

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**FATORES R, K E C DA USLE E AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO E  
ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM ARGISSOLO VERMELHO**

**Luciana da Silva Corrêa Lima  
(Dissertação de Mestrado)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**FATORES R, K E C DA USLE E AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO E  
ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM ARGISSOLO VERMELHO**

LUCIANA DA SILVA CORRÊA LIMA  
Engenheira Agrícola (UFPeI)

Dissertação apresentada como um  
dos requisitos à obtenção do Grau  
de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil  
Março de 2020

## CIP - Catalogação na Publicação

Lima, Luciana da Silva Corrêa

Fatores R, K e C da USLE e avaliação das perdas de solo e escoamento superficial em Argissolo Vermelho / Luciana da Silva Corrêa Lima. -- 2020.

182 f.

Orientador: Cláudia Alessandra Peixoto de Barros.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. erosão hídrica do solo. 2. USLE. 3. plantio direto. 4. escoamento superficial. 5. perda de água.  
I. Barros, Cláudia Alessandra Peixoto de, orient. II. Título.

LUCIANA DA SILVA CORRÊA LIMA  
Engenheira Agrícola (UFPel)

DISSERTAÇÃO  
submetida como parte dos requisitos  
para a obtenção do Grau de  
MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 23/03/2020  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Por

CLÁUDIA ALESSANDRA PEIXOTO  
DE BARROS  
Orientadora-Departamento de  
Solos/UFRGS

ALBERTO VASCONCELLOS INDA  
JUNIOR  
Coordenador do Programa de Pós-  
graduação em Ciência do Solo

GEAN PAULO MICHEL  
Instituto de Pesquisas  
Hidráulicas/UFRGS

JEAN PAOLO GOMES MINELLA  
Departamento de Solos/UFSM

MICHAEL MAZURANA  
Departamento de Solos/UFRGS

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de Agronomia

*Planeta água:*

*“Água que nasce na fonte serena do mundo  
E que abre um profundo grotão  
Água que faz inocente riacho  
E deságua na corrente do ribeirão*

*Águas escuras dos rios  
Que levam a fertilidade ao sertão  
Águas que banham aldeias  
E matam a sede da população*

*Águas que caem das pedras  
No véu das cascatas, ronco de trovão  
E depois dormem tranquilas  
No leito dos lagos*

*Água dos igarapés  
Onde lara, a mãe d'água  
É misteriosa canção  
Água que o sol evapora  
Pro céu vai embora  
Virar nuvens de algodão*

*Gotas de água da chuva  
Alegre arco-íris sobre a plantação  
Gotas de água da chuva  
Tão tristes, são lágrimas na inundação*

*Águas que movem moinhos  
São as mesmas águas que encharcam o chão  
E sempre voltam humildes  
Pro fundo da terra*

*Terra! Planeta Água  
Terra! Planeta Água  
Terra! Planeta Água*

*Água que nasce na fonte serena do mundo  
E que abre um profundo grotão  
Água que faz inocente riacho  
E deságua na corrente do ribeirão*

*Águas escuras dos rios  
Que levam a fertilidade ao sertão  
Águas que banham aldeias  
E matam a sede da população*

*Águas que movem moinhos  
São as mesmas águas que encharcam o chão  
E sempre voltam humildes  
Pro fundo da terra*

*Terra! Planeta Água  
Terra! Planeta Água  
Terra! Planeta Água”*

*Guilherme Arantes*

*Dedico ao professor Elemar Antonino Cassol.*

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Elemar Antonino Cassol, meu primeiro contato com a UFRGS, primeiramente por ter cedido os dados de monitoramento para a realização deste trabalho. Segundo, por todo compartilhamento e trocas de saberes acadêmicos, mas também de vida. Obrigada por ser um grande exemplo e inspiração para mim, espero um dia, ser pelo menos metade do profissional e da pessoa que és. Também obrigada pelas reflexões sobre o veganismo e pelas recomendações para escutar boas músicas do bom e velho rock n' roll.

À professora Cláudia Alessandra Peixoto de Barros, por ter aceitado me orientar nesta caminhada de aprendizado e crescimento contínuo. Obrigada por toda a paciência, por sempre me incentivar com novas ideias de trabalho e por estimular e insistir na participação e condução de trabalhos a campo e no laboratório, mesmo que, majoritariamente, meu trabalho tenha sido no computador. As idas a campo foram essenciais para complementar minha formação. Também fica aqui registrada a minha admiração pela primeira professora mulher do Departamento de Solos da UFRGS com o desejo de persistência e sucesso em sua caminhada profissional.

Aos vários funcionários das diferentes instituições, aos estudantes, técnicos, pesquisadores e professores responsáveis pela condução do experimento deste estudo a campo, anos atrás, pelas coletas e análises de laboratório e pela manutenção de um banco de dados de qualidade.

À Liana Dambros, bolsista de iniciação científica que me acompanhou nessa caminhada. Obrigada por ter me proporcionado momentos de troca, de atividades, conhecimento e amizade. Tu és grande e vai longe. Fica aqui registrada a minha gratidão e admiração por ti.

Aos, inicialmente, colegas, que depois viraram amigos, da salinha PG 10 por todos os momentos compartilhados. Vocês ficarão pra sempre na minha memória e coração. Agradeço também aos meus colegas de pós-graduação pelas ajudinhas técnicas, mas também pelas palavras amigas trocadas ao longo deste tempo de mestrado.

Ao meu namorado Felipe, pelo amor, companheirismo e apoio em todos os momentos da minha vida. Fica o agradecimento especial pelas lives musicais em casa com violão, que tornaram as horas no computador mais leves e agradáveis. À minha mãe, Ana Lúcia, e à minha irmã, Mariana, por serem minha base da vida toda. Por vocês três, fica aqui registrado o meu amor, que nem dá pra mensurar!

À Sophie e à Lilly, nossas filhas felinas, pelo amor mais genuíno e várias horas de acompanhamento de meu trabalho no entorno do computador.

À UFRGS pela oportunidade, à CAPES pela concessão da bola. A todos os professores e funcionários por ajudas e conhecimentos repassados.

## FATORES R, K E C DA USLE E AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO E ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM ARGISSOLO VERMELHO<sup>1</sup>

Autora: Luciana da Silva Corrêa Lima

Orientadora: Profa. Cláudia Alessandra Peixoto de Barros

**RESUMO:** Dados de perda de solo e água em escala de parcelas são necessários para testar a aplicabilidade dos modelos de previsão de erosão do solo e avaliar as variáveis e os principais fatores que afetam o processo erosivo. No Brasil, estudos para medir as taxas de erosão do solo causado por chuvas naturais possuem 2 anos ou menos de dados monitorados. Logo, experimentos de longa duração são importantes, principalmente em estudos de erosão, pois esta, além de ser afetada pelo uso e manejo, é afetada por fatores climáticos. Este trabalho teve como objetivo determinar as perdas de solo e água e obter os fatores erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K) e cobertura e manejo (C) da equação universal de perda de solo (USLE) em uma área de Argissolo Vermelho distrófico arênico sob chuva natural em diferentes sistemas de manejo no estado do Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido em Santa Maria, RS entre os anos de 1978-1986. Foram cinco tratamentos e uma repetição para cada tratamento, sendo: (i) parcela padrão, que consiste em solo descoberto sob preparo convencional (PC); (ii) sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho (A/T/E-M) sob PC, (iii) sucessão cevada/aveia-soja (C/A-S) sob PC; (iv) sucessão A/T/E-M sob plantio direto (PD); (v) sucessão C/A-S sob PD. Foram avaliados 139 eventos de chuva nos períodos de inverno e 137 eventos nos períodos de verão. Estimou-se as perdas de solo e água em cada tratamento. Os tratamentos sob PD se mostraram eficientes no controle das perdas de solo com relação aos tratamentos sob PC, diminuindo as perdas em até 3,8 vezes. Nas perdas de água, os tratamentos sob PD oferecem apenas uma redução de 1,5 vezes. Observou-se que, nos períodos de inverno, a chuva antecedente de 5 dias influencia diretamente a geração de escoamento superficial nos tratamentos sob PD. O fator R da USLE para aplicação na região de Santa Maria é de 7.846,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Este valor representa um alto potencial erosivo das chuvas. Já o fator K é de 0,0372 t ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> caracterizando um solo que tem suscetibilidade considerável à erosão. Os maiores valores do fator C foram de 0,2278 para a sucessão A/T/E-M e de 0,2257 para C/A-S sob PC, valores aproximadamente 3,2 e 2,6 vezes maiores quando comparados aos mesmos tratamentos sob PD, respectivamente, refletindo a importância do não revolvimento do solo e da inserção de plantas de cobertura nos cultivos agrícolas.

**Palavras-chave:** erosão hídrica do solo, USLE, plantio direto, escoamento superficial, perda de água.

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (180p.) Março, 2020.

## R, K AND C USLE'S FACTORS AND EVALUATION OF SOIL LOSSES AND SURFACE RUNOFF ON AN ACRISOL<sup>2</sup>

Author: Luciana da Silva Corrêa Lima

Adviser: Prof. Cláudia Alessandra Peixoto de Barros

**ABSTRACT:** Plot scale soil and water loss data are needed to test the applicability of the provisional soil erosion models and to evaluate the variables and the main factors that affect the erosion process. In Brazil, studies to measure soil erosion rates caused by natural rain have 2 years or less of monitored data. Therefore, long-term experiments are important, especially in erosion studies, because, in addition to being affected by use and management, it is also affected by climatic factors. This work aimed to determine soil and water losses and to obtain the rainfall erosivity (R), soil erodibility (K), and cover-management (C) factors of the universal soil loss equation (USLE) in an area of an Acrisol under natural rainfall in different management systems in the state of Rio Grande do Sul, at south of Brazil. The experiment was conducted in the municipality of Santa Maria, by 1978 and 1986. There were five treatments and one repetition for each treatment, those being: (i) standard plot, which consists of uncovered soil under conventional tillage (CT); (ii) oat/lupine/vetch-maize succession (A/T/E-M) under CT, (iii) barley/oat-soybean (C/A-S) succession under CT; (iv) A/T/E-M succession under no-tillage (NT); (v) C/A-S succession under NT. 139 rainfall events in the winter periods and 137 events in the summer periods were evaluated. Soil and water losses were estimated by treatment. The treatments under NT proved to be efficient in the control of soil losses in relation to the treatments under CT, reducing its losses up to 3.8 times. In water losses, treatments under NT offered only a reduction of 1.5 times in losses. It was observed that, in the winter periods, the 5 days antecedent rainfall directly influenced the runoff rate for treatments under NT. The USLE's R factor for Santa Maria is 7,846.2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. This value represents a high erosive potential for rainfall. The K factor is 0.0372 t ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, which is high, showing considerable susceptibility of the soil to erosion. The highest values of factor C were 0.2278 for the A/T/E-M succession and 0.2257 for C/A-S succession under CT, losses values were, approximately, 3.2 and 2.6 times higher when compared to the same treatments under NT, respectively, reflecting the importance of no-tillage practices and inserting cover crops in agricultural crops.

