no volume e velocidade da enxurrada.

A utilização do PC promoveu uma redução de 36 % nas perdas de água observadas no tratamento SSC (Tabela 19), basicamente em função do efeito proporcionado pelas culturas utilizadas e seus respectivos resíduos, em relação ao impacto das gotas de chuva, escoamento superficial e propriedades físicas do solo. Entretanto, a perda média anual no tratamento PC foi de 327 mm ano<sup>-1</sup> (Tabela 19), o que ainda representou 24 % da precipitação média anual (Gráfico 10).

Observa-se (Gráfico 10 e Tabela 20), da mesma forma que nas perdas de solo, que à medida que se diminuiu a intensidade do preparo do solo e aumentou a porcentagem de cobertura do solo, ocorreu a diminuição das perdas de água, o que também foi verificado por diversos autores (BERTOL et al., 1997; HERNANI et al., 1997; SCHICK et al., 2000; BEUTLER et al., 2003; MELLO et al., 2003; LEITE et al., 2004; BERTOL et al., 2008b; PANACHUKI et al., 2011). Esse comportamento é explicado pela manutenção da capacidade de infiltração de água, promovida pela menor desagregação do solo, quando da diminuição da intensidade de preparo, bem como pela proteção do solo do impacto das gotas de chuva e escoamento superficial, promovido pela cobertura vegetal. Ainda, é muito provável a

contribuição para a estrutura do solo do aporte de resíduos orgânicos e a atividade dos microrganismos.

Os tratamentos conservacionistas (PR e SD), caracterizados pela baixa ou mínima mobilização do solo e pela presença de elevada quantidade e porcentagem de cobertura do solo (Tabelas 17 e 16), apresentaram as menores perdas de água entre os tratamentos avaliados (Tabela 19). Na média dos anos avaliados, os tratamentos PR e a SD perderam 206 e 124 mm  $\text{ano}^{-1}$ , respectivamente, perdas estas que representaram reduções de 60 e 76 % (respectivamente), em relação ao tratamento SSC.

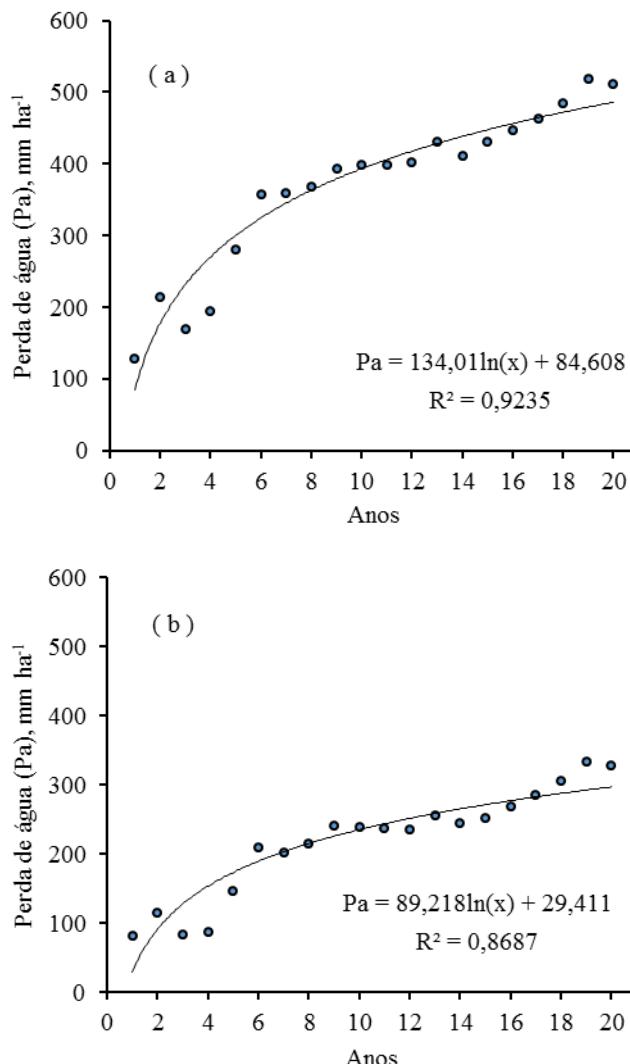
O tratamento SD, em consonância com a menor mobilização e maior cobertura do solo presente neste tratamento (Tabela 20), apresentou as menores perdas de água em todos os anos avaliados, o que também foi verificado por diversos outros autores (BERTOL et al., 1997; HERNANI et al., 1997; SCHICK et al., 2000; BEUTLER et al., 2003; MELLO et al., 2003; LEITE et al., 2004). A perda média de água no tratamento SD (Tabela 19) representou apenas 9 % da precipitação média anual (Gráfico 10), e representou 24, 38 e 60 % das perdas verificadas nos tratamentos SSC, PC e PR, respectivamente.

O tratamento SD ao apresentar a melhor eficiência no controle das perdas de água (Tabela 19), também garantiu uma fonte adicional de água às culturas, quando comparado aos outros tratamentos. A diferença média entre o tratamento PC e a SD foi de 203 mm  $\text{ano}^{-1}$ , o que equivale a 15 % da precipitação anual e certamente representa um importante diferencial.

As perdas de água (Tabela 19), em geral, seguiram a mesma tendência das perdas de solo (Tabela 18), porém as reduções foram menores do que aquelas observadas nas perdas de solo, o que também foi verificado por Bertol (1994c), Bertol et al. (1997), Schick et al. (2000), Cogo et al. (2003), Mello et al. (2003) e Amaral et al. (2008). A menor influência dos sistemas de manejo do solo na redução das perdas de água, comparada com a redução das perdas de solo, é explicada pelo fato de que todos os solos possuem um limite de capacidade de absorção e armazenamento de água. Ultrapassado esse limite, o excesso de água da chuva escoa sobre o terreno, praticamente igualando o efeito dos diferentes sistemas de manejo no que tange à sua eficácia de controle das perdas de água por erosão (KOHNKE, 1968).

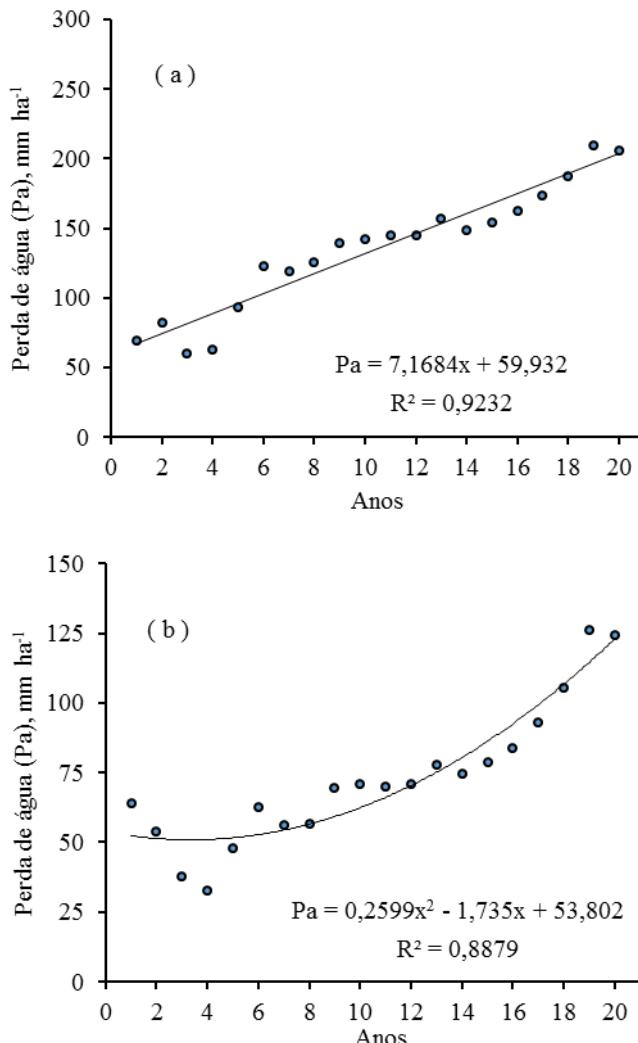
O efeito do período de avaliação na determinação das perdas médias anuais de água, nos tratamentos avaliados, pode ser observado nos Gráficos 13 e 14.

Gráfico 13 – Perdas médias anuais de água em função do número de anos observados, em diferentes sistemas de manejo, em Cambissolo Húmico em Lages – SC: a) solo sem cobertura; b) preparo convencional.



Fonte: Produção do próprio autor

Gráfico 14 – Perdas médias anuais de água em função do número de anos observados, em diferentes sistemas de manejo, em Cambissolo Húmico em Lages – SC: a) preparo reduzido; b) semeadura direta.



Fonte: Produção do próprio autor

As perdas de água dos tratamentos SSC e PC (Gráfico 13) apresentaram comportamento semelhante às perdas de solo observadas nestes tratamentos (Gráfico 11), com perdas crescentes ao longo do período avaliado, porém com maior incremento no período inicial e menor no final. No caso dos tratamentos PR e SD (Gráfico 14), também se observaram perdas de água crescentes ao longo do período avaliado, porém com incrementos relativamente constantes para o PR e maiores nos últimos anos, no caso da SD.

Os resultados de perdas de solo e água agrupados pelos cultivos realizados (Tabelas 23 e 24) novamente mostraram ampla variação entre todos os cultivos e em todos os tratamentos, com variações superiores às observadas nos dados anuais (Tabelas 18 e 19). Esse comportamento também era esperado, pois além do aumento no número de observações, as variações típicas nos padrões de precipitação, intervalos de ocorrência entre chuvas, umidade antecedente do solo, tipo e estágio das culturas, entre outras, se tornaram ainda mais evidentes.

Tabela 23 - Precipitação, erosividade e perdas de solo por cultivo (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages - SC.

(continua)

Cultivo	Precipitação	Erosividade	Perda de solo		
			SSC	PC	Mg ha <sup>-1</sup>
	mm	MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>			
1	415	2.221	2,77	0,11	0,05
2	602	2.754	29,39	1,31	1,11
3	946	4.175	35,75	5,48	2,49
4	438	1.171	4,21	0,21	0,27
5	529	1.841	4,47	0,68	0,99
6	340	898	2,06	0,35	0,28
7	769	4.705	73,21	2,75	1,98
8	701	1.346	6,62	2,49	1,54
9	668	3.907	72,94	1,58	0,52
10	1.059	3.185	24,06	7,07	4,02
11	950	4.743	99,24	8,35	4,18
12	835	2.094	22,17	2,14	2,10
13	610	2.240	59,45	1,53	0,43
14	625	1.348	12,16	4,55	2,34
15	550	2.323	17,07	0,25	0,17
16	845	3.272	91,90	8,98	1,69
17	866	3.514	62,69	1,91	0,67
					0,21

Tabela 23 - Precipitação, erosividade e perdas de solo por cultivo (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages - SC.