**Keywords:** soil water erosion, USLE, no-tillage, surface runoff, water losses

---

<sup>2</sup>Dissertation thesis in Soil Science. Graduate Program in Soil Science, Faculty of Agronomy, Federal University of Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (180p.) March, 2020.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I – Introdução geral</b> .....	1
1. Objetivos .....	3
1.1 Objetivo geral.....	3
1.2 Objetivos específicos .....	3
<b>CAPÍTULO II – Revisão bibliográfica</b> .....	4
1.Erosão do solo: Uma breve definição e descrição do processo	4
2.Erosão: Escalas e modelagem	5
3.Equação Universal de Perda de Solo (USLE)	7
4.Experimentos de longa duração	8
5.Pesquisa em erosão hídrica no Rio Grande do Sul nas décadas de 70 e 80 .....	9
6.Parâmetros R, K e C da USLE obtidos por meio do monitoramento experimental sob chuva natural: Uma metanálise a nível Brasil .....	11
<b>CAPÍTULO III – Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo no Rio Grande do Sul</b> .....	21
1. Introdução .....	21
2. Material e métodos.....	23
2.1 Caracterização do local de estudo.....	24
2.2 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos .....	26
2.3 Tratos culturais gerais.....	34

2.4 Monitoramento dos eventos de chuva natural .....	36
2.5 Obtenção das perdas de solo e água .....	38
2.6 Análise de dados .....	41
3 Resultados e discussão.....	42
3.1 Perdas médias anuais de solo e água .....	42
3.2 Influência das variáveis lâmina e índice de erosividade das chuvas nas perdas médias anuais.....	51
3.3 Número de ocorrências de eventos de chuva com as maiores perdas de solo e água: Uma análise na escala de eventos de chuva .....	59
4 Conclusões.....	69
<b>CAPÍTULO IV – Obtenção dos fatores K e C da USLE para um Argissolo Vermelho distrófico arênico sob cultivos de inverno/verão e fator R para o município de Santa Maria .....</b>	<b>70</b>
1 Introdução .....	70
2 Material e métodos.....	71
2.1 Determinação do fator R.....	71
2.2 Determinação do fator K.....	74
2.3 Determinação do Fator C.....	75
3 Resultados e discussão.....	77
3.1 Determinação do fator R.....	77
3.2 Precipitação e erosividade das chuvas por ano agrícola .....	82
3.3 Perdas de solo na parcela padrão e determinação do fator K .....	83
3.4 Manejo e cobertura do solo: Fator C .....	84

4. Conclusões.....	97
<b>CAPÍTULO V – Conclusões gerais.....</b>	<b>98</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>98</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>117</b>
<b>Apêndices .....</b>	<b>118</b>

## RELAÇÃO DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Valores de erosividade da chuva (fator R) para diferentes localidades do Brasil encontradas no estudo de metanálise.....	15
<b>Tabela 2</b> – Valores de erodibilidade do solo (fator K) para diferentes tipos de solo encontrados no estudo de metanálise.....	17
<b>Tabela 3</b> – Valores do fator cobertura e manejo do solo (fator C) para diferentes usos e manejo do solo encontrados no estudo de metanálise.....	18
<b>Tabela 4</b> – Continuação da Tabela 3. ....	19
<b>Tabela 5</b> – Perdas médias anuais de solo na parcela-padrão e em sucessão de aveia/tremoço/ervilhaca-milho e cevada/aveia-soja sob preparo convencional e plantio direto em parcelas experimentais monitoradas de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul.....	43
<b>Tabela 6</b> – Perdas médias de água na parcela-padrão e em sucessão de aveia/tremoço/ervilhaca-milho e cevada/aveia-soja sob preparo convencional e plantio direto em parcelas experimentais monitoradas de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul.....	44
<b>Tabela 7</b> – Número de eventos de chuva com as maiores perdas de solo por ano agrícola e por tratamento nas parcelas experimentais monitoradas de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul.....	60
<b>Tabela 8</b> – Número de eventos de chuva com as maiores perdas de água por ano agrícola e por tratamento nas parcelas experimentais monitoradas de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul.....	62
<b>Tabela 9</b> – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de inverno do ano agrícola de 1978-79, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto.....	65
<b>Tabela 10</b> – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de inverno do ano agrícola de 1979-80, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto.....	66

<b>Tabela 11</b> – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de inverno do ano agrícola de 1980-81, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto .....	66
<b>Tabela 12</b> – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de inverno do ano agrícola de 1983-84, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto .....	67
<b>Tabela 13</b> – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de verão do ano agrícola de 1979-80, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto. ....	67
<b>Tabela 14</b> – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de verão do ano agrícola de 1980-81, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto. ....	68
<b>Tabela 15</b> – Duração média dos períodos das culturas de inverno e verão ....	76
<b>Tabela 16</b> – Quantidade e erosividade anual das chuvas no centros de pesquisa do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), em Santa Maria, RS, durante o período de 8 anos (de maio de 1978 a junho de 1986) ..	78
<b>Tabela 17</b> – Classe para interpretação do índice de erosividade anua .....	82
<b>Tabela 18</b> – Datas iniciais e finais, duração do ciclo das culturas, quantidade de chuva (mm) e índice de erosividade ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) para os cultivos de inverno e verão no centro de pesquisa do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), em Santa Maria, RS, durante o período de 8 anos (de maio de 1978 a junho de 1986) de monitoramento .....	83
<b>Tabela 19</b> – Perdas de solo no tratamento solo descoberto (parcela padrão da USLE) para determinação do fator K nos 8 anos de condução do experimento monitorado de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul. ....	84
<b>Tabela 20</b> – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de aveia e milho em preparo convencional (A/T/E-M), cevada e soja (C/A-S) em preparo convencional, aveia e milho em plantio direto (A/T/E-M) e cevada e soja	

em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1978-79 em Santa Maria, RS ..... 87

**Tabela 21** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de aveia e milho em preparo convencional (A/T/E-M), cevada e soja (C/A-S) em preparo convencional, aveia e milho em plantio direto (A/T/E-M) e cevada e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1978-79 em Santa Maria, RS ..... 88

**Tabela 22** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de tremoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, tremoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1980-81 em Santa Maria, RS ..... 89

**Tabela 23** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de tremoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, tremoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1981-82 em Santa Maria, RS ..... 90

**Tabela 24** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de tremoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, tremoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1982-83 em Santa Maria, RS ..... 91

**Tabela 25** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de tremoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, tremoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1983-84 em Santa Maria, RS ..... 92

**Tabela 26** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de tremoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, tremoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja

em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1984-85 em Santa Maria, RS ..... 93

**Tabela 27** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de ervilhaca e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, ervilhaca e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1985-86 em Santa Maria, RS ..... 94

**Tabela 28** – Síntese dos valores de fator C para os diferentes sistemas de preparo e manejo do solo e sucessões de culturas durante os 8 anos de monitoramento do experimento, de maio de 1978 a junho de 1987, em Santa Maria, RS ..... 95

## RELAÇÃO DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Resultados de pesquisa nas bases de dados. ....	12
<b>Figura 2</b> – Localização dos estudos com fator R ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) encontrados na metanálise. ....	14
<b>Figura 3</b> – Localização da área experimental. ....	25
<b>Figura 4</b> – Croqui da área experimental: PP – Parcela-padrão; A/T/E-M PC – Sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional; C-A/S PC – Sucessão cevada/aveia-soja em preparo convencional; A/T/E-M PD – Sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto; C/A-S PD – Sucessão cevada/aveia-soja em plantio direto .....	27
<b>Figura 5</b> – Croqui de uma parcela-padrão de acordo com a metodologia da Equação Universal de Perda de Solo (Universal Soil Loss Equation – USLE) 28	
<b>Figura 6</b> – Ilustração realista das parcelas experimentais. (Fotos: Cassol, E. A.) .....	29
<b>Figura 7</b> – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e o índice de erosividade nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 à 1986.....	52
<b>Figura 8</b> – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e a lâmina de chuva nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 à 1986.....	52
<b>Figura 9</b> – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e o índice de erosividade nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 à 1986, com a exclusão do ano agrícola de 1983-84.....	54
<b>Figura 10</b> – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e a lâmina de chuva nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 à 1986, com a exclusão do ano agrícola de 1983-84. ....	54

<b>Figura 11</b> – Relações entre as perdas de água médias acumuladas e o índice de erosividade nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 a 1986.....	56
<b>Figura 12</b> – Relações entre as perdas de água médias acumuladas e a lâmina de chuva nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 a 1986.....	56
<b>Figura 13</b> – Relações entre as perdas de água médias acumuladas e o índice de erosividade nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 a 1986, com a exclusão do ano agrícola de 1983-84.....	57
<b>Figura 14</b> – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e a lâmina de chuva nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 a 1986, com a exclusão do ano agrícola de 1983-84. ....	58
<b>Figura 15</b> – Pluviograma de precipitação. ....	73
<b>Figura 16</b> – Distribuição média mensal pluvial, entre maio de 1978 a junho de 1986 em Santa Maria, RS, incluindo chuvas erosivas e não erosivas. ....	79
<b>Figura 17</b> – Distribuição média mensal pluvial e índice $EI_{30}$ mensal entre maio de 1978 a junho de 1986 em Santa Maria, RS.....	80

## **CAPÍTULO I – Introdução geral**

A produção agrícola pode estar associada a práticas de manejo que degradam e colocam em risco sistemas de solo e água, dos quais a agricultura é dependente. O interesse em avaliar a qualidade e a saúde desses sistemas tem sido estimulado pelo aumento da conscientização de que o solo é um componente importante da biosfera terrestre, funcionando não apenas na produção de alimentos, mas também na manutenção de qualidade ambiental local, regional e global (GLANZ, 1995).

O termo “saúde do solo” retrata o solo como um sistema dinâmico e vivo cujas funções são mediadas por uma diversidade de organismos vivos que requerem manejo e conservação (DORAN; ZEISS, 2000). Os solos degradados têm um estado de saúde tal qual não fornecem os bens e serviços que são capazes de fornecer quando estão em seu estado natural no ecossistema, onde a erosão do solo é o maior fator contribuinte, podendo ser agravada por práticas inadequadas de manejo (FAO, 2020).

Dentro deste contexto, segundo um relatório da FAO (2011), das áreas agricultáveis do mundo, 25%, 8% e 36% estão altamente, moderadamente e ligeiramente degradadas, respectivamente; 18% estão totalmente desprovidas de vegetação e apenas 10% estão em processo de recuperação. Esses sistemas em risco podem não ser capazes de atender às demandas humanas por alimento até 2050 (FAO, 2015). Dividindo a atual quantidade de terras cultivadas pelas populações projetadas, pode-se estimar a área de terra per capita em 2050, sendo que, nos países desenvolvidos, esta área cultivada per capita mudaria pouco e, nos países menos desenvolvidos, a área cultivada per capita deverá cair para 0,1 ha até 2050, a menos que haja expansão de áreas cultivadas (FAO, 2015). O conhecimento sobre a cobertura do solo e seu uso são essenciais para

entender as mudanças que estão ocorrendo com respeito ao recurso natural solo, especialmente para se obter melhores informações sobre áreas agricultáveis, em particular, informações de extensão, propósito e intensidade de uso, que são vitais para formular respostas adequadas (FAO, 2015).

Neste sentido, faz-se necessário o uso e intensificação de práticas de manejo que aumentem a capacidade do ecossistema solo em gerar rendimentos sustentáveis e reduza a ameaça para a segurança alimentar. A relação entre a agricultura e o ambiente precisa ser redefinida e o planejamento do uso do solo baseado no ecossistema deve ser reconhecido como uma ferramenta para aprimorar o manejo do solo.

Entre os vários tipos de processos de degradação do solo a erosão hídrica é a mais preocupante, especialmente em regiões de clima úmido, pois faz com que os sedimentos se desprendam e sejam transportados mais facilmente (MIRANDA et al., 2015). Quando há um desequilíbrio no sistema solo, água e cobertura vegetal, através de uma série de transferências de matéria e energia, ocorre o processo de erosão hídrica.

Neste sentido, o monitoramento da erosão hídrica pode ser considerado uma forma de observar e entender esta relação da agricultura e ambiente, podendo ser útil para o planejamento e controle dos riscos envolvidos na agricultura, principalmente no que se refere a diferentes manejos do solo, sendo uma importante ferramenta para promoção de um desenvolvimento agrícola sustentável.

Acredita-se que estudos de campo em erosão sejam escassos no Brasil devido aos custos e tempo de experimentação envolvidos para que se tenha dados representativos.

Logo, por ser um estudo de longa duração com uma série representativa de dados já coletados, este estudo pode vir a contribuir positivamente para este cenário atual.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo geral**

Determinar as perdas de solo e água e obter os fatores R, K e C da USLE em uma área de Argissolo Vermelho distrófico arênico sob chuva natural em diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo no estado do Rio Grande do Sul.

### **1.2 Objetivos específicos**

**a)** Caracterizar os eventos de precipitação por meio (i) das características da chuva como erosividade e lâmina de chuva; (ii) perdas de solo; (iii) perdas de água por escoamento superficial e (iv) coeficiente de escoamento superficial entre os diferentes tratamentos.