(conclusão)

Cultivo	Precipitação mm	Erosividade MJ mm ha <sup>-1</sup>	Perda de solo Mg ha <sup>-1</sup>			SD
			SSC	PC	PR	
17	866	3.514	62,69	1,91	0,67	0,21
18	628	1.575	16,64	2,43	0,73	0,56
19	578	2.531	33,28	0,44	0,21	0,11
20	704	2.204	64,97	1,08	0,78	0,35
21	677	4.164	132,07	33,80	2,42	0,70
22	301	872	1,25	0,30	0,22	0,05
23	585	2.371	41,29	0,61	0,53	0,12
24	622	2.075	25,15	1,19	0,56	0,23
25	461	1.687	10,18	0,27	0,15	0,05
26	985	2.470	31,64	4,11	1,54	0,80
27	406	1.789	34,53	1,70	0,10	0,06
28	333	621	5,30	0,47	0,20	0,10
29	659	2.716	57,93	0,68	0,12	0,08
30	851	1.603	47,15	1,86	0,58	0,36
31	605	3.037	76,27	6,88	0,31	0,13
32	773	1.565	17,85	1,83	0,98	0,37
33	380	1.486	41,71	0,59	0,12	0,08
34	1.041	2.815	76,00	3,31	1,34	0,73
35	742	3.146	43,25	0,83	0,38	0,16
36	799	2.417	25,66	1,62	0,73	0,44
37	932	4.964	118,44	6,60	0,79	0,35
38	1.098	2.431	75,49	6,39	1,29	0,75
39	484	2.172	104,00	1,24	0,79	0,22
21	677	4.164	132,07	33,80	2,42	0,70
40	591	1.217	5,55	0,21	0,21	0,10
Total	26.985	97.662	1.705,76	128,17	39,93	16,45
Média	675	2.442	42,64	3,20	1,00	0,41
DP	212	1.099	34,90	5,54	1,00	0,50
CV (%)	31	45	82	173	101	121

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 24 - Precipitação, erosividade e perdas de água por cultivo (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages - SC.

(continua)

Cultivo	Precipitação mm	Erosividade MJ mm $ha^{-1} h^{-1}$	Perda de água			
			SSC	PC	PR	SD
1	415	2.221	13	3	2	1
2	602	2.754	116	79	67	62
3	946	4.175	248	129	80	36
4	438	1.171	52	18	16	8
5	529	1.841	21	5	6	3
6	340	898	60	16	10	3
7	769	4.705	170	53	37	8
8	701	1.346	97	48	32	10
9	668	3.907	230	144	110	44
10	1.059	3.185	397	235	108	65
11	950	4.743	368	300	128	65
12	835	2.094	372	221	140	72
13	610	2.240	172	50	25	5
14	625	1.348	201	109	72	11
15	550	2.323	61	16	16	4
16	845	3.272	370	292	154	57
17	866	3.514	299	195	81	28
18	628	1.575	296	262	169	142
19	578	2.531	179	86	68	22
20	704	2.204	261	138	98	62
21	677	4.164	337	200	157	58
22	301	872	58	18	14	2
23	585	2.371	171	38	39	9
24	622	2.075	279	169	108	71
25	461	1.687	130	55	17	4
26	985	2.470	635	455	285	161
27	406	1.789	81	14	4	4
28	333	621	90	67	39	29
29	659	2.716	208	88	26	26
30	851	1.603	501	279	199	111
31	605	3.037	284	162	72	33
32	773	1.565	409	342	219	121
33	380	1.486	183	97	26	15
34	1.041	2.815	529	463	327	228
35	742	3.146	377	237	120	60

Tabela 24 - Precipitação, erosividade e perdas de água por cultivo (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages - SC.  
(conclusão)

Cultivo	Precipitação	Erosividade	Perda de água			
			SSC	PC	PR	SD
	mm	MJ mm $ha^{-1} h^{-1}$	-----	mm	-----	-----
36	799	2.417	467	418	305	258
37	932	4.964	523	357	197	127
38	1.098	2.431	617	488	409	371
39	484	2.172	190	96	48	47
40	591	1.217	196	100	93	42
Total	26.985	97.662	10.246	6.543	4.123	2.485
Média	675	2.442	256	164	103	62
DP	212	1.099	166	140	98	78
CV (%)	31	45	65	85	95	126

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

As perdas de solo e água por cultivos nos diferentes tratamentos avaliados, porém agrupadas de acordo com os cultivos de primavera/verão e outono/inverno, são apresentadas nas Tabelas 25 e 26. Em comparação aos dados anuais e por cultivos (Tabelas 18, 19, 23 e 24), não houve alteração no padrão geral dos tratamentos em relação às perdas de solo e água. Houve, entretanto, um comportamento diferenciado dos tratamentos e entre os tratamentos, nos cultivos de primavera/verão e outono/inverno, em relação às perdas de solo e água.

Embora os volumes precipitados entre os cultivos de primavera/verão e outono/inverno tenham sido relativamente uniformes (Tabela 25), esse comportamento não foi observado em relação às erosividades. Em média, 61 % da erosividade anual se concentrou no período de primavera/verão (Gráfico 15).

As perdas de solo nos tratamentos SSC e PC, apresentaram comportamento muito semelhante ao da erosividade, com maiores concentrações nos cultivos de primavera/verão (Tabela 25 e Gráfico 15). Esse comportamento pode ser explicado pelo elevado grau de mobilização do solo nestes tratamentos e a pouca ou nenhuma cobertura do solo, permitindo maior efeito da erosividade das chuvas, a qual

representou o potencial combinado do impacto das gotas de chuva e escoamento superficial em causar erosão hídrica (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Nos tratamentos com preparamos conservacionistas (PR e SD) as perdas de solo apresentaram uma inversão do comportamento observado nos tratamentos com preparamos intensivos, com as maiores perdas ocorrendo nos períodos de outono/inverno (Tabela 25 e Gráfico 15). Esse desempenho foi ainda mais acentuado a medida que diminuiu-se a mobilização do solo e aumentou-se a cobertura do solo (Gráfico 15 e Tabela 20). Como o volume precipitado foi semelhante nos dois períodos, esse comportamento pode ser explicado em parte pela menor ação da erosividade nos tratamentos PR e SD, os quais possuem elevada cobertura do solo (Tabela 20), prevalecendo então a influência das perdas de água, maiores nesse período (Tabela 26 e Gráfico 16), sobretudo nos tratamentos PR e SD.

Estes dados diferem em parte dos observados por Schick et al. (2000) que, trabalhando na mesma área, observaram maiores perdas de solo no período de primavera/verão para todos os tratamentos. A distribuição da chuva e da erosividade foi semelhante nos períodos considerados de ambos os trabalhos, porém as diferenças nas culturas utilizadas, padrões de precipitação, intervalos de ocorrência entre chuvas e umidade no solo podem explicar parte das diferenças encontradas. Também o período de avaliação dos trabalhos, seis anos no caso de Schick et al. (2000) e 20 anos no presente trabalho, podem justificar as diferenças em questão, e confirmam os preceitos de Wischmeier & Smith (1978) sobre a necessidade de condução de experimentos de erosão sob chuva natural em campo por longo período, de forma a obter dados confiáveis em relação ao efeito do manejo do solo.

As perdas de água nos diferentes tratamentos avaliados, agrupadas conforme os cultivos de primavera/verão e outono/inverno, são apresentadas na Tabela 26. Observa-se que embora a precipitação tenha sido semelhante em ambos os períodos, com a erosividade se concentrando nos cultivos de primavera/verão, em todos os tratamentos avaliados ocorreram maiores perdas de água nos cultivos de outono/inverno (Tabela 26 e Gráfico 16). Comportamento semelhante também foi observado por Schick et al. (2000).

Observa-se ainda que, quanto menor o grau de mobilização do solo e quanto maior a cobertura vegetal do mesmo, maior foi a tendência das perdas de água se concentrarem no período de outono/inverno (Tabela 26 e Gráfico 16).

Tabela 25 - Precipitação, erosividade e perdas de solo por cultivo em diferentes estações (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.

(continua)

Cultivo	Precipitação mm	Erosividade MJ mm $ha^{-1} h^{-1}$	Perda de solo			
			SSC	PC	PR	SD
Primavera/verão						
1993	415	2.221	2,77	0,11	0,05	0,02
1994	946	4.175	35,75	5,48	2,49	0,54
1995	529	1.841	4,47	0,68	0,99	0,30
1996	769	4.705	73,21	2,75	1,98	0,52
1997	668	3.907	72,94	1,58	0,52	0,23
1998	950	4.743	99,24	8,35	4,18	1,48
1999	610	2.240	59,45	1,53	0,43	0,09
2000	550	2.323	17,07	0,25	0,17	0,04
2001	866	3.514	62,69	1,91	0,67	0,21
2002	578	2.531	33,28	0,44	0,21	0,11
2003	677	4.164	132,07	33,80	2,42	0,70
2004	585	2.371	41,29	0,61	0,53	0,12
2005	461	1.687	10,18	0,27	0,15	0,05
2006	406	1.789	34,53	1,70	0,10	0,06
2007	659	2.716	57,93	0,68	0,12	0,08
2008	605	3.037	76,27	6,88	0,31	0,13
2009	380	1.486	41,71	0,59	0,12	0,08
2010	742	3.146	43,25	0,83	0,38	0,16
2011	932	4.964	118,44	6,60	0,79	0,35
2012	484	2.172	104,00	1,24	0,79	0,22
Total	12.814	59.730	1.120,54	76,28	17,41	5,51
Média	641	2.987	56,03	3,81	0,87	0,28
DP	180	1.112	36,98	7,49	1,08	0,34
CV (%)	28	37	66	196	124	123

Tabela 25 - Precipitação, erosividade e perdas de solo por cultivo em diferentes estações (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.

(conclusão)

Cultivo	Precipitação mm	Erosividade MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	Perda de solo			
			SSC	PC	PR	SD
Outono/inverno						
1993	602	2.754	29,39	1,31	1,11	0,72
1994	438	1.171	4,21	0,21	0,27	0,15
1995	340	898	2,06	0,35	0,28	0,08
1996	701	1.346	6,62	2,49	1,54	0,30
1997	1.059	3.185	24,06	7,07	4,02	2,76
1998	835	2.094	22,17	2,14	2,10	1,05
1999	625	1.348	12,16	4,55	2,34	0,67
2000	845	3.272	91,90	8,98	1,69	0,38
2001	628	1.575	16,64	2,43	0,73	0,56
2002	704	2.204	64,97	1,08	0,78	0,35
2003	301	872	1,25	0,30	0,22	0,05
2004	622	2.075	25,15	1,19	0,56	0,23
2005	985	2.470	31,64	4,11	1,54	0,80
2006	333	621	5,30	0,47	0,20	0,10
2007	851	1.603	47,15	1,86	0,58	0,36
2008	773	1.565	17,85	1,83	0,98	0,37
2009	1.041	2.815	76,00	3,31	1,34	0,73
2010	799	2.417	25,66	1,62	0,73	0,44
2011	1.098	2.431	75,49	6,39	1,29	0,75
2012	591	1.217	5,55	0,21	0,21	0,10
Total	14.171	37.932	585,22	51,90	22,52	10,95
Média	709	1.897	29,26	2,59	1,13	0,55
DP	240	786	27,47	2,47	0,93	0,59
CV (%)	34	41	94	95	83	108

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 26 - Precipitação, erosividade e perdas de água por cultivo em diferentes estações (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.

(continua)

Cultivo	Precipitação mm	Erosividade MJ mm $ha^{-1} h^{-1}$	Perda de água mm			
			SSC	PC	PR	SD
Primavera/verão						
1993	415	2.221	13	3	2	1
1994	946	4.175	248	129	80	36
1995	529	1.841	21	5	6	3
1996	769	4.705	170	53	37	8
1997	668	3.907	230	144	110	44
1998	950	4.743	368	300	128	65
1999	610	2.240	172	50	25	5
2000	550	2.323	61	16	16	4
2001	866	3.514	299	195	81	28
2002	578	2.531	179	86	68	22
2003	677	4.164	337	200	157	58
2004	585	2.371	171	38	39	9
2005	461	1.687	130	55	17	4
2006	406	1.789	81	14	4	4
2007	659	2.716	208	88	26	26
2008	605	3.037	284	162	72	33
2009	380	1.486	183	97	26	15
2010	742	3.146	377	237	120	60
2011	932	4.964	523	357	197	127
2012	484	2.172	190	96	48	47
Total	12.814	59.730	4.244	2.325	1.258	599
Média	641	2.987	212	116	63	30
DP	180	1.112	127	100	55	31
CV (%)	28	37	60	86	87	104

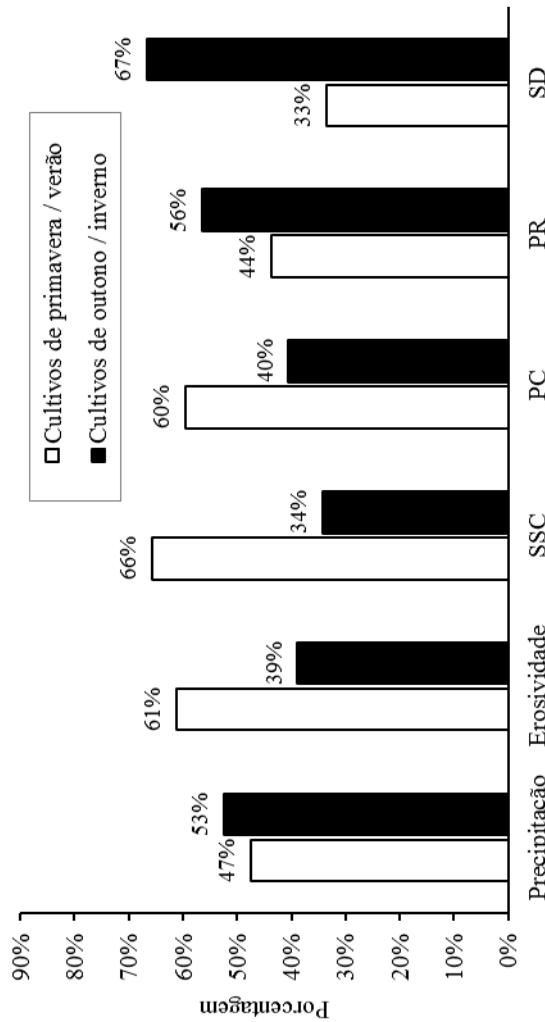
Tabela 26 - Precipitação, erosividade e perdas de água por cultivo em diferentes estações (média de duas repetições) em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de manejo do solo, em Lages – SC.

Cultivo	Precipitação mm	Erosividade MJ mm $ha^{-1} h^{-1}$	Perda de água mm				(conclusão)
			SSC	PC	PR	SD	
Outono/inverno							
1993	602	2.754	116	79	67	62	
1994	438	1.171	52	18	16	8	
1995	340	898	60	16	10	3	
1996	701	1.346	97	48	32	10	
1997	1.059	3.185	397	235	108	65	
1998	835	2.094	372	221	140	72	
1999	625	1.348	201	109	72	11	
2000	845	3.272	370	292	154	57	
2001	628	1.575	296	262	169	142	
2002	704	2.204	261	138	98	62	
2003	301	872	58	18	14	2	
2004	622	2.075	279	169	108	71	
2005	985	2.470	635	455	285	161	
2006	333	621	90	67	39	29	
2007	851	1.603	501	279	199	111	
2008	773	1.565	409	342	219	121	
2009	1.041	2.815	529	463	327	228	
2010	799	2.417	467	418	305	258	
2011	1.098	2.431	617	488	409	371	
2012	591	1.217	196	100	93	42	
Total	14.171	37.932	6.003	4.218	2.864	1.886	
Média	709	1.897	300	211	143	94	
DP	240	786	190	159	115	97	
CV (%)	34	41	63	75	80	103	

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

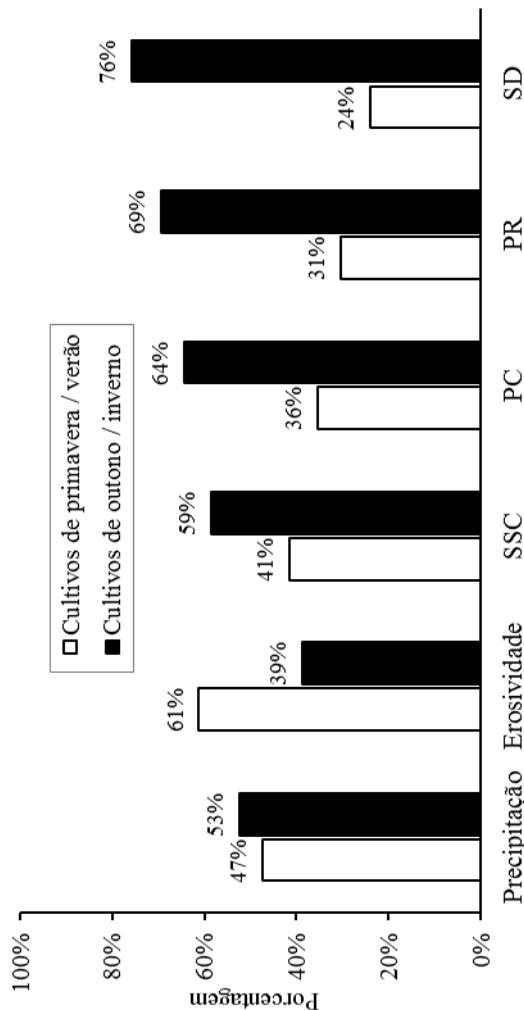
Gráfico 15 - Contribuição percentual dos cultivos de primavera/verão e outono/inverno, nos valores anuais de precipitação, erosividade, e perdas de solo em diferentes sistemas de manejo (média de 20 anos), em Cambissolo Húmico.



SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico 16 - Contribuição percentual dos cultivos de primavera/verão e outono/inverno, nos valores anuais de precipitação, erosividade, e perdas de água em diferentes sistemas de manejo do solo (média de 20 anos), em Cambissolo Húmico.



SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

A ocorrência de maior erosividade no período de primavera/verão, juntamente com as maiores perdas de água ocorrendo no período de outono/inverno, demonstram menor influência da erosividade nas perdas de água, influência que diminuiu ainda mais nos preparos conservacionistas. Possivelmente as diferenças nas perdas de água entre os períodos considerados tenham sido em função do teor de água no solo, em maior quantidade durante o outono/inverno (fato ainda mais marcante nos preparos conservacionistas), o que favoreceu a saturação do solo nesse período, diminuindo a infiltração e favorecendo o escoamento. De acordo com Beutler et al. (2003), no outono/inverno as chuvas costumam ser mais longas e de menor intensidade, e os dias, mais curtos e amenos, diminuindo a evaporação e mantendo o solo com teores de água mais elevados, o que favorece as perdas de água, já que o solo apresenta limite de infiltração de acordo com sua capacidade de armazenar água.

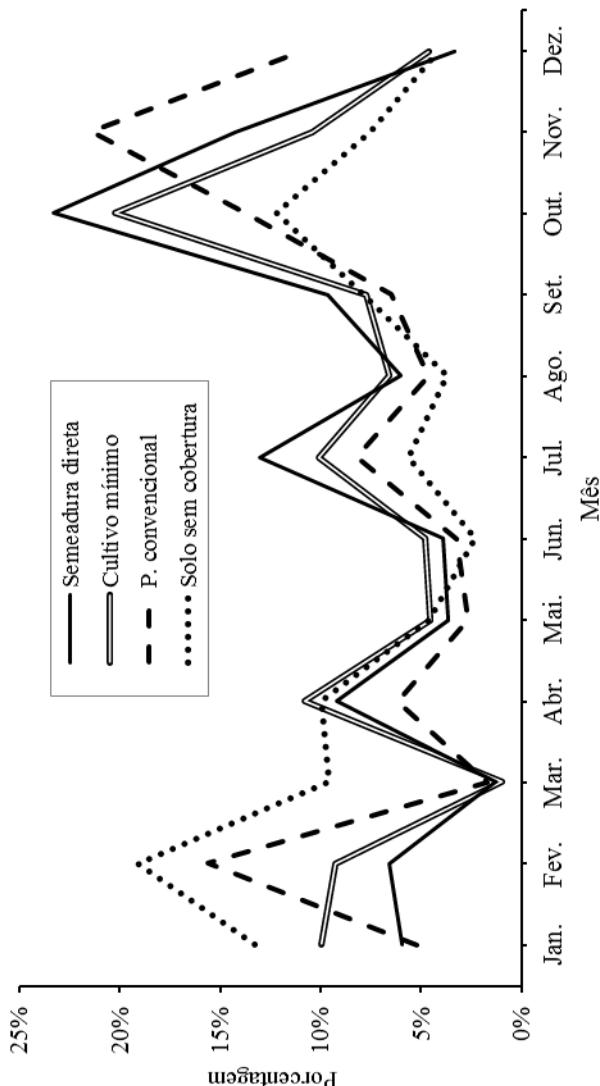
Um maior detalhamento das perdas de solo e água é demonstrado nos Gráficos 17 e 18, onde são apresentados os dados médios mensais das perdas de solo e água, expressos em porcentagem. A distribuição média da erosividade e da precipitação ao longo do ano (Gráfico 19) e os coeficientes de correlação entre os fatores erosividade e precipitação em relação às perdas de solo e água dos tratamentos avaliados (Tabela 27) auxiliam o entendimento do comportamento mensal apresentado pelas perdas de solo e água (Gráficos 17 e 18).

O tratamento SSC apresentou em todas as condições avaliadas, e entre todos os tratamentos, as maiores correlações com a erosividade (Tabela 27). Tal fato também pode ser observado na similaridade de comportamento entre a distribuição mensal de suas perdas de solo (Gráfico 17) e a distribuição da erosividade (Gráfico 19).

A estreita relação entre as perdas de solo no tratamento SSC e a erosividade foi ainda observado no Gráfico 6a, no capítulo sobre a erodibilidade do solo, e reforça as conclusões obtidas anteriormente. Desta forma, na condição de solo descoberto, os meses de janeiro a março e setembro a dezembro são particularmente problemáticos em termos de conservação do solo, pois concentram as maiores erosividades (Gráfico 19) e consequentemente, as maiores perdas de solo (Gráfico 17).