**b)** Compreender como os sistemas de manejo, preparo convencional e plantio direto com diferentes sucessões de culturas se comportam frente a variabilidade dos eventos de chuva natural durante 8 anos de monitoramento, por meio das perdas de solo e água.

**c)** Obter o índice de erosividade médio anual em 8 anos, fator R, para a cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

**d)** Obter a erodibilidade do solo de um Argissolo Vermelho distrófico arênico sob chuva natural na região da Depressão Central – RS.

**e)** Obter o fator de cobertura e manejo, fator C, para as sucessões (i) aveia/tremoço/ervilhaca-milho e (ii) cevada/aveia-soja ambos em preparo convencional e plantio direto.

## **CAPÍTULO II – Revisão bibliográfica**

### **1. Erosão do solo: Uma breve definição e descrição do processo**

Erosão é o desgaste da superfície da terra pela força dos agentes erosivos vento e água, que consiste na desagregação, transporte e deposição de partículas de solo. Neste trabalho, o foco será dado à classe de erosão causada pela água da chuva, ou seja, à erosão hídrica pluvial.

A erosão geológica do solo pela água, também conhecida como erosão natural, é o processo constante de desagregação e transporte de partículas do solo no sentido do declive até o ponto de altitude mais baixa da bacia, sendo este no oceano ou em uma bacia endorréica (MCCOOL; WILLIAMS, 2008). A erosão natural do solo resulta de processos que ocorrem sem interferência antrópica, podendo também ser considerada como fator de formação do solo. A atividade humana acelera a erosão além das taxas de erosão geológica do solo (formação do solo), alterando os mecanismos que mantêm o solo no lugar, resistindo à força da gravidade e à energia da água. Por exemplo, a cobertura vegetal cobre e protege a superfície do solo do impacto direto da gota de chuva e do escoamento superficial. Em áreas agrícolas, atividades de monoculturas de culturas anuais bem como pastagens cultivadas sem rotação de culturas, diminuem a quantidade de cobertura vegetal sob o solo, aumentando a suscetibilidade do solo à erosão e a frequência em que os solos estão desprotegidos da água da chuva (MCCOOL; WILLIAMS, 2008).

## 2. Erosão: Escalas e modelagem

A sequência de mecanismos de desagregação, transporte e deposição de partículas de solo do processo erosivo ocorre em uma ampla gama de escalas espaciais e temporais. Esses processos erosivos foram estudados em escala laboratorial, escala de parcelas (CERDÀ, 1997; TURNBULL; WAINWRIGHT; BRAZIER, 2010; CERDÀ; JURGENSEN, 2011) pequenas bacias hidrográficas (BILOTTA et al., 2010) e grandes bacias hidrográficas através da produção de sedimentos (TRIMBLE, 1999; BIRKINSHAW; BATHURST, 2006).

Os modelos de erosão do hídrica do solo se desenvolveram paralelamente e diretamente a partir de trabalhos empíricos; de modelos baseados em dados, como a The Universal Soil Loss Equation (USLE) (WISCHMEIER; SMITH, .1978), para modelos "físicos ou baseados em processos", como o The European Soil Erosion Model (EUROSEM) (MORGAN et al., 1998) e The Water Erosion Prediction Project (WEPP) (NEARING et al., 1989). O desenvolvimento de modelos ajudou a estruturar a compreensão dos fatores fundamentais que controlam os processos de erosão do solo na escala de parcela e campo (CERDÀ, et al., 2013). Apesar desses avanços, no entanto, esta compreensão e capacidade de prever a erosão e a produção de sedimentos na mesma parcela, campo e também em grandes bacias hidrográficas permanecem fracas (CERDÀ, et al., 2013). Alguns estudos demonstram que a produção de sedimentos pode aumentar e diminuir em função da área de drenagem (OSTERKAMP; TOY, 1997; DE VENETE; POESEN, 2005; DE VENETE et al., 2007). Isso demonstra a falta de uma relação simples entre esses parâmetros, pois há uma dominação complexa e dependente da escala de processos em toda a bacia hidrográfica, o que enfatiza a incerteza e uma base conceitual pobre para prever taxas de erosão em escala de parcela e bacia hidrográfica e produção de sedimento (CAMMERAAT, 2002; PARSONS et al., 2006).

Dados de perda de solo e água em escala de parcelas são necessários para testar a aplicabilidade dos modelos provisórios de erosão do solo e avaliar as variáveis e os principais fatores (erosividade da chuva - escoamento superficial, erodibilidade do solo, comprimento da encosta, etc.) que afetam os fenômenos físicos da erosão (BARGARELLO; FERRO, 2004). O processo de

erosão do solo (entressulcos, sulcos, etc.) examinado afeta a escolha da técnica de medição e o esquema experimental utilizado. Em particular, parcelas grandes (> 100 m<sup>2</sup>) devem ser usadas para detectar a erosão combinada de entressulcos e sulcos, enquanto a medição do componente entressulcos exige uma pequena parcela, com uma área de algumas centenas de centímetros quadrados, para evitar o escoamento canalizado associado a sulcos (BARGARELLO; FERRO, 2004).

Já a bacia hidrográfica é uma unidade ecossistêmica e morfológica que integra os impactos das interferências antrópicas sobre os recursos hídricos (JENKINS; PETERS; RODHE, 1994). Constitui um sistema aberto que recebe energia e materiais solúveis onde, em função das mudanças de entrada e saída de energia, ocorrem ajustes internos nos elementos das formas e nos processos associados (SIGRH SP, 2020). Mudanças significativas no comportamento das condições naturais de uma bacia, causadas por processos naturais ou atividade antrópicas, podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos nos seus fluxos energéticos, desencadeando desequilíbrios ambientais e, portanto, a degradação da paisagem (SIGRH SP, 2020). Dentre os processos causadores dessa degradação, destaca-se a erosão dos solos. Nesta escala, além da desagregação e transporte, ocorre a deposição de partículas de solo, podendo este processo ocorrer em maiores ou menores dimensões dependendo da extensão da bacia hidrográfica.

A aplicação de modelos de erosão do solo de base física na escala de bacia hidrográfica permanece difícil devido a grandes requisitos de dados, à necessidade de representação em alta resolução de parâmetros espacialmente distribuídos e aos consequentes altos requisitos computacionais (BRAZIER; HEATHWAITE; LIU, 2005; EVANS; BRAZIER, 2005). Por outro lado, as comparações de modelos demonstram que a aplicação de modelos físicos baseados em processos (por exemplo, WEPP ou The Pan-European Soil Erosion Risk Assessment, PESERA) não resulta, necessariamente, em menores incertezas em comparação com modelos empíricos, estruturados de forma mais simples, como algoritmos do tipo USLE (ALEWELL et al., 2019).

Neste sentido, as abordagens mais amplamente usadas durante um histórico de 80 anos de modelagem de erosão são os algoritmos do tipo Equação

Universal de Perda de Solo (USLE), que têm sido aplicados em 109 países (ALEWELL et al., 2019).

### 3. Equação Universal de Perda de Solo (USLE)

A origem dos modelos do tipo Equação Universal de Perda de Solo foi nos Estados Unidos para fornecer uma ferramenta de apoio à tomada de decisão e foi baseada em milhares de estudos controlados em parcelas de campo e pequenas bacias hidrográficas desde 1930 (WISCHMEIER; SMITH, 1965). Como em todos os métodos empíricos, o conceito de modelo não se baseia na descrição e simulação do processo, mas na compreensão de um processo, capturando os parâmetros mensuráveis e delineando um algoritmo matemático da relação entre esses parâmetros e a saída medida (neste caso, a medida de sedimentos erodidos). Como tal, a USLE foi definida como:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

onde: A, representa a perda de solo média anual calculada em  $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ; R, o fator de erosividade chuva ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ); K, o fator de erodibilidade do solo ( $t \text{ ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ); L, o fator de comprimento do declive (adimensional); S, o fator do grau do declive ou declividade (adimensional); C, o fator de manejo e cobertura do solo (adimensional) e P o fator de práticas conservacionistas complementares (adimensional) (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Ao tentar entender os processos erosivos e os fatores determinantes para a ocorrência da mesma, pode parecer surpreendente que nem o escoamento nem a infiltração tenham sido incluídos no algoritmo da USLE (ALEWELL et al., 2019). No entanto, de uma perspectiva de estatística pura, a erosividade das chuvas foi simplesmente o melhor preditor para a erosão medida como produto e as tentativas de incluir o escoamento até reduziram a qualidade da avaliação (WISCHMEIER; SMITH, 1965; WISCHMEIER, 1966).

Do ponto de vista científico do solo, a infiltração não é um parâmetro útil para esse tipo de modelagem, pois é muito propenso a erros de medição, extremamente variáveis nos solos e dificilmente conseguiremos capturar a infiltração em escalas maiores. A implementação do L e S tem como objetivo capturar o impacto de energia de escoamento superficial que é influenciada por uma mistura de processos e parâmetros. No entanto, deve-se notar que, em todos esses experimentos, a modelagem foi direcionada ao risco de erosão do solo *in situ*, e não à produção de sedimentos de uma bacia hidrográfica (ALEWELL et al., 2019).

Para definir a estrutura matemática do USLE, foi utilizada uma condição de referência, denominada parcela padrão, que foi desenvolvida com base na configuração de experimentos de campo que eram comumente usados. A parcela padrão foi definida como uma parcela de 22,0 m de comprimento, com uma inclinação de 9%, mantida em uma condição de pousio contínuo e lavrado regularmente morro abaixo. A parcela padrão foi utilizada para comparar os dados de perda de solo coletados em parcelas com diferentes declives, comprimentos, cultivo e práticas de manejo e conservação (WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978).

A principal motivação dos primeiros estudos usando a USLE foi quantificar as taxas de erosão do solo e cada fator contribuinte em comparação com os valores de tolerância de perda de solo e avaliar possíveis combinações de sistemas de cultivo e planos de manejo para mitigação (WISCHMEIER; SMITH, 1965; ALEWELL et al., 2019).

#### **4. Experimentos de longa duração**

Experimentos de longa duração permitem o entendimento do comportamento e de efeitos de tratamentos sobre uma variável no passar tempo. A experimentação por vários anos é ainda mais importante em variáveis dependentes de fatores climáticos, visto a grande variabilidade que estes fatores, principalmente a chuva, estão sujeitos entre os anos. A normal climatológica de um elemento climático em uma determinada região é o valor médio correspondente a um número de anos suficiente para se poder admitir

que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado (WMO, 2020). Devido a variabilidade de elementos climáticos, de acordo com as normas da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization – WMO), 30 anos é considerado um número adequado de anos para determinar a normal climatológica de um local (WMO, 2020).

Experimentos de longa duração fornecem um recurso de campo e amostras para pesquisas sobre processos e propriedades de solo, água e planta, especialmente aquelas onde as mudanças ocorrem lentamente e afetam a fertilidade do solo, por exemplo (JOHNSTON; POULTON, 2018). JOHNSTON ; POULTON (2018) ilustram que amostras arquivadas de todas as entradas e saídas são uma fonte inestimável de material para pesquisas futuras, e os dados das amostras atuais e arquivadas podem ser usados para desenvolver modelos para descrever os processos do solo, água e planta.

Além disso, Anache et al. (ANACHE et al., 2017), mostra que, no Brasil, estudos para medir as taxas de erosão do solo por escoamento superficial causado por chuvas naturais possuem 2 anos ou menos de dados monitorados.

Portanto, experimentos de longa duração são importantes, principalmente em estudos de erosão, pois esta, além de ser afetada pelo uso e manejo, é afetada por fatores climáticos. Conduzindo o experimento por vários anos, é possível diluir essa variação e constatar de forma mais exata os efeitos de cada uso e manejo do solo sobre variáveis que se deseja estudar.

## **5. Pesquisa em erosão hídrica no Rio Grande do Sul nas décadas de 70 e 80**

A agricultura na região sul do Brasil, no início da década de 70, era praticada predominantemente utilizando o preparo convencional do solo, com intenso revolvimento com arações e gradagens, seguido ainda pela queima dos resíduos das culturas. Em meados daquela década, com o agravamento dos problemas de erosão em função da agricultura praticada, os órgãos de pesquisa começaram a se preocupar com a realização de experimentação e pesquisa para

apoiar ações de controle da erosão hídrica e da conservação do solo (informação verbal)<sup>3</sup>.

Dentro dessas ações, foi instalado, em 1975, o primeiro experimento de campo na região sul do Brasil, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no município de Eldorado do Sul, visando a determinação das perdas de solo e água por erosão hídrica em diferentes tipos de cobertura vegetal e sistemas de manejo do solo (SILVA, 2016). Essa ação foi o resultado de esforço cooperativo entre o Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS e o Instituto de Pesquisa de Recursos Naturais Renováveis (IPRNR), um dos centros de pesquisa do atual Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), antiga FEPAGRO – Floresta (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária), pertencente a Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação (SEAPI). Em 1977 foi concluída a primeira dissertação de mestrado em erosão do solo da região sul do Brasil (ELTZ, 1977) e, no ano seguinte, foi concluído o segundo trabalho de mestrado (SARAIVA, 1978). A partir de 1979 os trabalhos de campo foram conduzidos pela equipe de solos do DDPA, gerando algumas publicações (ELTZ, et al., 1984a; CASSOL, 1994). Após, os dados obtidos com 8 tratamentos de campo na primeira fase experimental, entre 1976 e 1989 foram reunidos, sistematizados, tabulados e organizados para constituir a base de dados que deram origem a uma terceira dissertação de mestrado (SILVA, 2016) e mais duas publicações (CASSOL et al., 2018; SILVA, *et al.*, 2020).

No mesmo período, entre os anos de 1976 e 1993 foi conduzido um experimento de campo também em parceria entre o Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e o DDPA incluindo a Cooperativa Triticola Serrana Ltda, de Ijuí (Cotrijuí). O experimento implantado a campo fazia parte de um amplo programa de pesquisa desenvolvido em conjunto por instituições de pesquisa como parte de um programa de ações desenvolvido nos anos 70 e 80 do século XX, para intensificar as ações de conservação do solo dentro de um cenário de ampliação da área agrícola e avanço significativo da

---

<sup>3</sup> Informações dadas pelo professor Elenar Antonino Cassol, da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e pesquisador coordenador deste estudo.

erosão do solo, no Estado do Rio Grande do Sul. O monitoramento desta área gerou uma dissertação (SCHMIDT, 2017) e um capítulo de livro (SCHMIDT; CASSOL; SILVA, 2018), bem como contribuiu para o banco de dados em erosão do solo que estava sendo construído.

Já este estudo é baseado em um banco de dados de solo e água de um experimento (descrito nos itens 2.1 e 2.2 do capítulo III deste trabalho) instalado em 1977, que fazia parte da mesma rede de monitoramento. Para a análise de dados de chuva utilizou-se uma série de dados de 9 anos, coletados de 1977 a 1986. Já para análise de perdas de solo e água, bem como para a obtenção dos fatores K e C, utilizou-se os dados coletados entre 1978 e 1986, excluindo o primeiro ano de experimentação, compondo uma série histórica de 8 anos. Em 1984, houve uma publicação com dados iniciais deste experimento, utilizando-se de uma série composta por 4 anos (de 1977 a 1981) (ELTZ, et al., 1984b).

## **6. Parâmetros R, K e C da USLE obtidos por meio do monitoramento experimental sob chuva natural: Uma metanálise a nível Brasil**

A metodologia de metanálise envolve estratégias de pesquisa abrangentes que permitem aos revisores identificar estudos relevantes sobre um tópico definido (DELUCA et al., 2008). A metanálise dos dados da pesquisa básica tem o potencial de produzir bancos de dados ricos em informações que permitem uma análise secundária extensa. Para examinar de maneira abrangente o conjunto de informações disponíveis, os critérios de pesquisa devem ser sensíveis o suficiente para não perder estudos relevantes (MIKOLAJEWICZ; KOMAROVA, 2019).

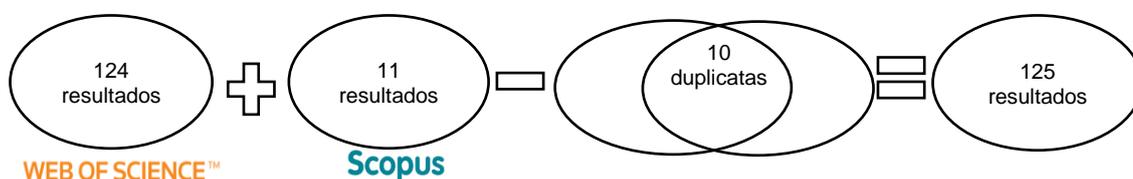
A metodologia de metanálise, aplicada neste capítulo designado à revisão bibliográfica tem o intuito de obter informações sobre a disponibilidade dos fatores erosividade (fator R), erodibilidade (fator K) e de cobertura e manejo do solo (fator C), obtidos através do monitoramento experimental. Uma vez que estes fatores são incorporados em ferramentas de modelagem recentes, os quais possuem The Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) ou The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) em sua estrutura, seria interessante que estes dados, oriundos de experimentos de campo, estivessem disponíveis e reunidos em um banco de dados.

A metanálise iniciou-se pela escolha das bases de dados, sendo estas a Web of Science e Scopus. As strings de busca para cada base foram os seguintes:

- Web of Science: *TS=((usle) OR (erodibility OR erodibilidade OR "k factor" OR "fator k" OR erosivity OR erosividade OR "r factor" OR "fator r" OR "cover management" OR "cobertura e manejo" OR "c factor" OR "fator c") AND ("natural rain\*" OR "chuva\* natura\*")) AND (plot\* OR "parcel\* experiment\*")) AND CU=(brazil)*
- Scopus: *TITLE-ABS-KEY-AUTH((usle) OR (erodibility OR erodibilidade OR "k factor" OR "fator k" OR erosivity OR erosividade OR "r factor" OR "fator r" OR "cover management" OR "cobertura e manejo" OR "c factor" OR "fator c") AND ("natural rain\*" OR "chuva\* natura\*")) AND (plot\* OR "parcel\* experiment\*")) AND (AFFILCOUNTRY(brazil))*

Dentre os parâmetros de inclusão, como critérios principais, colocou-se que o estudo realizado fosse em parcelas experimentais de erosão e sob chuva natural.

Na base de dados Web of Science, foram encontrados 124 resultados e, na base de dados Scopus, foram encontrados 11 resultados. Porém, havia 10 duplicatas, ocorrendo um total de 125 resultados (Figura 1).

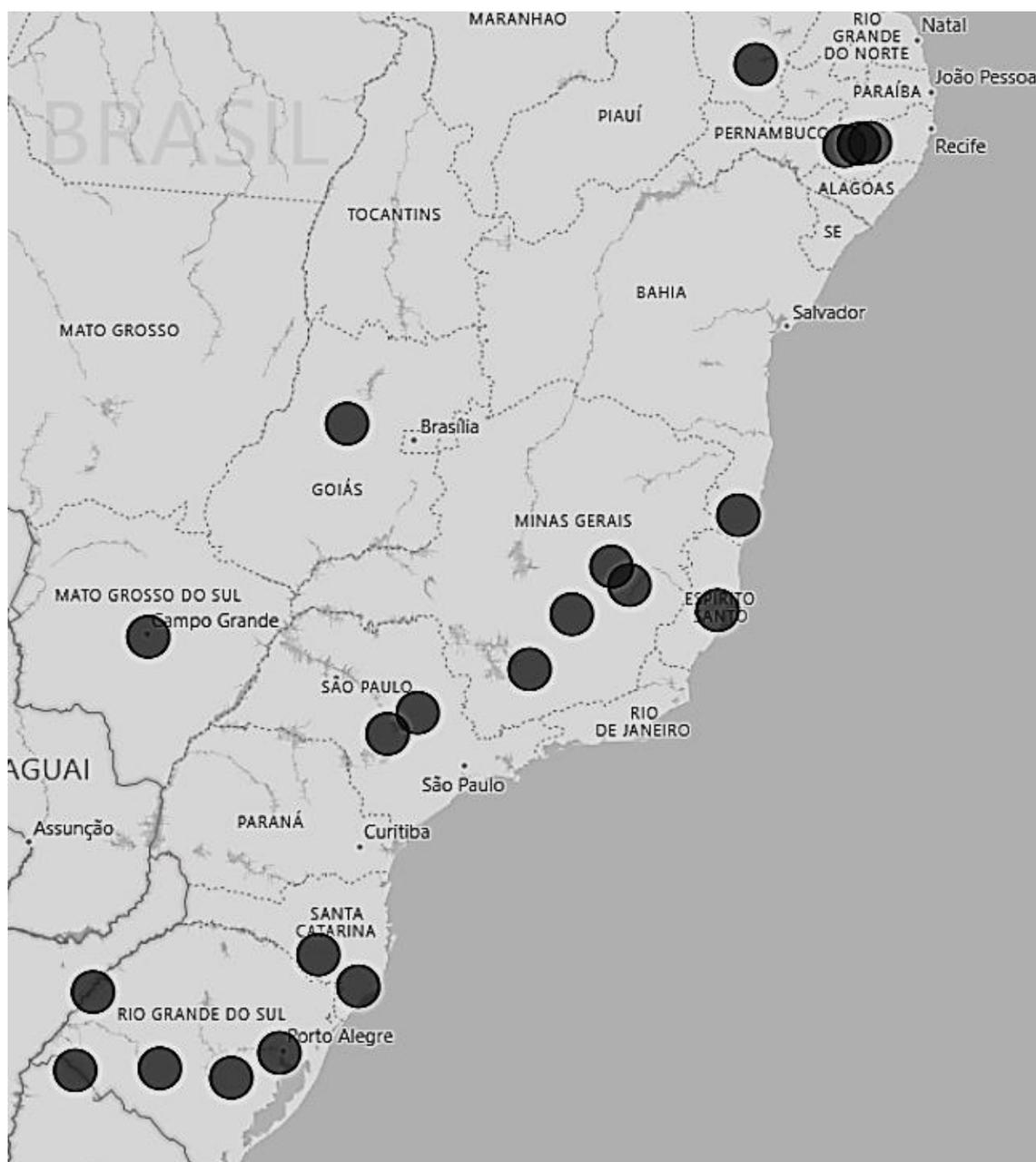


**Figura 1** – Resultados de pesquisa nas bases de dados.

Do total de resultados, conforme os parâmetros de inclusão e exclusão deste estudo, 27 foram considerados como aptos à extração de dados. Além dos 27 estudos utilizados para extração de dados, encontrou-se mais 6 estudos com intuito igual ou similar ao de uma revisão sistemática ou metanálise, mas não tiveram seus dados extraídos. São estes: Silva (2004), Moreira et al. (2006),

Amorim et al. (2010), Machado et al. (2013), Trindade et al. (2016) e Anache et. (2017).

Após a extração de dados, encontrou-se uma maior concentração de trabalhos que determinaram o Fator R na região Sul e Sudeste (Figura 2 e Tabela 1). O menor valor foi encontrado no estado de Pernambuco (SANTOS; MONTENEGRO, 2012) e, o maior valor, foi encontrado no município de Belo Oriente, no estado de Minas Gerais (SILVA et al., 2014) (Tabela 1). Devido a dificuldade em se obter uma série completa e com intervalo de coleta de dados que satisfaçam aos estudos de erosividade e de caracterização dos padrões hidrológicos, os dados utilizados por Santos; Montenegro (2012) pertencem a três estações vizinhas, inseridas no Agreste Central do Estado de Pernambuco (Tabela 1). As séries utilizadas para o cálculo do fator R nos estudos variaram de 1 a 48 anos de duração (Tabela 1). No total de 27 estudos inclusos, 21 deles possuíam valores de fator R.



**Figura 2** – Localização dos estudos com fator R ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) encontrados na metanálise.