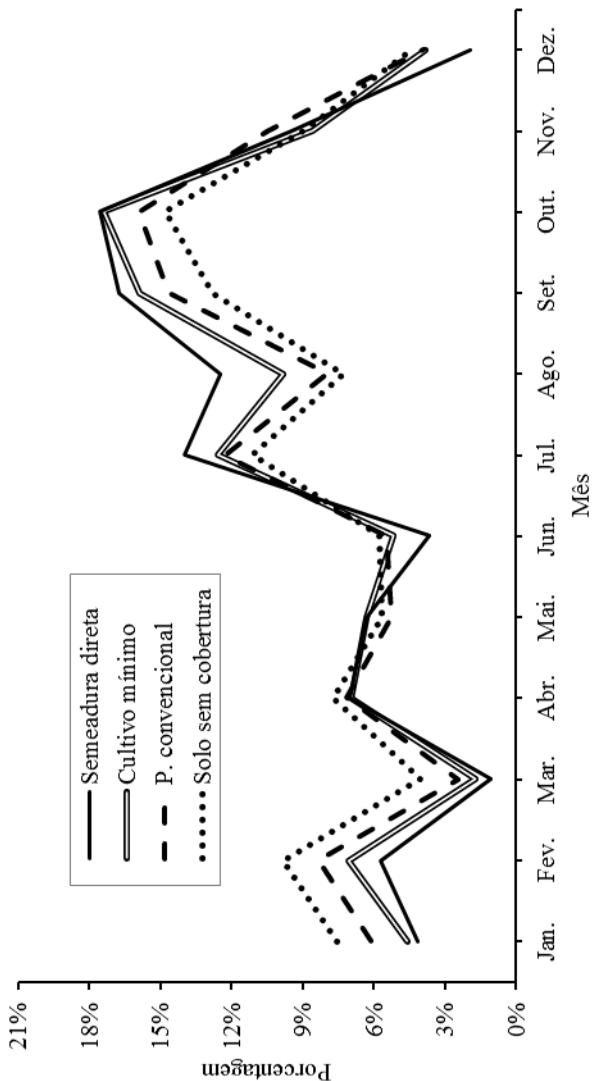
As perdas de solo dos tratamentos PR e SD apresentaram, de modo geral, baixos coeficientes de correlação com a erosividade, e, na maioria das situações avaliadas, maiores correlações com a precipitação (Tabela 27). Esses resultados explicam em parte as menores perdas de

Gráfico 17 - Distribuição percentual das perdas de solo ao longo do ano em diferentes sistemas de manejo do solo em Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de 20 anos).



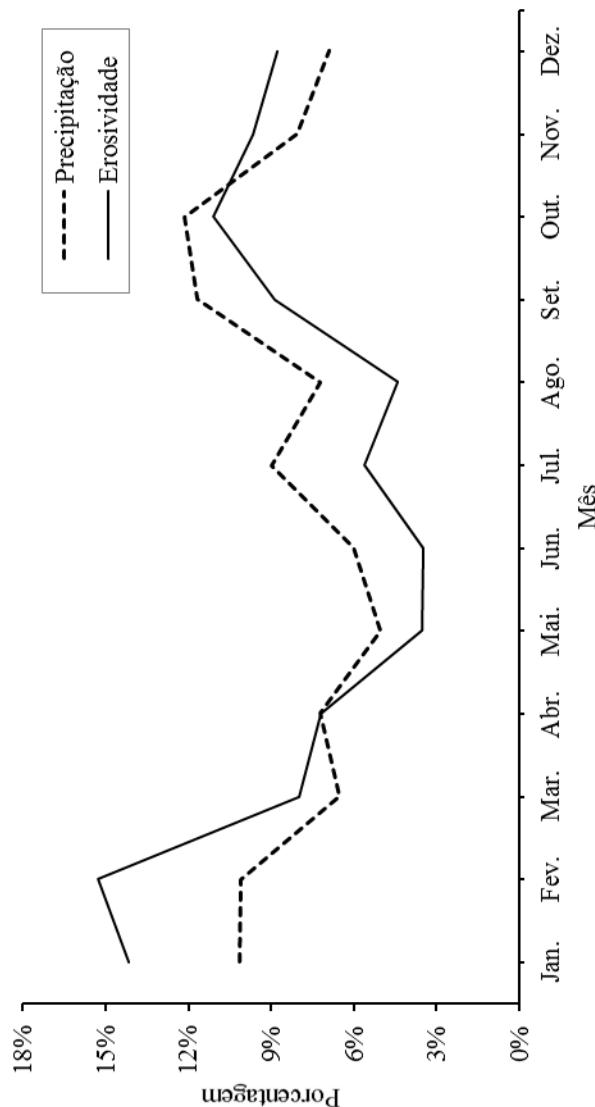
Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico 18 - Distribuição percentual das perdas de água ao longo do ano em diferentes sistemas de manejo do solo em Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de 20 anos).



Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico 19 - Distribuição percentual da erosividade e da precipitação ao longo do ano em Lages - SC (média de 20 anos).



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 27 - Coeficientes de correlação entre o fator erosividade e precipitação e as perdas de solo e água em diferentes situações de manejo em Cambissolo Húmico, localizado em Lages, SC (dados de 20 anos).

Tratamento	Coeficientes de correlação (r)	
	Erosividade	Precipitação
Perda de solo individual (n = 795)		
- SSC	0,655	0,542
- PC	0,405	0,291
- PR	0,386	0,395
- SD	0,388	0,446
Perda de água individual (n = 795)		
- SSC	0,610	0,847
- PC	0,572	0,800
- PR	0,547	0,761
- SD	0,456	0,679
Perda de solo mensal (n = 238)		
- SSC	0,743	0,644
- PC	0,436	0,407
- PR	0,481	0,579
- SD	0,408	0,550
Perda de água mensal (n = 238)		
- SSC	0,647	0,866
- PC	0,588	0,817
- PR	0,532	0,761
- SD	0,422	0,653
Perda de solo anual (n = 20)		
- SSC	0,574	0,602
- PC	0,362	0,091
- PR	0,652	0,504
- SD	0,690	0,600
Perda de água anual (n = 20)		
- SSC	0,549	0,830
- PC	0,543	0,791
- PR	0,538	0,757
- SD	0,479	0,684
Perda de solo média mensal (n = 12)		
- SSC	0,888	0,606
- PC	0,537	0,424
- PR	0,423	0,723
- SD	0,243	0,671
Perda de água média mensal (n = 12)		
- SSC	0,347	0,872
- PC	0,195	0,792
- PR	0,042	0,713
- SD	-0,039	0,645

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

solo desses tratamentos nos meses de janeiro a março, de elevada erosividade, bem como as maiores perdas de solo nos meses de julho, setembro, outubro e novembro, períodos de elevada precipitação (Gráficos 17 e 19).

Outro fator importante para a definição do comportamento mensal das perdas de solo nos tratamentos com preparamos conservacionistas (Gráfico 17) foi a distribuição mensal das perdas de água (Gráfico 18), maior nos meses de julho a novembro, e coincidindo com as maiores perdas de solo nos meses de julho, setembro, outubro e novembro. Tais resultados reforçam as observações sobre o menor efeito da erosividade em tratamentos com baixo grau de mobilização do solo e elevada cobertura do solo, bem como a importância do volume precipitado e escoado nas perdas totais de solo desses sistemas.

Além das características comentadas acima, cita-se ainda o pleno desenvolvimento das culturas, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, que certamente contribuiu para a minimização das perdas de solo nos tratamentos com culturas em relação ao SSC durante esse período (Gráfico 17).

As perdas de solo do tratamento PC apresentaram, nas condições avaliadas, maiores correlações com a erosividade (Tabela 27), embora muito inferiores às apresentadas pelo SSC. Em relação à precipitação, a correlação existente com as perdas de solo neste tratamento foi a menor entre todos os tratamentos avaliados (Tabela 27). É possível que este comportamento tenha sido em função da semelhança apresentada com o tratamento SSC nos períodos iniciais dos cultivos, mas que posteriormente se assemelhou aos tratamentos conservacionistas, quando o pleno desenvolvimento das culturas permitiu maior proteção ao solo.

Na distribuição mensal das perdas de solo do tratamento PC (Gráfico 17), destacam-se as perdas ocorridas em fevereiro, acompanhando a elevada erosividade do mês (Gráfico 19), e as perdas ocorridas em outubro, novembro e dezembro, consoantes com precipitação, erosividade e perdas de água do período (Gráficos 18 e 19).

As menores perdas de solo no PC em relação ao SSC nos meses de elevada erosividade no ano (janeiro a março) (Gráficos 17 e 19) confirmam a importância do suprimento de elevada cobertura vegetal ao solo, seja por plantas, seja por seus resíduos, naqueles períodos de maior erosividade das chuvas, para o eficaz controle da erosão hídrica (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A análise da correlação existente entre as perdas de água e a erosividade e precipitação, nos diferentes tratamentos e períodos considerados são apresentados na Tabela 27. Observa-se que a correlação entre as perdas de água e a precipitação é maior do que com a erosividade, em todos os casos avaliados. De acordo com Beutler et al. (2003), em geral as perdas de solo e água seguem um comportamento semelhante ao da erosividade das chuvas e do volume das chuvas, respectivamente, ao longo do tempo.

Observa-se ainda (Tabela 27), uma tendência de aumento da correlação entre a precipitação e as perdas de água, à medida que aumenta a intensidade de preparo do solo, possivelmente em função da maior perda de água apresentada por esses sistemas. Esses resultados confirmam a inadequação do fator erodibilidade para estimar o volume de enxurrada, característica ainda mais evidente nos preparamos conservacionistas.

Em relação à distribuição percentual das perdas de água ao longo dos meses do ano (Gráfico 18), esta apresentou comportamento mais homogêneo entre os tratamentos avaliados do que as perdas de solo (Gráfico 17). Verifica-se um incremento nas perdas de água nos meses de julho a novembro (Gráfico 18), consoantes com os maiores valores de precipitação do período (Gráfico 19), aliados, possivelmente, às condições dos cultivos de outono/inverno discutidos anteriormente.

Ainda em relação a distribuição mensal das perdas de água (Gráfico 18), nos meses de janeiro à março, com maior contribuição da erosividade e menor da precipitação (Gráfico 19), observa-se maior contribuição nas perdas de água dos tratamentos SSC e PC, consoantes com a suscetibilidade à erosividade destes tratamentos. Já nos meses de julho a outubro, onde a contribuição percentual da precipitação é superior à da erosividade, identificam-se maiores perdas nos tratamentos PR e SD, corroborando com as observações realizadas sobre o efeito da erosividade, precipitação e períodos do ano sobre as perdas de água nos preparamos conservacionistas.

A relação existente entre as perdas de solo e as perdas de água foi testada através da correlação entre essas variáveis em diferentes períodos considerados (Tabela 28). De modo geral os resultados foram baixos, mostrando baixa relação entre essas variáveis. O tratamento SSC apresentou a maior correlação ( $r = 0,669$ ) quando considerou as perdas anuais. Os tratamentos com cultivos (PC, PR e SD) apresentaram maiores coeficientes de correlação quando utilizados os valores médios mensais ( $r = 0,458, 0,713$  e  $0,785$ , respectivamente). Entre os

tratamentos avaliados, as melhores correlações foram observadas nos tratamentos PR e SD, confirmando a maior relação existente nesses tratamentos entre as perdas de solo e as perdas de água.

Tabela 28 - Coeficientes de correlação entre as perdas de solo e as perdas de água em diferentes situações de manejo do solo e em diferentes períodos, em Cambissolo Húmico, localizado em Lages - SC (média de 20 anos).

Situação avaliada	Coeficiente de correlação (r)			
	SSC	PC	PR	SD
Dados individuais (n = 795)	0,637	0,391	0,400	0,437
Dados mensais (n = 238)	0,662	0,448	0,457	0,458
Dados por cultivos (n = 40)	0,478	0,289	0,272	0,306
Dados anuais (n = 20)	0,669	0,162	0,053	0,161
Dados mensais médios (n = 12)	0,378	0,458	0,713	0,785

SSC: Solo sem cobertura; PC: Preparo convencional; PR: Preparo reduzido; SD: Semeadura direta.

Fonte: Produção do próprio autor.

Em relação às perdas de água nos preparamos conservacionistas, Cogo et al. (2003) recomendaram atenção quanto à adoção de práticas conservacionistas de suporte, principalmente os terraços, quando as lavouras são estabelecidas em declives longos e, ou, inclinados, para garantir o adequado controle da erosão e, ao mesmo tempo, disciplinar o movimento das águas de escoamento superficial ou enxurrada. Hernani et al. (1997), também em relação aos preparamos conservacionistas, recomendaram não eliminar os terraços em áreas onde esse sistema é utilizado, sem considerar um adequado estudo técnico sobre a relevância nas perdas na enxurrada de nutrientes em solução, dada a possibilidade de eutrofização dos mananciais hídricos a longo prazo. Os resultados obtidos neste trabalho, mediante a utilização de dados de 20 anos de cultivo, evidenciam, em relação aos preparamos conservacionistas, menores reduções nas perdas de água em relação às perdas de solo (Tabelas 18 e 19). A melhor correlação entre volume precipitado e volume escoado (Tabela 27), e a melhor correlação entre perdas de água e perdas de solo (Tabela 28), respaldam as preocupações e recomendações dos autores recém citados.



### 3 CONCLUSÕES

1. O índice de erosividade da chuva  $EI_{30}$  se mostrou adequado para predizer as perdas de solo por erosão hídrica no município de Lages - SC, resultando no valor médio anual de  $5.033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .
2. O período do ano compreendido entre setembro e fevereiro é o mais crítico em relação ao potencial erosivo das chuvas em Lages, SC, concentrando 66 % da erosividade média anual.
3. Espera-se que o valor de erosividade média anual de  $5.033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , ocorra pelo menos uma vez a cada dois anos, com probabilidade de ocorrência de 50 %, em Lages, SC.
4. O fator erodibilidade médio anual do Cambissolo Húmico, determinado pelo quociente entre as perdas médias anuais de solo e as erosividades médias anuais das chuvas, é de  $0,0175 \text{ Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , enquanto que determinado por regressão linear simples é de  $0,0172 \text{ Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ .
5. Utilizando somente os dados de primavera/verão, o fator K é de  $0,0170 \text{ Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , enquanto, com os dados de outono/inverno, o fator K resultante é de  $0,0185 \text{ Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ .
6. A erodibilidade média mensal do Cambissolo Húmico varia nos meses do ano, entre  $0,083 \text{ Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  em dezembro e  $0,0241 \text{ Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  em abril.
7. A mobilização mecânica e a cobertura do solo afetam as perdas de solo e água por erosão hídrica. A semeadura direta é o tratamento mais eficaz no controle das perdas de solo, com  $0,82 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , seguida dos tratamentos preparo reduzido, preparo convencional e solo sem cobertura, com 2; 6,41; e  $85,29 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente, no Cambissolo Húmico.
8. As perdas de água seguem a mesma tendência das perdas de solo, porém menos influenciadas pela mobilização mecânica e cobertura do solo do que estas. Os tratamentos solo sem cobertura, preparo convencional, preparo reduzido e semeadura direta, perdem 38, 24, 15 e 9 % da precipitação anual, respectivamente, no Cambissolo Húmico.
9. Os tratamentos solo sem cobertura e preparo convencional apresentam maiores perdas de solo no período de primavera/verão, de acordo com a erosividade, enquanto, no preparo reduzido e semeadura direta, estas perdas são maiores no período de outono/inverno, de acordo com o volume de chuva e de escoamento.

10. Todos os tratamentos apresentam maiores perdas de água no período de outono/inverno, em função da precipitação e do teor de água no solo, o que fica mais evidente quando é diminuída a mobilização mecânica do solo e aumentada sua cobertura superficial.
11. As perdas mensais de solo dos tratamentos solo sem cobertura e preparo convencional mostram maior relação com a erosividade, enquanto, para os dados do preparo reduzido e semeadura direta, a maior relação é com o volume de chuva.
12. As perdas de água de todos os tratamentos são mais relacionadas ao volume de chuva do que à erosividade.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2011) prevê para as próximas décadas uma pressão sem precedentes em muitos sistemas de produção em todo mundo, ao mesmo tempo em que alerta para a crescente degradação dos solos agrícolas, basicamente devido à erosão hídrica. Ainda no mesmo relatório, a FAO chama atenção para as técnicas que tornam a produção sustentável e eficiente. Também afirma que ações coordenadas de instituições bem preparadas poderão responder aos desafios de gestão dos recursos solos e água.

O conhecimento das relações entre os fatores que causam a erosão hídrica do solo e os que permitem reduzi-la é de fundamental importância para o planejamento conservacionista de forma a evitar os problemas ambientais, sociais e produtivos decorrentes dos efeitos da erosão hídrica.

A pesquisa em conservação do solo geralmente demanda experimentos de campo, conduzidos a longo prazo, muitas vezes com custos elevados, além de requerer mão de obra qualificada. Assim, a formação de profissionais devidamente qualificados e a geração de dados que permitam bases sólidas para o planejamento conservacionista de um dos maiores patrimônios de um país, o seu solo, justificam-se plenamente para atender tais demandas.

Os resultados obtidos neste trabalho, aplicáveis no planejamento conservacionista regional, evidenciam as questões que seguem.

1. Experimentos para o estudo da erosão hídrica são necessários e devem ser conduzidos por longos períodos de tempo, de forma a minimizar os efeitos pontuais do clima sobre os resultados finais dos parâmetros avaliados, a serem utilizados na modelagem de erosão.
2. A geração de dados de perdas de solo e água por erosão hídrica deve ser confiável para poder servir de base ao desenvolvimento de sistemas conservacionistas de manejo do solo, bem como para aplicação em modelos preditivos já existentes e o desenvolvimento de novos modelos, com possibilidade de extração dos dados para situações diferentes daquelas nas quais foram obtidos.
3. Evidenciam a influência da variação temporal do clima nos fatores erosividade das chuvas e erodibilidade do solo de uma mesma região, afetando o comportamento esperado para determinados sistemas de cultivo e manejo quanto a resistência do solo à erosão hídrica.

4. Demonstram a importância da utilização de práticas conservacionistas de suporte, como por exemplo, o terraceamento, mesmo nos chamados sistemas de manejo conservacionista de solo, dada a menor influência do manejo no controle das perdas de água do que de solo.
5. Solidificam conceitos básicos para a conservação de solos e água, muitas vezes desconsiderados pelos que desconhecem o assunto, ao mesmo tempo em que apontam novas perspectivas e necessidades de pesquisa para avaliar mais detidamente as relações da erosão hídrica com sistemas de cultivo e manejo do solo.

## 5 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Com base nas considerações recém feitas, nas observações realizadas no experimento ao longo do tempo, e no atual nível de conhecimento científico sobre a erosão hídrica no Brasil, sugere-se o que segue.

1. Determinar o fator C (cobertura e manejo do solo) da USLE, para as culturas utilizadas neste experimento, o qual viabilizará a aplicação do modelo no planejamento conservacionista da região do planalto de Lages, SC.
2. Determinar, estatisticamente, o período de tempo necessário para estabilizar definitivamente os parâmetros dos fatores R, K e C da USLE, na condição experimental em que estão sendo obtidos.
3. Calibrar e validar o modelo USLE, quanto aos parâmetros dos fatores determinados neste trabalho, por meio de métodos indiretos, visando reduzir o custo das determinações e diminuir o período de tempo necessário para obtenção dos mesmos, no futuro.
4. Realizar uma análise das propriedades físicas do solo no experimento, para identificar os efeitos dos sistemas de manejo semeadura direta, preparo reduzido e preparo convencional sobre tais propriedades, visando melhor compreender as respostas do solo nos referidos manejos quanto à erosão hídrica.
5. Determinar os teores de fósforo, potássio, carbono orgânico e a textura nas amostras de solo oriundo das parcelas e nas amostras de sedimentos da erosão, as quais encontram-se secas e armazenadas, visando estabelecer relações entre sedimentos e solo e, com isso, determinar taxas de enriquecimento e inferir sobre seu potencial poluente fora do local de origem da erosão.
6. Realizar estudos de viabilidade econômica, com base no custo operacional para a condução dos diferentes sistemas de manejo do solo estudados, na necessidade de reposição dos nutrientes perdidos por erosão em cada manejo, na produtividade das culturas, na massa de solo perdido por erosão, dentre outros aspectos.
7. Relacionar os diferentes parâmetros de erosividade estudados neste trabalho, bem como outros a serem sugeridos, com as perdas de água por erosão, de forma a estabelecer um índice preditivo de enxurrada para cada tratamento.
8. Por fim, sugere-se continuar esse experimento, pois, além da inestimável importância científica que o mesmo detém, salienta-se a

utilidade técnica, especialmente no didático-pedagógico, para estudantes de graduação em Agronomia e pós-graduação em Ciência do Solo e para agricultores da região em geral.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A.W. Determinação de fatores para a Equação Universal de Perdas de Solo nas condições de Sumé-PB. Piracicaba: ESALQ, 1997. 100p. (Tese Doutorado)

ALBUQUERQUE, A.W.; CHAVES, I.B.; VASQUES FILHO, J. Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num Regossolo eutrófico de Caruaru (PE). **R. Bras. Ci. Solo**, 18: 279-283, 1994.

ALBUQUERQUE, A.W. et al. Parâmetros erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo de um solo Bruno Não Cálcico de Sumé - PB. **R. Bras. Ci. Solo**, 22: 743-749, 1998.

ALBUQUERQUE, A.W. et al. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, 9: 153-160, 2005.

AMARAL, A. J. et al. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um cambissolo húmico da região do planalto sul-catarinense. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.32, p.2145-2155, 2008.

ANGULO, R.J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M.L.P. Aplicabilidade do nomograma de Wischmeier et al. (1971) para determinação da erodibilidade de solos brasileiros. **R. Setor Ci. Agrárias**, 7: 145-153, 1985.

ARNOLDUS, H.M.J. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. **FAO Soils Bulletin** 34, 39–51. 1977.

BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quarai, RS. **R. Bras. Ci. Solo**, 31: 1205-1217, 2007.

BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). **R. Bras. Ci. Solo**, 34: 235–244, 2010.

BERTOL, I. Índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) para Lages (SC) - 1<sup>a</sup> aproximação. **Pesq. Agropec. Bras.**, 28: 515-521, 1993.

BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. **Pesq. Agropec. Bras.**, 29: 1453-1458, 1994a.

BERTOL, I. Erodibilidade de um cambissolo húmico distrófico determinada sob chuva natural: primeira aproximação. **R. Bras. Ci. Solo**, 18: 335-338, 1994b.

BERTOL, I. Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, 18: 267-271, 1994c.

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.; MIQUELLUTI, D.J. Perdas de solo, água e nutrientes reduzidas pela cultura do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, 28: 1205-1213, 1993.

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, 1997.

BERTOL, I. et al. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico alumínico léptico, determinada sob chuva natural entre 1989 e 1998 em Lages (SC). **R. Bras. Ci. Solo**, 26: 465-471, 2002a.

BERTOL, I. et al. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). **R. Bras. Ci. Solo**, 26: 455-464, 2002b.

BERTOL, I. et al. Erodibilidade de um Nitossolo Háplico alumínico determinada em condições de campo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31: 541-549, 2007.

BERTOL, I. et al. Efeito de escarificação e da erosividade de chuvas sobre algumas variáveis de valores de erosão hídrica em sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico. **R. Bras. Ci. Solo**, 32: 747-757, 2008a.

BERTOL, I. et al. Escoamento superficial em diferentes sistemas de manejo em um Nitossolo Háplico típico. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.3, p.243-250, 2008b.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JR., R. Equação de perdas de solo. Campinas: Instituto Agronômico, 1975. 25p. (**Boletim técnico, 21**).

BERTONI, J., PASTANA, F.I. Relação chuvas-perdas por erosão em diferentes tipos de solos. **Bragantia**, Campinas, v.23, p.3-11, 1964.

BEUTLER, J.F. **Erosão hídrica num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo**. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2000. 105p. (Dissertação de Mestrado).

BEUTLER, J.F. et al. Perdas de solo e água num latossolo vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **R. Bras. Ci. Solo**, 27: 509-517, 2003.

BISCAIA, R.C.M.; RUFINO, R.L.; HENKLAIN, J.C. Cálculo de erodibilidade (fator K) de dois solos do Estado do Paraná. **R. Bras. Ci. Solo**, 5: 183-186, 1981.

BRAIDA, J.A. **Relações da erosão em entre-sulcos com resíduos vegetais em cobertura e erosão em sulcos em um solo podzólico vermelho escuro**. Porto Alegre, UFRGS, 1994. 152p. (Dissertação de Mestrado).

BROWN, L.C.; FOSTER, G.R. Storm erosivity using idealized intensity distributions. **Trans. of the ASAE**, 30: 379-386, 1987.

BURWELL, R.E.; ALLMARAS, R.R.; AMEMIYA, M.A. Field measurement of total porosity and surface microrelief of soils. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, 27:697-700, 1963.

CABEDA, M.S.V. **Computations of storms EI values**. West Lafayette, Purdue University, 1976. 6p. (Não Publicado)

CAMPOS FILHO, O.R. et al. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. **Pesq. Agropec. Bras.**, 27: 1363-1370, 1992.

CANTALICE, J.R.B.; MARGOLIS, E. Características das chuvas e correlação de índices de erosividade com as perdas de solo do Agreste de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, 17: 275-281, 1993.

CARVALHO, D.F. de, et al. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v.9, n.1, p.7-14, 2005.

CARVALHO, M.P.; HERNANI, L.C. Parâmetros de erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com perdas de solo e erodibilidade de um latossolo roxo de dourados (MS). **R. Bras. Ci. Solo**, 25: 137-146, 2001.

CARVALHO, M.P.; CATANEO, A.; LOMBARDI NETO, F. Índices de erosividade da chuva e enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Roxo distrófico de Campinas (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, 17: 445-450, 1993.

CARVALHO, M.P.; CATANEO, A.; LOMBARDI NETO, F. Parâmetros de erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Podzólico Vermelho-Amarelo de Pindorama. **R. Bras. Ci. Solo**, 21: 279-286, 1997.

CARVALHO, M.P. et al. Índices de erosividade da chuva correlacionados com as perdas de um podzólico vermelho-amarelo eutrófico textura argilosa/muito argilosa de Mococa (SP): primeira aproximação do fator erodibilidade. **R. Bras. Ci. Solo**, 13: 237-242, 1989.

CASSOL, E.A.; OLIVEIRA, F.P. Estado atual da arte em modelagem de erosão do solo no Brasil, necessidades e perspectivas. In: **XIX**

REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 2012. *Anais*. Lages: 2012. CD-ROM.

CASSOL, E.A.; ELTZ, F.L.F.; GUERRA, M. Erodibilidade do solo “São Jerônimo” (Laterítico bruno avermelhado distrófico) determinada com simulador de chuvas). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3. , 1980, Recife. *Anais*.... Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1980. p.203-208.

CASSOL, E.A. et al. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. *R. Bras. Agrom.*, 15: 220-231, 2007.

CASSOL, E.A. et al. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. *R. Bras. Ci. Solo*, 32: 1239-1251, 2008.

CASTRO FILHO, C.; CAVIGLIONE, J.H.; RUFINO, R.L. Determinação do potencial erosivo das chuvas da bacia do rio Paraná. 1<sup>a</sup>. aproximação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. *Anais*. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. CD-ROM

COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de erosão em condições de chuva natural. I. Sugestões gerais, medição dos volumes, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada (1<sup>a</sup> aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. *Anais*. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. p.75-98.

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 solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1988. *Anais*... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.251-262.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declividade e níveis de fertilidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.27, p.743-753, 2003.

COLODRO, G. et al. Erosividade da chuva: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, 26: 809-818, 2002.

CORRECHEL, V. **Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do “fallout” do  $^{137}\text{Cs}$** . Centro de Energia Nuclear, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP: USP, 2003. 99f. (Tese de doutorado).

DAL CONTE, F.M. **Índice de erodibilidade de um solo podzólico vermelho-amarelo, determinado sob chuva simulada**. Santa Maria, UFSM, 1982. 67p. (Dissertação de Mestrado)

DEDECEK, R.A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 23: 1431-1438, 1988.

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.

DENARDIN, J.E. **Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1990. 81p. (Tese de Doutorado)

DENARDIN, J.E.; WÜNSCHE, W.A. Erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. **Anais**. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1980. p.219.

DIAS, A.S.; SILVA, J.R.C. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). I Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno - 1a. Aproximação. **R. Bras. Ci. Solo**, 27: 335-345, 2003.

DISSMEYER, G.E.; FOSTER, G.R. Estimating the cover management factor (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. **J. Soil Water Conserv.**, 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.

EDUARDO, E.N. **Determinação da erodibilidade e do fator cobertura e manejo do solo sob condições de chuva natural e simulada**. Seropédica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. 56p. (Dissertação de Mestrado)

EDUARDO, E.N. et al. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em Argissolo Vermelho Amarelo, sob condições de chuva natural. **R. Bras. Ci. Solo**, 37: 796-803, 2013.

EL-SWAIFY, S.A.; Dangler, E.W. Erodibilities of selected tropical soils in relation to structural and hydrologic parameters. In: NATIONAL CONFERENCE ON SOIL EROSION, 30., 1976, West Lafayette. **Proceedings**. Ankeny : Soil and Water Conservation Society, 1977.

EL-SWAIFY, S.A.; Dangler, E.W. Rainfall erosion in the tropics: a state of art. In: KREBS, D.M., ed. Determinants of soil loss tolerance. Madison, **American Society of Agronomy**, 1982.

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

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**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1977. 97p. (Dissertação de Mestrado)

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; PASCOTINI, P.B. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. **R. Bras. Eng. Agr. Amb.**, 15: 331–337, 2011.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.13, n. 2, p. 259-267, maio/ago. 1989.

ELTZ, F.L.F. et al. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno Avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural; resultados dos primeiros cinco anos. s.n.t. **Resumos**. In: ENCONTRO NACIONAL DA PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3. Recife, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Recomendações gerais do encontro sobre uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1975. Londrina. **Resumos**. Embrapa, p. 107-120. 1975.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

FAO. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLA W)** – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London. 2011.

FERNANDEZ MEDINA, B.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. A aplicabilidade de alguns índices erosivos em Latossolo Amarelo de Manaus (AM). **R. Bras. Ci. Solo**, 11: 67-70, 1987.

FOSTER, G.R. et al. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **J. Soil Water Conserv.**, 36: 355-359, 1981.

FOSTER, G.R. Modelings the erosion process. In.: BASSELMAN, J.A., ed. Hidrological modeling of small watersheds. St. Joseph, **American Society of Agricultural Engineering**, 1982. p.297-300.

FOSTER, G.R.; MEYER, L.D. Mathematical simulation of upland erosion by fundamental erosion mechanics. In: USDA-ARS (Ed.)

Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Washington, 1972. p.190-207 (ARS-S, 40).

FOSTER, G.R.; MOLDENHAUER, W.C.; WISCHMEIER, W.H. Transferability of US technology for prediction and control of erosion in the tropics. En: Soil Erosion and Conservation in the Tropics, Special Publication 43. **Amer. Soc. of Agronomy**, 1982. págs. 135-149.

FREITAS, L.F. et al. Determinação do potencial de erosão a partir da utilização da EUPS na bacia do Rio Preto. **Espaço Geogr.**, 10:431-452, 2007.

GILLES, L. et al. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.33, p.1427-1440, 2009.

GUADAGNIN, J.C. **Perdas de nutrientes e carbono orgânico pela erosão hídrica, em um Cambissolo Húmico Alumínico léptico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo.** Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2003, 150p. (Tese de Mestrado).

HARTWIG, R.O; LAFLEN, I.M. A meter stick method for measuring crop residue cover. **J. Soil Water Conserv.**, 33:90-91, 1978.

HENKLAIN, J.C.; FREIRE, O. Avaliação do método monográfico para determinação da erodibilidade de latossolos do Estado do Paraná. **R. Bras. Ci. Solo**, 7: 191-195, 1983.

HERNANI, L.C. et al. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **R. Bras. Ci. Solo**, 21: 667-676, 1997.

HICKMANN, C. et al. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo índice  $EI_{30}$ , com base no período de 1963 a 1991. **R. Bras. Ci. Solo**, 32: 825-831, 2008.

HUDSON, N.W. **Soil conservation**. 2.ed. Ithaca, Cornell University Press, 1971. 320p.

HUDSON, N.W. **Soil conservation**. 3.ed. Ithaca, Cornell University Press. New York. 1995. 392p.

JACOBS, G.A. et al. Erosividade da chuva correlacionada com perdas de solo de dois latossolos vermelho-escuros (textura argilosa e média): uma aproximação do fator erodibilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. **Anais**. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p.170-171.

JESUS FILHO, J.D. **Manejo de solos de encostas basálticas e suas relações com a erosão hídrica**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987. 93p. (Dissertação de Mestrado)

KINNELL, P.I.A. Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: A review. **J. Hydrol.**, 385:384-397, 2010.