**Tabela 1** – Valores de erosividade da chuva (fator R) para diferentes localidades do Brasil encontradas no estudo de metanálise

Cidade	Estado	Região	Fator R (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Ano inicial	Ano final	Ano de publicação	Referência bibliográfica
Ceres	GO	CO	9378,00	2010	2011	2019	Marques et al. (2019)
SI	MS	CO	10440,00	SI	SI	2014	Machado et al. (2014)
Teixeira de Freitas	BA	NE	3438,21	2010	2013	2019	Guimarães et al. (2019)
Iguatu	CE	NE	5716,40	2009	2010	2013	Lima et al. (2013)
Belo Jardim							
Pesqueira	PE	NE	2779,79	1969	2010	2012	Santos; Montenegro. (2012)
Arcoverde							
Eldorado do Sul	RS	S	4228,52	2007	2012	2016	Silva et al. (2016)
Lages	RS	S	4883,00	1993	2012	2014	Schick et al. (2014)
Lages	RS	S	5033,00	1989	2012	2014	Schick et al. (2014b)
Urussanga	SC	S	5665,00	1980	2012	2014	Valvassori et al. (2014)
São Gabriel	RS	S	6432,40	1963	1993	2013	Eltz et al. (2013)
Encruzilhada do Sul	RS	S	5534,30	1958	1988	2011	Eltz et al. (2011)
Rio Grande	RS	S	5135,00	1957	1981	2010	Bazzano et al. (2010)
São Borja	RS	S	9751,00	1956	2003	2008	Cassol et al. (2008)
Quaraí	RS	S	9292,00	1966	2003	2007	Bazzano et al. (2007)
SI	MG	SE	8030,00	2004	2006	2008	Silva et al. (2008)
Itirapina	SP	SE	3550,33	2012	2014	2015	Oliveira et al. (2015)
Belo Oriente	MG	SE	12495,00				
Guanhães	MG	SE	8643,00	2005	2008	2014	Silva et al. (2014)
Aracruz	ES	SE	8536,00	1998	2004	2010	Martins et al. (2010)
Lavras	MG	SE	4865,00	1998	2002	2009	Silva et al. (2009)
Aracruz	ES	SE	6594,50	1999	2002	2004	Cardoso et al. (2004)
São Manuel	SP	SE	7487,00	1950	1998	2003	Moreti et al. (2003)

SI – Sem Informação.

Na Tabela 2, encontram-se valores de fator K encontrados na metanálise realizada neste trabalho. No total de 27 estudos inclusos, 13 deles possuíam valores de fator K.

Na metanálise realizada deste estudo, tanto no planejamento do string de consulta como na extração dos dados de fator K dos resultados encontrados, se deu preferências àqueles fatores obtidos através da metodologia direta (ou seja, determinou-se este fator com base nas medições de campo) e sob chuva natural. Porém, um dos estudos traz dados de fator K determinado sob condições de chuva simulada, e não natural. É o caso dos valores de erodibilidade de 0,021, 0,003 e 0,002 t ha h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> para Nitossolo Vermelho eutrófico chernossólico, Latossolo Vermelho eutrófico típico muito profundo e Latossolo Vermelho distrófico típico muito profundo, respectivamente (MARQUES et al., 2019) (Tabela 2).

Na Tabela 3, encontram-se valores de fator C encontrados na metanálise realizada neste trabalho. No total de 27 estudos inclusos, 8 deles possuíam valores de fator C, não incluindo aqueles estudos que tinha apenas a parcela-padrão em monitoramento. Os estudos que possuíam apenas a parcela-padrão são aqueles que determinaram o fator K. Com estes resultados, é possível constatar a falta de dados para caracterizar o fator C em diferentes usos, manejos e cobertura do solo a nível Brasil.

**Tabela 2** – Valores de erodibilidade do solo (fator K) para diferentes tipos de solo encontrados no estudo de metanálise

Tipo de solo	Fator K (t ha h MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	Ano inicial	Ano final	Referência bibliográfica
Argissolo Amarelo	0,1400	2010	2013	Guimarães et al. (2019)
Nitossolo Vermelho eutrófico chernossólico	0,021*	2010	2011	Marques et al. (2019)
Latossolo Vermelho eutrófico típico muito profundo	0,003*			
Latossolo Vermelho distrófico típico muito profundo	0,002*			
Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico	0,0338	1976	1989	Cassol et al. (2018)
Argissolo Vermelho distrófico latossólico	0,0026	2007	2012	Silva et al. (2016)
Neossolo Quartzarênico órtico	SI	2012	2014	Oliveira et al. (2015)
Argissolo Vermelho-Amarelo	SI	2011	2012	Lima et al. (2014)
Cambissolo Húmico alumínico léptico	0,0175	1993	2012	Schick et al. (2014)
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,0002	2005	2008	Silva et al. (2014)
Latossolo Vermelho	0,0001			
Cambissolo Háplico distrófico típico	0,0355	1998	2002	Silva et al. (2009)
Latossolo Vermelho distroférico típico	0,0032			
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico	0,0100	2004	2006	Silva et al. (2008)
Latossolo Vermelho distrófico típico	0,0040			
Cambissolo Háplico distrófico típico	0,0240			
Cambissolo Húmico alumínico léptico	0,0180	2002	2005	Amaral et al. (2008)
Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico	SI	1960	1972	Prochnow et al. (2005)
Latossolo Vermelho distroférico típico	0,0091	1994	1996	Cogo ; Levien ; Schwarz (2003)

\* – valores determinados sob condições de chuva simulada.

**Tabela 3** – Valores do fator cobertura e manejo do solo (fator C) para diferentes usos e manejo do solo encontrados no estudo de metanálise

Uso do solo	Fator C	Ano inicial	Ano final	Referência bibliográfica
Parcela-Padrão da USLE Floresta nativa Eucalipto	1,0000 0,0050 0,0050	2010	2013	Guimarães et al. (2019)
Parcela-Padrão da USLE	1,0000	2010	2011	Marques et al. (2019)
Parcela-Padrão da USLE	1,0000	1976	1989	Cassol et al. (2018)
Parcela-Padrão da USLE Plantação de clones híbridos de <i>Eucalyptus saligna</i> , estabelecida em 2004	1,0000 0,1210	2007	2012	Silva et al. (2016)
Plantação de clones híbridos de <i>E. urophylla</i> , <i>E. maidenii</i> , <i>E. globules</i> , estabelecida em 2001	0,0160			
Mata nativa, como referência de um sistema de equilíbrio	0,0150			
Parcela-Padrão da USLE Vegetação nativa do Cerrado	1,0000 0,0130	2012	2014	Oliveira et al. (2015)
Parcela-Padrão da USLE Milho em monocultivo Feijão-de-porco em monocultivo Milho e feijão-de-porco consorciados	1,0000 0,0770 0,0540 0,0390	2011	2012	Lima et al. (2014)
Parcela-Padrão da USLE	1,0000	1993	2012	Schick et al. (2014)

**Tabela 4 – Continuação da Tabela 3**

Uso do solo	Fator C	Ano inicial	Ano final	Referência bibliográfica
Eucalipto com plantio em contorno	0,1200	2005	2008	Silva et al. (2014)
Eucalipto com plantio em contorno, sem preparo do solo	0,1200			
Mata nativa (mata atlântica), sistema de refência	0,0900			
Pastagem plantada (braquiária)	0,2200			
Parcela-Padrão da USLE	1,0000			
Parcela-Padrão da USLE	1,0000	1998	2002	Silva et al. (2009)
Plantação de eucalipto em área degradada, com exposição do solo	0,1620	2004	2006	Silva et al. (2008)
Pastagem plantada (braquiária)	0,0320			
Pastagem nativa em Latossolo	0,0290			
Pastagem nativa em Cambissolo	0,0480			
Sucessão soja-trigo em preparo convencional	0,2300	2002	2005	Amaral et al. (2008)
Sucessão soja-trigo em preparo reduzido	0,0600			
Sucessão soja-trigo em semeadura direta	0,0230			
Parcela-Padrão da USLE	1,0000			
Cafeeiro (Coffea arabica L.) com espaçamento 3,0 x 0,5	0,1354	1960	1972	Prochnow et al. (2005)
Cafeeiro (Coffea arabica L.) com espaçamento 3,0 x 1,0	0,0866			
Cafeeiro (Coffea arabica L.) com espaçamento 3,0 x 2,0	0,0995			
Cafeeiro (Coffea arabica L.) com espaçamento 3,0 x 3,0	0,1412			
Cafeeiro (Coffea arabica L.) com espaçamento 4,0 x 2,0	0,1004			
Parcela-Padrão da USLE	1,0000	1994	1996	Cogo; Levien; Schwarz (2003)

Dentre os estudos encontrados na metanálise, aqueles que foram considerados como inaptos para inclusão nesta pesquisa (98), tiveram como principal motivo não terem os parâmetros R, K e C da USLE estimados através da experimentação.

A maioria dos trabalhos foram nas regiões sul e sudeste, mostrando que há lacunas de pesquisas em regiões de importância agrícola para o país.

As bases Web of Science e Scopus localizam materiais da chamada literatura cinzenta, mas não possuem um grande arcabouço nesta categoria, estando limitadas a publicações de anais que se enquadrem a determinados critérios de qualidade.

Logo, como próxima etapa deste estudo, seria interessante incluir-se a base de dados Google Acadêmico, com o intuito de abranger os repositórios digitais das universidades, onde estão armazenadas teses e dissertações.

Com isto, realizou-se uma série de testes na plataforma Google Acadêmico, recomenda-se que o string de pesquisa a ser utilizado nesta base de dados para evolução deste estudo seja:

- *(usle) AND (erodibilidade OR "fator k" OR erosividade OR "fator r" OR "cobertura manejo" OR "fator c") AND ("chuva natural" OR "precipitação") AND (parcel\* AROUND (2) experiment\*) AND (brasil)*

Onde foi possível encontrar, até o momento, um total de 525 resultados a serem estudados.

## **CAPÍTULO III – Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo no Rio Grande do Sul**

### **1. Introdução**

A erosão hídrica é o mais preocupante processo de degradação do solo, especialmente em regiões de clima úmido, pois faz com que os sedimentos se desprendam e sejam transportados mais facilmente (MIRANDA et al., 2015).

No Brasil, a taxa de perda de solo anual tem sido estimada entre 600 e 800 milhões t ano<sup>-1</sup> (HERNANI et al., 2002; MERTEN; MINELLA, 2013). Porém, as contribuições das diferentes atividades agrícolas que somam para esta grande quantidade ainda não estão bem compreendidas, pois há falta de informações sobre o quanto cada tipo de atividade contribui individualmente para tal, tornando-se difícil a definição de práticas eficazes para o controle de erosão no país (MERTEN; MINELLA, 2013).

Neste sentido, o monitoramento das perdas de solo e água pode ser considerado uma forma de observar e entender esta relação da agricultura e ambiente, podendo ser útil para o planejamento e controle dos riscos envolvidos na agricultura. Pesquisas sobre a erosão do solo são frequentemente realizadas em parcelas delimitadas, das quais tanto o escoamento quanto a perda de solo são monitorados após cada evento de chuva (FOSTER; RENARD, 2002; MORGAN, 2005; NANKO et al., 2015; SADEGHI et al., 2015; MWANGO et al., 2016; STROHMEIER et al., 2016; TOY; ZHAO et al., 2017; ANACHE et al., 2017). Segundo Anache et al. (2017), estudos para medir as taxas de erosão do solo por escoamento superficial causado por chuvas naturais a partir de parcelas começaram no início de 1900 nos Estados Unidos. Já no Brasil, o primeiro

estudo experimental na escala de parcela foi realizado na década de 1940. Porém, desde os anos 2000, onde ocorreu um pico de estudos experimentais em erosão do solo, houve uma diminuição de aproximadamente 86% destes estudos de campo (ANACHE et al., 2017). Além disso, cerca 50% dos estudos experimentais possuem 2 anos ou menos de dados monitorados (ANACHE et al., 2017). É importante aumentar-se o período de monitoramento dos locais experimentais no Brasil para reduzir a variabilidade dos dados observados e permitir o desenvolvimento de modelos e apoiar os tomadores de decisão (MERTEN; MINELLA, 2013; ANACHE et al., 2017).