KOHNKE, H. **Soil physics**. New York, McGraw-Hill, 1968. 224p.

LAGO, J. C. **Erosividade das chuvas na metade Sul do Rio Grande do Sul**. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas. 2000. 138p. (Tese de Doutorado).

LAGO, J.C.; MARGOLIS, E. Erodibilidade de um solo Podzólico vermelho amarelo eutrófico, pelos métodos da chuva natural e simulador de chuvas, no sertão de Pernambuco. **Agros**, 20: 25-36, 1985.

LAL, R. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria: III. Effects of rainfall characteristics. **Geoderma**, 16: 389-401. 1976.

LAL, R. Soil degradation by erosion. **Land Degrad. Develop.**, 12:519-539, 2001.

LAL, R.; LAWSON, T.L.; ANASTASE, A.H. Erosivity of tropical rains. In: BOODT, M.; GABRIELS, D., eds. **Assessment of erosion**. Chichester, John; Wiley, p.143-151. 1980.

LEITE, D. et al. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.1033-1044, 2004.

LIMA, P.M.P. Índices de erodibilidade diretos e indiretos para dois latossolos do município de Lavras - Minas Gerais. **Cl. e Prát.** 15: 186-193, 1991.

LIMA, J.M. et al. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de Latossolos. **R. Bras. Ci. Solo**, 14: 85-90, 1990.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas: Instituto Agronômico, 1975. 12p. (**Boletim Técnico, 27**)

LOMBARDI-NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: Sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, 51: 189-196, 1992.

MARGOLIS, E.; CAMPOS FILHO, O.R. Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo num Podzólico Amarelo de Glória de Goitá. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1980. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1981. p.239-250.

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.

MARQUES, J.J.G.S.M. et al. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados - primeira aproximação. **R. Bras. Ci. Solo**, 21: 427-434, 1997a.

MARQUES, J.J.G.M. et al. Adequação de métodos indiretos para estimativa da erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 21: 447-456, 1997b.

MARQUES, J.J.G.M. et al. Estimativa da erodibilidade a partir de atributos de solos com horizonte B textural no Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 21: 457-465, 1997c.

MARTINS FILHO, E.M.V.; PEREIRA, V.P. Influência da compactação do solo nas perdas por erosão e na sua erodibilidade. **Ci. Agron.**, 8: 39-45, 1993.

MARTINS FILHO, E.M.V.; SILVA, J.R.C. Comparação de métodos de avaliação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho distrófico. **R. Bras. Ci. Solo**, 9: 175-177, 1985.

MARTINS, S. G. et al. Erodibilidade do solo nos tabuleiros costeiros. **Pesq. Agropec. Trop.**, 41: 322-327, 2011.

MAZURANA, J. et al. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). **R. Bras. Eng. Agr. Amb.**, 13: 975-983, 2009.

MELLO, E.L. et al. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico submetido à chuva simulada. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:901-909, 2003.

MERTEN, G.H. Contribuição da pesquisa para adaptação do plantio direto com tração animal - experiências do IAPAR. In: PEIXOTO, R.T.G; AHRENS, D.C.; SAMAH, M.J., eds. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa, Instituto Agronômico do Paraná, 1997. p.240-252.

MEYER, L. D., FOSTER, G. R., NIKOLOW, 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.

MINELLA, J.P.G. et al, Processos e modelagem da erosão: da parcela à bacia hidrográfica. In.: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 105-121.

MONDARDO, A. et al. Índices de erodibilidade de alguns solos do Estado do Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO 2 .- Passo Fundo. 1978. **Anais** .... Passo Fundo. EMBRAPA. 1978a.

MONDARDO, A. et al. **Erodibilidade do Latossolo Roxo distrófico com 8 % de declive, usando simulador de chuva.** Londrina: IAPAR, 1978b.

MORAIS, L.F.B. **Índice de erosividade de chuvas naturais correlacionadas com perdas de solo em três locais do Rio Grande do Sul.** Santa Maria, UFSM, 1986. 108p. (Dissertação de Mestrado)

MORAIS, L.F.B.; MUTTI, L.S.M.; ELTZ, F.L.F. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 12: 281-284, 1988.

OLIVEIRA, P.T.S.; WENDLAND, E.; NEARING, M.A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. **Catena** 100, 139–147. 2012.

OLIVEIRA, P.T.S. et al. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. **Water Resources Management** 25, 2011, 1021–1036.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; MEDINA, B.F. Comparação entre a erodibilidade medida diretamente e a estimada pelo método nomográfico em Latossolo Amarelo textura muito argilosa. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1996. 11p. (**Boletim de Pesquisa, 164**)

PANACHUKI, E. et al. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 35, p.1777-1785, 2011.

RENARD, K.G. et al. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Washington: USDA, 1997. (**Agricultural Handbook, 8**)

RESCK, D.V.S. et al. Erodibilidade de um podzólico vermelho-amarelo câmbico distrófico fase terraço, localizado na Zona da Mata (MG), determinada com simulador de chuva. **R. Bras. Ci. Solo**, 5: 7-14, 1981.

RODRIGUES do Ó, N.C. **Erodibilidade das principais classes de solo do Estado da Paraíba determinada por chuva simulada e método nomográfico.** Areia, UFPB, 1986. 29p. (Dissertação de Mestrado)

ROLOFF, G.; DENARDIN, J.E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. **Resumos**. Florianópolis, SBCS, 1994. p.150-151.

RÖMKENS, M.J.M.; ROTH, C.B.; NELSON, D.W. Erodibility of select clay subsoils in relation to physical and chemical properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 41: 954-960, 1977.

ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P.; PRADO, R.M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.25, 2001, p.147-156.

ROTH, C.B.; NELSON, D.W.; RÖMKENS, M.J.M. **Prediction of subsoil erodibility using chemical, mineralogical and physical parameters**. Washington: United States Environmental Protection Agency, 1974. 111p.

RUFINO, R.L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: segunda aproximação. **R. Bras. Ci. Solo**, 10: 279-281, 1986.

SÁ, M.A.C. et al. Estimativa da erodibilidade pela desagregação por ultra-som e atributos de solos com horizonte B textural. **Pesq. Agropec. Bras.**, 39: 691-699, 2004.

SANTOS, C.N. **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas. 2008. 138p. (Tese de Doutorado).

SCHICK, J. **Erosão hídrica em Cambissolo Húmico álico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo**. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 1999. 114p. (Dissertação de Mestrado)

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em Cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: Perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:427-436, 2000.

SCHICK, J. et al. Erodibilidade do solo determinada com dados coletados durante 20 anos, em um Cambissolo Húmico sob chuva natural. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2013. **Anais**. Florianópolis: 2012. CD-ROM.

SCHWAB, G.O. et al. **Soil and water conservation engineering**. 3.ed. New York, John Wiley; Sons, 1981. 525p.

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, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 130p. (Dissertação de Mestrado)

SILVA, A.M.; ALVARES, C.A. Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo. UNESP, São Paulo, **Geociências**, v. 24, n. 1, 2005, p. 33-41.

SILVA, A.M. et al. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, Sul de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, 33: 1811-1820, 2009.

SILVA, I.F.; ANDRADE, A.P.; CAMPOS FILHO, O.R. Erodibilidade de seis solos do semi-árido paraibano obtida com chuva simulada e método nomográfico. **R. Bras. Ci. Solo**, 10: 283-287, 1986.

SILVA, M.L.N. **Erosividade da chuva e proposição de modelos para estimar a erodibilidade de Latossolos brasileiros**. Lavras : UFLA, 1997. 154p. (Tese de Doutorado)

SILVA, M.L.N. et al. Comparação entre métodos diretos e indiretos para determinação da erodibilidade em Latossolos sob cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, 29: 1751-1761, 1994.

SILVA, M.L.N. et al. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-escuro em Goiânia (GO). **R. Bras. Ci. Solo**, 21: 131-137, 1997.

SILVA, M.L.N. et al. Proposição de modelos para estimativa da erodibilidade de Latossolos Brasileiros. **Pesq. Agropec. Bras.**, 34: 2287-2298, 1999.

SILVA, M.L.N. et al. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de Latossolos Brasileiros. **Pesq. Agropec. Bras.**, 35: 1207-1220, 2000.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** Boston: McGraw-Hill, 3. Ed. 1977. 666 p.

SWANSON, N.P. A rotating-boom rainfall simulator. **Transactions of the ASAE**, 8: 71-72, 1965.

TÁVORA, M.R.P.; SILVA, J.R.C.; MOREIRA, E.G.S. Erodibilidade de dois solos da região de Ibiapaba, Estado do Ceará. **R. Bras. Ci. Solo**, 9: 59-62, 1985.

VEIGA, M. Efeito da erosão na produtividade do solo. **Relatório.** EPAGRI, Campos Novos, 1995. 28p. (Não publicado)

ZINGG, A.W. Degree and length of land slope as it affect soil loss and runoff. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, Mich., 21:59-64, 1940.

WAGNER, C.S.; MASSAMBANI, O. Análise da relação intensidade de chuva-energia cinética de Wischmeier; Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, 12: 197-203, 1988.

WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 23: 246-249, 1959.

WISCHMEIER, W.H. Use and misuse of the universal soil loss equation. **J. Soil Water Conserv.**, 31: 5-9, 1976.

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

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Trans. Am. Geophys. Union**, 39: 285-291, 1958.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington, USDA, 1965. 47p. (**Agriculture handbook, 282**)

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

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **J. Soil Water Cons.** 26: 189-193. 1971.

WREGE, M.S. et al. (Editores técnicos) **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. v.1. 332 p.

WÜNSCHE, W A; DENARDIN, J.E. Erodibilidade de Latossolo Vermelho Escuro Álico (Unidade de Mapeamento Passo Fundo) - 1<sup>a</sup> aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...Passo Fundo: CNPT, 1978.** p.209-214.



## APÊNDICE A – Períodos e culturas dos ciclos de cultivo.

Cultivo	Cultura	Período
1	Soja	12/01/1993 a 08/06/1993
2	Trigo	28/06/1993 a 17/11/1993
3	Soja	23/12/1993 a 12/07/1994
4	Ervilhaca	23/07/1994 a 18/11/1994
5	Milho	30/12/1994 a 30/07/1995
6	Ervilhaca	01/08/1995 a 30/11/1995
7	Soja	01/12/1995 a 30/04/1996
8	Trigo	01/05/1996 a 15/11/1996
9	Feijão preto	15/11/1996 a 30/04/1997
10	Nabo F.	01/05/1997 a 15/11/1997
11	Milho	16/11/1997 a 30/04/1998
12	Aveia preta	01/05/1998 a 15/10/1998
13	Soja	20/10/1998 a 30/04/1999
14	Trigo	01/05/1999 a 30/10/1999
15	Feijão preto	01/11/1999 a 30/04/2000
16	Ervilhaca	01/05/2000 a 30/10/2000
17	Milho	01/11/2000 a 30/05/2001
18	Aveia preta	01/06/2001 a 30/10/2001
19	Soja	01/11/2001 a 22/06/2002
20	Nabo F.	01/07/2002 a 15/11/2002
21	Feijão preto	16/11/2002 a 15/05/2003
22	Ervilhaca	16/05/2003 a 30/10/2003
23	Milho	01/11/2003 a 15/05/2004
24	Aveia preta	23/07/2004 a 08/12/2004
25	Soja	15/11/2004 a 15/05/2005
26	Trigo	15/05/2005 a 15/11/2005
27	Feijão preto	01/12/2005 a 31/05/2006
28	Ervilhaca	01/06/2006 a 31/10/2006
29	Milho	03/11/2006 a 30/04/2007
30	Aveia preta	01/05/2007 a 03/11/2007
31	Soja	28/11/2007 a 10/05/2008
32	Nabo F.	11/05/2008 a 21/11/2008
33	Feijão preto	22/11/2008 a 30/03/2009
34	Ervilhaca	01/04/2009 a 30/10/2009
35	Milho	01/11/2009 a 14/04/2010
36	Aveia preta	15/04/2010 a 05/11/2010
37	Soja	06/11/2010 a 31/05/2011
38	Nabo F.	01/06/2011 a 08/11/2011
39	Feijão preto	09/11/2011 a 10/03/2012
40	Ervilhaca	11/03/2012 a 15/11/2012

## APÊNDICE B – Culturas e dados culturais dos ciclos de cultivo.

Cultivo	Cultura	Preparo solo	Semeadura	Colheita
1	Soja	10/11/1992	20/11/1992	28/04/1993
2	Trigo	26/06/1993	30/06/1993	17/11/1993
3	Soja	20/12/1993	21/12/1993	30/04/1993
4	Ervilhaca	19/07/1994	19/07/1994	18/11/1994
5	Milho	20/11/1994	22/11/1994	20/04/1995
6	Ervilhaca	05/07/1995	13/07/1995	01/12/1995
7	Soja	11/12/1995	13/12/1995	28/04/1996
8	Trigo	14/05/1996	14/05/1996	15/11/1996
9	Feijão preto	15/11/1996	18/11/1996	12/03/1997
10	Nabo F.	26/04/1997	21/05/1997	14/10/1997
11	Milho	25/10/1997	09/11/1997	05/05/1998
12	Aveia preta	12/05/1998	12/05/1998	08/09/1998
13	Soja	20/10/1998	27/10/1998	28/04/1999
14	Trigo	03/05/1999	07/05/1999	27/10/1999
15	Feijão preto	09/11/1999	24/11/1999	11/03/2000
16	Ervilhaca	12/05/2000	14/06/2000	18/10/2000
17	Milho	07/11/2000	10/11/2000	20/04/2001
18	Aveia preta	01/06/2001	30/06/2001	25/10/2001
19	Soja	14/11/2001	15/11/2001	29/05/2002
20	Nabo F.	22/06/2002	28/06/2002	02/10/2002
21	Feijão preto	13/11/2002	09/12/2002	14/03/2003
22	Ervilhaca	15/05/2003	16/05/2003	22/10/2003
23	Milho	03/11/2003	05/11/2003	24/04/2004
24	Aveia preta	23/06/2004	23/07/2004	26/10/2004
25	Soja	09/12/2004	20/12/2004	14/05/2005
26	Trigo	17/05/2005	02/06/2005	05/11/2005
27	Feijão preto	23/11/2005	16/12/2005	28/03/2006
28	Ervilhaca	14/06/2006	14/06/2006	20/10/2006
29	Milho	31/10/2006	03/11/2006	17/04/2007
30	Aveia preta	29/05/2007	26/05/2007	12/10/2007
31	Soja	08/11/2007	28/11/2007	09/05/2008
32	Nabo F.	10/05/2008	15/05/2008	26/09/2008
33	Feijão preto	24/11/2008	24/11/2008	06/03/2009
34	Ervilhaca	28/04/2009	18/05/2009	26/10/2009
35	Milho	30/10/2009	05/11/2009	10/04/2010
36	Aveia preta	15/04/2010	15/04/2010	19/10/2010
37	Soja	08/11/2010	10/11/2010	26/04/2011
38	Nabo F.	25/05/2011	25/05/2011	25/10/2011
39	Feijão preto	04/11/2011	10/11/2011	25/02/2012
40	Ervilhaca	08/03/2012	10/03/2012	12/10/2012

## APÊNDICE C – Culturas e adubação de base dos ciclos de cultivo.

Cultivo	Cultura	Adubação de base
1	Soja	150 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
2	Trigo	200 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-30-15
3	Soja	250 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-20-10
4	Ervilhaca C.	42 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 40 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
5	Milho	300 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-30-15
6	Ervilhaca C.	80 kg ha <sup>-1</sup> de SFT e 40 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
7	Soja	250 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 08-18-30
8	Trigo	170 kg ha <sup>-1</sup> de SFT e 170 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
9	Feijão preto	320 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-25-25
10	Nabo F.	250 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-25-25
11	Milho	300 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-25-25
12	Aveia preta	200 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-20-10
13	Soja	80 kg ha <sup>-1</sup> de SFT e 100 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
14	Trigo	200 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-20-10
15	Feijão preto	250 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-20-10
16	Ervilhaca C.	42 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 40 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
17	Milho	300 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-30-15
18	Aveia preta	Não utilizada
19	Soja	40 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 48 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
20	Nabo F.	Não utilizada
21	Feijão preto	90 kg ha <sup>-1</sup> de SFT e 90 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
22	Ervilhaca C.	Não utilizada
23	Milho	200 kg ha <sup>-1</sup> de SFT e 200 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
24	Aveia preta	Não utilizada
25	Soja	146 kg ha <sup>-1</sup> de SFT e 155 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
26	Trigo	25 , 50 e 60 kg ha <sup>-1</sup> de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O
27	Feijão preto	250 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 06-24-10
28	Ervilhaca C.	Não utilizada
29	Milho	100 kg ha <sup>-1</sup> de SFT e 160 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
30	Aveia preta	Não utilizada
31	Soja	130 kg ha <sup>-1</sup> de SFT e 150 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
32	Nabo F.	Não utilizada
33	Feijão preto	130 kg ha <sup>-1</sup> de SFT e 150 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
34	Ervilhaca C.	Não utilizada
35	Milho	300 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-20-10
36	Aveia preta	Não utilizada
37	Soja	250 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-20-10
38	Nabo F.	Não utilizada
39	Feijão preto	300 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05-20-10
40	Ervilhaca C.	Não utilizada

## APÊNDICE D – Culturas, adubação e dados culturais dos ciclos de cultivo.

Cultivo	Cultura	Adubação	Espaçamento/Dens.
1	Soja	Não utilizada	0,5 m EL e 27 sem. ML
2	Trigo	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	408 plantas m <sup>-2</sup>
3	Soja	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,5 m EL e 20 sem. ML
4	Ervilhaca C.	Não utilizada	60 kg ha <sup>-1</sup>
5	Milho	225 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,9 m EL e 5 sem. ML
6	Ervilhaca C.	Não utilizada	60 kg ha <sup>-1</sup>
7	Soja	Não utilizada	0,5 m EL e 20 sem. ML
8	Trigo	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	408 plantas m <sup>-2</sup>
9	Feijão preto	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,5 m EL e 5 sem. ML
10	Nabo F.	Não utilizada	15 kg ha <sup>-1</sup>
11	Milho	225 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,9 m EL e 5 sem. ML
12	Aveia preta	Não utilizada	120 kg ha <sup>-1</sup>
13	Soja	Não utilizada	0,5 m EL e 17 sem. ML
14	Trigo	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	120 kg ha <sup>-1</sup>
15	Feijão preto	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,5 m EL e 5 sem. ML
16	Ervilhaca C.	Não utilizada	60 kg ha <sup>-1</sup>
17	Milho	225 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,9 m EL e 5 sem. ML
18	Aveia preta	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	120 kg ha <sup>-1</sup>
19	Soja	Não utilizada	0,5 m EL e 16 sem. ML
20	Nabo F.	Não utilizada	24 kg ha <sup>-1</sup>
21	Feijão preto	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,5 m EL e 5 sem. ML
22	Ervilhaca C.	Não utilizada	60 kg ha <sup>-1</sup>
23	Milho	225 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,9 m EL e 5 sem. ML
24	Aveia preta	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	120 kg ha <sup>-1</sup>
25	Soja	Não utilizada	0,45 m EL e 15 sem. ML
26	Trigo	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	300 plantas m <sup>-2</sup>
27	Feijão preto	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,45 m EL e 5 sem. ML
28	Ervilhaca C.	Não utilizada	60 kg ha <sup>-1</sup>
29	Milho	225 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,8 m EL e 5 sem. ML
30	Aveia preta	Não utilizada	120 kg ha <sup>-1</sup>
31	Soja	Não utilizada	0,45 m EL e 15 sem. ML
32	Nabo F.	Não utilizada	20 kg ha <sup>-1</sup>
33	Feijão preto	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,45 m EL e 5 sem. ML
34	Ervilhaca C.	Não utilizada	80 kg ha <sup>-1</sup>
35	Milho	225 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,9 m EL e 5 sem. ML
36	Aveia preta	Não utilizada	150 kg ha <sup>-1</sup>
37	Soja	Não utilizada	0,45 m EL e 15 sem. ML
38	Nabo F.	Não utilizada	20 kg ha <sup>-1</sup>
39	Feijão preto	100 kg ha <sup>-1</sup> de uréia	0,5 m EL e 5 sem. ML
40	Ervilhaca C.	Não utilizada	80 kg ha <sup>-1</sup>

EL: espaçamento entre-linhas; ML: metro linear

## VITA

Jefferson Schick, filho de Afonso Schick e de Gerda Vera Schick, nasceu em 01 de fevereiro de 1974, em Canoinhas, Santa Catarina. Realizou o ensino fundamental na Escola Básica Irmã Maria Felícitas (Canoinhas, SC), e o ensino médio na Fundação das Escolas do Planalto Norte Catarinense (Canoinhas, SC), concluindo-o em 1991. Iniciou sua atividade profissional em 1988 como auxiliar de escritório, atuando nesta função até 1991. Em 1992 iniciou o curso de Agronomia, na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages, SC, onde recebeu o grau de Engenheiro Agrônomo em 1996. Em 1997 iniciou o curso de Mestrado em Ciência do Solo na UDESC (Lages, SC), e recebeu o grau de Mestre em 1999. Trabalhou com assistência técnica a revendas agrícolas e produtores rurais no planalto norte de Santa Catarina, entre os anos de 1999 a 2009. Em 2002 iniciou suas atividades na Universidade do Contestado, campus Canoinhas (SC), onde atuou como professor nos cursos de Engenharia Florestal, Engenharia Ambiental e Medicina Veterinária, bem como coordenador do laboratório de análises de solo, onde permaneceu até 2009. Em 2010, mediante concurso público, ingressou no Instituto Federal Catarinense, campus Sombrio (SC), para atuar nos cursos de Agronomia e Técnico em Agropecuária. Ainda em 2010 foi aceito para o curso de Doutorado em Ciência do Solo pela UDESC (Lages, SC), recebendo o título de Doutor em maio de 2014. Em 2001 casou-se com Daniela da Silva e tiveram um filho, Gustavo, nascido em 06 de setembro de 2002, em São Bento do Sul, SC.