Além disso, desde o início da inserção dos experimentos de longa duração pesquisadores têm mostrado que, em sistemas de preparo convencional, a perda de solo é maior do que em sistemas de cultivo mínimo e plantio direto (IAPAR, 1981; SCHICK, 2014). Em trabalho realizado no Paraná, Merten et al. (2015), encontrou resultados onde, em parcelas experimentais de erosão sob chuva natural, o sistema plantio direto foi muito eficiente no controle da erosão quando comparado aos tratamentos sob maior perturbação ao solo. No entanto, essa eficiência no controle da perda de solo não foi comparada à eficiência do sistema no controle da perda de água por escoamento superficial (MERTEN et al., 2015). O efeito positivo de maior resíduo na superfície do solo gerado pelo plantio direto realizado no sul do Brasil é incontestável no controle da perda de solo (LONDERO et al., 2018).

No entanto, alguns estudos mostram que o plantio direto somente com sucessão de culturas não é o suficiente para a eficiência desse controle, indicando a importância da retomada de preceitos conservacionistas com base na rotação de culturas e maior aporte de fitomassa (DEUSCHLE et al., 2019). Além disso, Deuschle et al. (2019) argumenta que o comportamento das perdas de solo e água no sistema de plantio direto é dependente da magnitude e intensidade do evento de chuva, sendo que, quando há eventos de maior magnitude e intensidade, esse sistema se mostra o mais vulnerável ao escoamento superficial, sendo ineficiente para controlar o problema de erosão do solo. Entretanto, quando se observa a dinâmica da água nesses sistemas, não é possível notar um comportamento padrão, ocorrendo, em alguns casos, maior perda de água em sistemas de plantio direto (BERTOL, 2016; LEMOS, 2011), o que geralmente não é esperado. Fonseca; Cassol (2002), avaliaram

perdas de solo e água em sistemas de rotação de culturas sob preparo convencional e sem preparo do solo em diferentes intensidades de chuva simulada. Verificou-se que o sistema sem preparo do solo apresentou perda total de solo de  $1,20 \text{ t ha}^{-1}$ , significativamente menor que  $7,07 \text{ t ha}^{-1}$  no sistema com preparo convencional do solo (FONSECA; CASSOL, 2002). As perdas totais de água observadas em ambos os sistemas de semeadura não diferiram entre si (FONSECA; CASSOL, 2002).

Por fim, acredita-se que estudos de campo em erosão sejam escassos no Brasil devido aos custos e tempo de experimentação envolvidos para que se tenha dados representativos. Logo, por ser um estudo de longa duração com uma série representativa de dados já coletados, este pode vir a contribuir positivamente para o cenário atual.

Nesse contexto, este capítulo do estudo tem como objetivo avaliar as perdas de solo e água em um experimento de longa duração sob chuva natural e sob diferentes sistemas de manejo e cobertura no sul do Brasil.

## **2. Material e métodos**

Primeiramente, vale salientar-se que, neste estudo, utilizou-se o período caracterizado como ano agrícola como unidade de avaliação temporal. Ano agrícola é diferente do ano civil. O ano fiscal abrange o período de 12 meses e normalmente é encerrado em 31 de dezembro de cada ano, coincidindo com o ano civil. O ano da atividade da empresa rural é diferente do ano fiscal, pois a produção agropecuária, essencialmente sazonal, concentra-se em determinado período do ano, que pode ser alguns dias ou meses. Na agricultura, geralmente, logo após a colheita.

Logo, o ano agrícola corresponde, geralmente, ao período de 12 meses, que engloba o início do cultivo até a colheita. É decorrente da concentração da receita, na referida atividade, durante ou logo após a colheita, diferindo das demais empresas que apresentam receitas e despesas constantes durante os meses do ano (COSTA; LIBONATI; RODRIGUES, 2004).

Neste experimento, o ano agrícola foi o período entre o preparo do solo e semeadura das culturas com ciclos de inverno/primavera (aveia, cevada e

ervilhaca) e a colheita das culturas com ciclos de verão/outono (soja e milho) e preparo do solo para as culturas seguintes. Para facilitar a apresentação de dados, o período de inverno/primavera foi tratado como período de inverno e o período de verão/outono como período de verão.

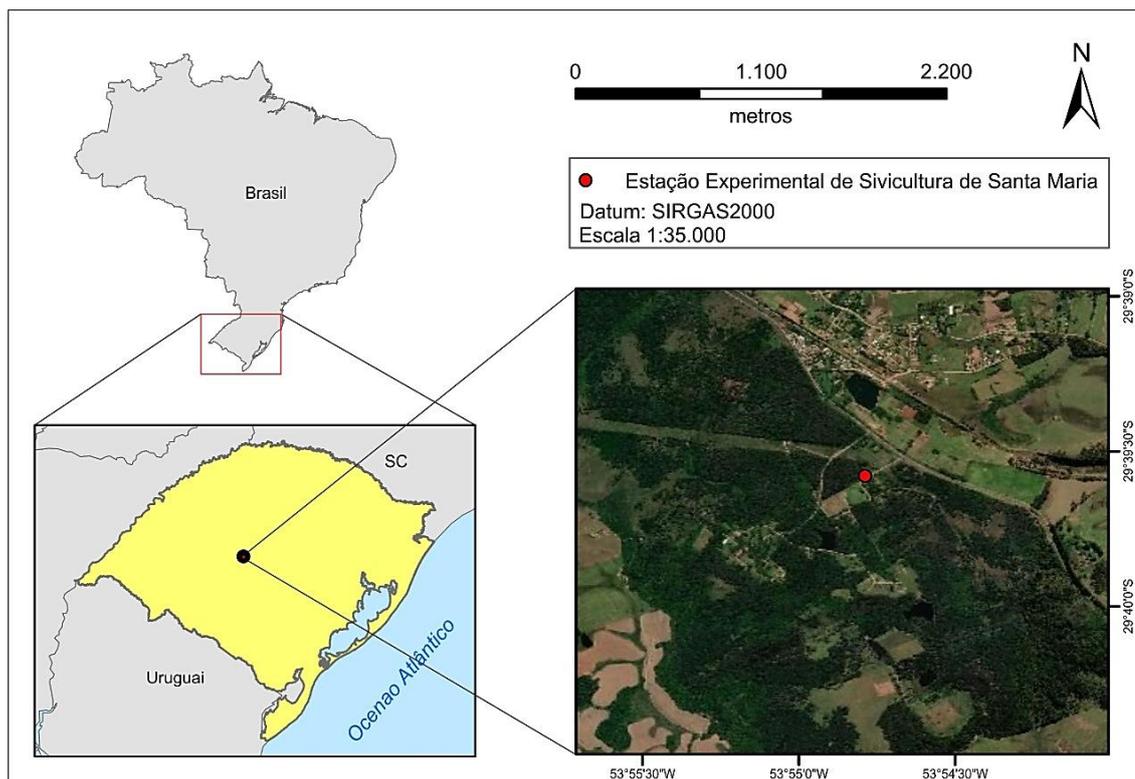
## **2.1 Caracterização do local de estudo**

O experimento foi instalado em 1977 em um dos centros de pesquisa do atual Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), antiga FEPAGRO – Floresta (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária), pertencente a Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação (SEAPI), localizada no distrito de Boca do Monte, no município de Santa Maria. Na época de sua instalação o local era conhecido, por Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria (EESSM), pertencente ao Governo Estadual do RS.

O município de Santa Maria está localizado na região fisiográfica da depressão central, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre as latitudes 29°30' e 29°45' Sul e as longitudes 54° e 54°15' Oeste (Figura 3). Está situada entre 90 e 135 m de altitude.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, sem estiagem. Tem como características climáticas principais, a temperatura média do mês mais quente superior a 22° C e a do mês mais frio oscila entre 13 e 18° C. Estão compreendidas entre 10° e 22° C as temperaturas médias anuais. A precipitação média anual é de 1578 mm, de acordo com dados de chuva diária de 1962 a 2012 cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, e umidade relativa do ar média é de 82 % (MORENO, 1961).

O solo de estudo foi classificado como um Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2013).



**Figura 3** – Localização da área experimental.

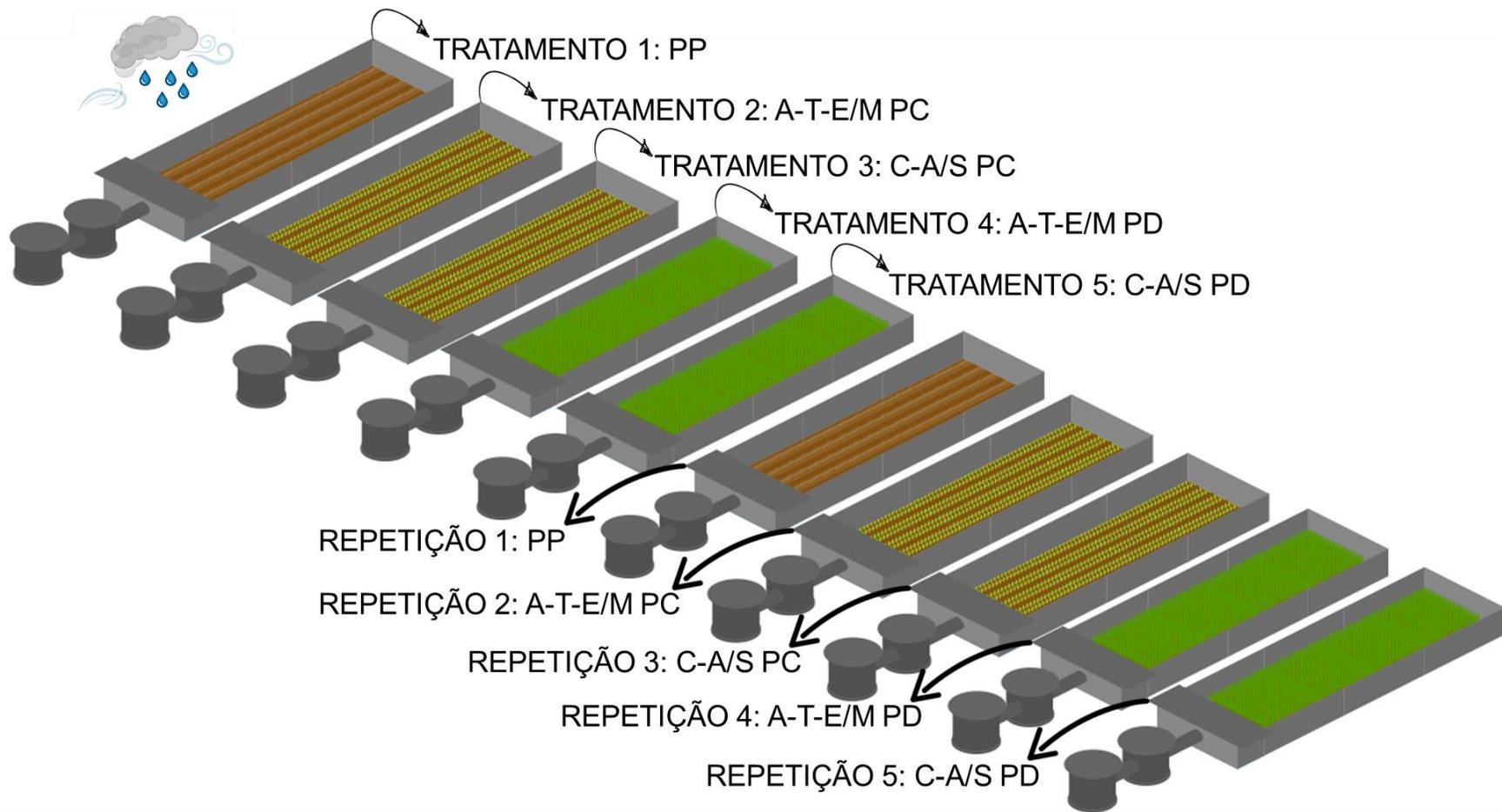
Neste trabalho, os valores obtidos no primeiro ano experimental não são utilizados nas análises de perdas de solo e água, isto porque no primeiro ano ocorre a estabilização do sistema experimental implantado, podendo-se assim, minimizar o efeito residual do manejo e cobertura do período anterior à experimentação. Dessa forma, neste capítulo, considerou-se os dados de chuva e perdas de solo e água a partir do inverno de 1978. Além disso, de acordo com recomendações técnicas de manejo da fertilidade do solo da época, realizou-se aplicação de calcário incorporado ao solo seguida de adubação, com uma lavração e duas gradagens, em dezembro de 1982. Logo, o ano agrícola de 1983-84 também foi excluído de algumas das análises realizadas neste estudo, ainda na tentativa de diminuição do efeito residual do preparo convencional do solo, principalmente nas parcelas que estavam sob manejo de plantio direto.

## 2.2 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

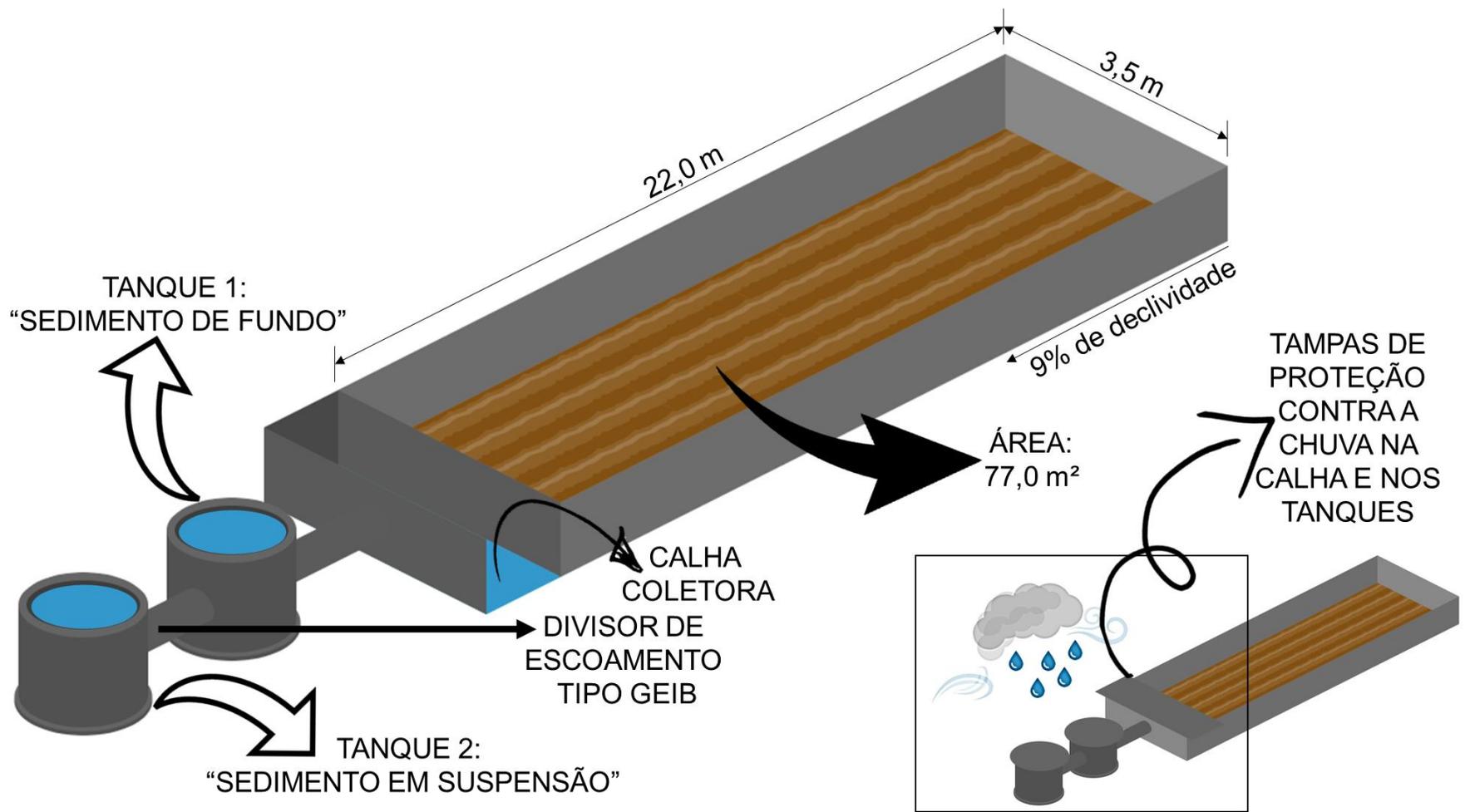
O delineamento experimental foi realizado com cinco tratamentos e uma repetição para cada tratamento, totalizando 10 parcelas experimentais (Figura 4). As parcelas tinham dimensões de 22,0 × 3,5 m, formando uma área de 77 m<sup>2</sup> com declividade de 9%. As parcelas foram delimitadas por chapas galvanizadas fixadas ao solo em profundidade de aproximadamente 10 cm nas laterais e na extremidade superior, havendo na extremidade inferior um sistema coletor de escoamento, sendo composto por uma calha e dois tanques; onde no primeiro tanque era realizada a coleta do material de maior granulometria, chamado de “sedimento de fundo”; e no segundo era realizada a coleta do material mais fino, denominado de “sedimento em suspensão” (Figura 5). Os tanques utilizados, tanto o primeiro e o segundo, são ilustrados nas Figuras 5 e 6.

O arranjo experimental não foi delineado de acordo com as regras da estatística convencional e sim de modo a facilitar o manejo e tratos culturais da área (Figura 4).

Além disso, nos itens a seguir, a caracterização de cada tratamento foi descrita de modo a situar o leitor no cenário agrônomo do período em que o experimento foi monitorado em comparação com o atual (item 2.2.1).



**Figura 4** – Croqui da área experimental: PP – Parcela-padrão; A/T/E-M PC – Sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional; C-A/S PC – Sucessão cevada/aveia-soja em preparo convencional; A/T/E-M PD – Sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto; C/A-S PD – Sucessão cevada/aveia-soja em plantio direto



**Figura 5** – Croqui de uma parcela-padrão de acordo com a metodologia da Equação Universal de Perda de Solo (Universal Soil Loss Equation – USLE)



**Figura 6** – Ilustração realista das parcelas experimentais.<sup>4</sup> (Fotos: Cassol, E. A.)

### 2.2.1 Tratamentos

Os tratamentos deste experimento, com exceção do Tratamento 1, visaram executar a prática de sucessão de culturas, com o cultivo de diferentes culturas, preferencialmente com sistemas de raízes diferentes entre si, como por exemplo, gramíneas e leguminosas, no inverno ou no verão, onde cada espécie desenvolve um efeito residual positivo para o solo e para o meio ambiente ou para a cultura sucessora. As espécies gramíneas semeadas no inverno foram aveia e cevada e, no verão, o milho. Já as espécies de leguminosas semeadas no inverno foram tremoço e ervilhaca e, no verão, a soja.

Como a intenção deste trabalho era avaliar a influência dos diferentes tipos de manejo do solo na erosão hídrica, o fator práticas conservacionistas de suporte, fator P, da USLE, não foi testado no experimento e foi considerado 1, pois este mede a relação entre perda de solo e determinada prática de

---

<sup>4</sup> NOTA: Como não havia nenhuma foto deste estudo, as fotos aqui utilizadas são de uma área experimental que pertencia à rede de monitoramento mencionada neste texto anteriormente, na região da Depressão Central, no município de Eldorado do Sul, no Rio Grande do Sul (SILVA, 2016). Todos os estudos dessa rede de monitoramento foram instalados da mesma maneira e usando materiais iguais. A diferença destacada aqui é que, neste estudo, a inclinação da área foi de 9%, enquanto a inclinação da área na Figura 3 foi de 12%.

conservação e a perda resultante quando a cultura está implantada no sentido do declive (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Dentre essas práticas conservacionistas mais comuns nas lavouras para as culturas anuais estão o preparo e plantio em contorno, cultivo em faixas, cordão de pedras, capinas e terraceamento (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Bertoni; Lombardi Neto (1990) avaliaram alguns valores de fator P obtidos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico, sendo o valor de 1,0 para plantio morro abaixo (no sentido do declive).

Inicialmente, pensou-se que seria interessante realizar o experimento com repetições, sendo este o único experimento da rede de monitoramento a ter repetições e não somente diferentes tratamentos. Resolveu-se avaliar como seriam os resultados entre as repetições ao longo dos anos, porém a variabilidade foi muito grande, chegando-se à conclusão de que se precisaria de mais uma repetição para conclusões mais acuradas, o que inviabilizaria a execução do experimento no sentido técnico e prático, pois tornaria a dinâmica para a equipe de trabalho mais complexa e onerosa.

**a) Tratamento 1 – Parcela-padrão**

Solo descoberto em preparo convencional. Essa é a parcela padrão da Equação Universal de Perda de Solo, onde o preparo do solo é realizado com uma aração e duas gradagens no sentido do declive. O preparo era realizado duas vezes ao ano, simultaneamente aos preparos das parcelas com culturas anuais. Para mantê-la descoberta, durante todo o ano eram realizadas capinas com enxada ou retirada manual da vegetação espontânea. Neste trabalho, a parcela padrão com solo descoberto em preparo convencional será referida como PP. Porém, em alguns itens deste capítulo, serão apresentadas as análises realizadas somente com os tratamentos envolvendo cultivos agrícolas, pois aqui a finalidade é avaliar cenários de perdas de solo e água nas lavouras. Logo, as parcelas sob o tratamento 1 não foram analisadas em alguns momentos.

**b) Tratamento 2 – Sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional**

Nos dois primeiros anos de experimento, ocorreu sucessão aveia-milho em preparo convencional, com uma aração e duas gradagens, realizadas no sentido do declive incorporando os restos culturais. A aveia (*Avena sativa*) foi - semeada com espaçamento de 17 cm entrelinhas, depositando-se 60 sementes por metro linear. As características técnicas de semeadura do cultivo de aveia ainda se mantêm assim até hoje (LÂNGARO; CARVALHO, 2014). O milho (*Zea mays*) foi semeado com espaçamento de 100 cm entrelinhas, depositando-se 6 sementes por metro linear. O que ainda não é muito diferente do espaçamento e densidade de plantas de milho utilizadas convencionalmente no Brasil hoje em dia (ROSA; EMYGDIO; BISPO, 2017). De acordo com Rosa; Emygdio; Bispo (2017), o interesse em cultivar milho utilizando espaçamentos entrelinhas reduzidos, de 45 cm a 60 cm, têm crescido nos últimos anos em diferentes regiões produtoras, principalmente entre os produtores que trabalham com densidades de semeadura maiores que 5,0 plantas m<sup>-2</sup> e alcançam rendimentos de grãos superiores a 6,0 t ha<sup>-1</sup>. A redução do espaçamento entrelinhas tem como vantagem a cobertura antecipada da superfície do solo que também pode auxiliar a protegê-lo, aumentando a cobertura do dossel, a rugosidade da superfície, diminuindo o impacto da gota de chuva e desagregação de partículas de solo, bem como o escoamento superficial, decorrente de precipitações pluviais intensas nas primeiras fases do desenvolvimento da lavoura. Porém, a ideia de cultivar milho utilizando espaçamentos entrelinhas reduzidos tem sido discutida recorrentemente nos últimos 30 anos, sem que tenha sido implementada em larga escala (ROSA; EMYGDIO; BISPO, 2017). Além disso, atualmente, a produtividade do milho em Santa Maria é estimada em 5.185 kg ha<sup>-1</sup> (ROSA; EMYGDIO; BISPO, 2017). A colheita foi realizada manualmente com foice e a palha era espalhada por toda a parcela, antes da realização dos preparos de solo.

Após dois anos (no ano agrícola de 1980-81), o tremoço branco (*Lupinus albus*) substituiu a aveia como cultura de inverno. A densidade de semeadura utilizada para esta cultura foi de 25 sementes por metro linear, sem informações sobre o espaçamento utilizado. Pesquisas realizadas nas décadas de 70 e 80, mostram que o tremoço surgiu como alternativa à gramíneas como trigo e

cevada na região sul do Brasil, que vinham apresentando doenças radiculares (TOMASINI; LHAMBY; SANTOS, 1982). A quantidade de sementes e número de plantas por m<sup>2</sup> eram estimadas em função de informações sem base de pesquisa formal, sendo comum, a nível de agricultores, utilizar 120 kg ha<sup>-1</sup> para produção de grãos e 150 kg ha<sup>-1</sup> para produção de adubação verde (TOMASINI; LHAMBY; SANTOS, 1982). Durante o período do experimento, pesquisas sobre densidade, espaçamento e época de plantio do tremoço ainda vinham sendo conduzidas. Porém, estudos mais atuais dizem que uso de 25 plantas por metro linear associado a um espaçamento de 20 cm é mais eficiente para o rendimento de matéria fresca e seca (FEIDEN et al., 2013; SANTI et al., 2016). Além disso, constatou-se que o ajuste da densidade da planta e espaçamento entre linhas deve ser realizado de acordo com o objetivo da produção: grãos ou biomassa, pois não altera o conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido da planta (SANTI et al., 2016).

Depois, após cinco anos, a ervilhaca (*Vicia sativa*) substituiu o tremoço branco como cultura de inverno. Não há informações sobre a densidade de semeadura e o espaçamento utilizado para o cultivo da ervilhaca. Houve experimentos utilizados para o estudo de ervilhaca, desde 1979 até, pelo menos, 1992, que utilizaram espaçamento de 17 cm entrelinhas para o cultivo da mesma, semeando-se 50 sementes por m<sup>2</sup> (SANTOS, 1992). Para a semeadura desta cultura, Santos et al. (2012) indicam usar espaçamento de 20 cm com quantidade de semente de 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup>. Outros autores recomendam espaçamento entrelinhas de 17 a 50 cm, utilizando-se de 25 a 30 sementes por metro linear e uma quantidade de semente de 50 a 80 kg ha<sup>-1</sup> (CALEGARI, 2016).

As substituições de cultivos ao longo do experimento ocorreram por problemas fitossanitário. Neste trabalho, a sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional será referida como A/T/E-M PC.

**c)** Tratamento 3 – Sucessão cevada/aveia-soja em preparo convencional

Nos dois primeiros anos de experimento, ocorreu sucessão cevada-milho em preparo convencional, com uma aração e duas gradagens, realizadas no

sentido do declive incorporando os restos culturais. A cevada (*Hordeum vulgare*) foi semeada com espaçamento de 17 cm entrelinhas, depositando-se 40 sementes por metro linear. Atualmente, indica-se que a densidade de semeadura deve ser ajustada para se obter uma população variando entre 250 a 300 plantas emergidas m<sup>-2</sup>, necessária para atingir o potencial produtivo das cultivares de cevada indicadas, em espaçamento entre linhas de 12 cm a 20 cm (ALTMANN; MINELLA, 2014; MINELLA, 2019).

A soja (*Glycine max*) foi semeada com espaçamento de 50 cm entrelinhas depositando-se 30 sementes por metro linear. Ou seja, 600.000 sementes ha<sup>-1</sup>. Respeitadas as exigências culturais de cada cultivar, indica-se buscar o mais rápido fechamento de entrelinhas para possibilitar o sombreamento completo do solo (SALVADORI et al., 2016). Para isso, Salvadori et al. (2016) indicam empregar espaçamentos entrelinhas de 35 a 50 cm, respeitando a população indicada de plantas. Em um estudo testando 37 diferentes cultivares de soja em Santa Maria, Silva et al. (2018) testaram um espaçamento de 45 cm entrelinhas depositando 14 sementes por metro linear. A maior produtividade foi de 4.988,22 kg ha<sup>-1</sup> motivada pelo número superior de plantas devido a maior emergência, em torno de 240.000 plantas ha<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2018). Carrafa et al. (2019), indicam espaçamentos entre 20 e 50 cm entrelinhas, situando-se a população de plantas, de modo geral, em 300.000 plantas ha<sup>-1</sup> ou 30 plantas m<sup>-2</sup>. A colheita foi realizada manualmente com foice e a palha era espalhada por toda a parcela, antes da realização dos preparos de solo.

Após dois anos (no ano agrícola de 1980-81), a aveia (*Avena sativa*) substituiu a cevada como cultura de inverno, devido a problemas fitossanitários apresentados pela cultura. Neste trabalho, a sucessão cevada/aveia-soja em preparo convencional será referida como C/A-S PC.

**d) Tratamento 4 – Sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto**

Nos dois primeiros anos de experimento, ocorreu sucessão aveia-milho em plantio direto. A semeadura era realizada no sentido do declive, sobre a palha da cultura anterior colhida e picada, por semeadora-adubadora de plantio direto. Após dois anos (no ano agrícola de 1980-81), o tremoço branco (*Lupinus albus*)

substituiu a aveia como cultura de inverno. Depois, após cinco anos (no ano agrícola de 1985-86), a ervilhaca (*Vicia sativa*) substituiu o tremoço branco como cultura de inverno. Como no Tratamento 2, essas substituições também ocorreram por problemas fitossanitários nas culturas. Os espaçamentos e densidades de semeadura também foram os mesmos utilizados no Tratamento 2. Neste trabalho, a sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto será referida como A/T/E-M PD.

**e) Tratamento 5 – Sucessão cevada/aveia-soja em plantio direto**

Nos dois primeiros anos de experimento, ocorreu sucessão cevada-soja em plantio direto. A semeadura era realizada no sentido do declive, sobre a palha da cultura anterior colhida e picada, por semeadora-adubadora de plantio direto. Após dois anos (no ano agrícola de 1980-81), a aveia (*Avena sativa*) também substituiu a cevada como cultura de inverno, devido aos problemas fitossanitários apresentados por esta cultura, como no Tratamento 3. Os espaçamentos e densidades de semeadura foram os mesmos utilizados no Tratamento 3. Neste trabalho, a sucessão cevada/aveia-soja em plantio direto será referida como C/A-S PD.

### **2.3 Tratos culturais gerais**

As diretrizes para preparação e manutenção de parcelas experimentais de escoamento natural nos Estados Unidos foram publicadas em 1961 por D. D. Smith (RÖMKENS, 1987). Elas são os seguintes: "Realize a aração na profundidade normal e passe a grade de discos imediatamente, arando e gradeando duas ou mais vezes, exceto em áreas onde a erosão eólica durante o inverno representa um sério risco. Neste último caso, a aração e a discagem não devem demorar até a primavera. A aração deve ser feita todos os anos quando ocorrer a semeadura das culturas. O controle químico de ervas daninhas pode ser utilizado, se o próprio cultivo não controlar o crescimento destas. A aração e a gradagem devem ser realizadas morro acima/morro abaixo e não

podem ser feitas em solo excessivamente úmido" (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

O comprimento de 22,0 m e a inclinação de 9% foram selecionados como valores base para L, S e K porque são o comprimento predominante da inclinação e gradiente médio da rampa na qual foram feitas as medidas de erosão no passado nos Estados Unidos. Para a estimativa direta do fator K, o manejo designado fornece uma condição que quase elimina os efeitos de cobertura, manejo e uso do solo residual e que pode ser duplicada em qualquer área de lavoura (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

O solo foi corrigido e adubado em outubro de 1977, conforme a recomendação do Laboratório de Análise de Solos da Secretaria da Agricultura (ELTZ et al., 1984b). Para a incorporação do calcário e adubo de correção, o solo foi arado transversalmente ao declive e gradeado. Nova aração no sentido do declive foi feita, com mais duas gradagens, procedendo-se ao plantio de milho e soja em preparo convencional. A calagem tem como finalidade eliminar prováveis efeitos tóxicos dos elementos que podem ser prejudiciais às plantas, tais como alumínio e manganês, e corrigir os teores de cálcio e magnésio do solo. O processo de aração visa a mobilização total do solo e a profundidade em que esta mobilização é feita depende do tipo de solo e dos trabalhos nele executados anteriormente. Já a gradagem visa nivelar o terreno que foi revolvido. Este nivelamento permite a distribuição mais uniforme dos adubos e facilita a demarcação das linhas para a semeadura. Por problemas severos de germinação na soja, os dados de 1977 não foram computados, já que houve influência sobre a cobertura vegetal e erosão.

As culturas foram sempre semeadas em linhas no sentido do declive, sendo estas na maior dimensão da parcela experimental, de 22,0 m. Junto à semeadura, realizava-se a adubação de manutenção, com semeadora-adubadora de plantio direto em todos os tratamentos.

A colheita das parcelas foi realizada manualmente, assim como os cortes da aveia. Na aveia, eram efetuados dois cortes por ciclo vegetativo, sendo a massa verde cortada retirada da parcela, simulando-se um pastejo. A palha, picada manualmente com auxílio de facão, voltava para cada parcela, onde, após uniformemente distribuída sobre a superfície, era incorporada nos

tratamentos de preparo convencional e mantida na superfície nas parcelas sob plantio direto. A trilha dos grãos foi realizada com trilhadora estacionária.

O controle de ervas daninhas era feito, nos tratamentos de plantio direto, com herbicidas de contato paraquate e glifosato, antes da semeadura das culturas e sempre que necessário, com capinas manuais, em todos os tratamentos.

Em dezembro de 1982, do ano agrícola de 1982-83, ocorreu a desmontagem do experimento inteiro para a realização de calagem incorporada com aração e duas gradagens em todas as parcelas experimentais antes da semeadura com adubação.

## **2.4 Monitoramento dos eventos de chuva natural**

### **2.4.1 Monitoramento da precipitação**

Os dados de precipitação foram obtidos de um pluviógrafo localizado dentro da área experimental fornecia pluviogramas diários, a partir dos quais foi calculada a precipitação total, intensidade de chuva e o índice de erosividade das chuvas ( $EI_{30}$ ), segundo critérios propostos por Wischmeier (1959) e posteriormente adaptados por Cabeda (1976) para regiões de clima tropical. A chuva, portanto, é considerada individual quando separada de outra por um período mínimo de 6 h sem chuva ou com precipitação menor que 1,0 mm durante esse tempo e chuva erosiva é toda aquela com 10,0 mm ou mais de quantidade total ou com 6,0 mm ou mais desde que ocorrendo em 15 min ou menos.

### **2.4.2 Monitoramento e amostragem do escoamento superficial**

Nas extremidades inferiores das parcelas foram instalados sistemas coletores de escoamento superficial, constituídos de uma calha conectada por uma tubulação de PVC ao tanque 1, com capacidade entre 300 e 500 litros (Figuras 5 e 6). Quando o volume coletado atingia capacidade do tanque, o

material mais fino excedente era transferido para o tanque 2, com capacidade de armazenamento entre 400 e 600 litros. O tanque 2 estava ligado ao principal por um divisor de escoamento do tipo “GEIB”, que permitia a passagem de 1/7, 1/9 ou 1/11 do total do escoamento, sendo o restante descartado. Pela medição da altura do material armazenado dentro dos tanques, era determinado o volume total do escoamento. Além disso, para a determinação do valor total de água em cada evento, o volume coletado no segundo tanque era multiplicado pelo número de divisores do divisor de escoamento e somados ao volume obtido no primeiro tanque.

#### 2.4.3 Monitoramento, amostragem e análise dos sedimentos de fundo e em suspensão

A cada evento de chuva natural em que houvesse a geração do escoamento superficial, foi realizada a amostragem de sedimentos para a quantificação das perdas solo. As definições de “sedimento de fundo” e de “sedimento em suspensão”, utilizadas para quantificarmos as perdas de solo, encontram-se no item 2.2.

Primeiramente, a amostragem iniciava-se pelo sedimento de fundo (material de maior granulometria) os quais eram homogeneizados e retirados do tanque 1 de cada tratamento em baldes e transferidos para frascos de vidro. Que eram levados ao laboratório para sua pesagem, secagem e quantificação final em massa sólida (g). Posteriormente, o material que ficava no tanque 1 era homogeneizado novamente para a amostragem do sedimento em suspensão, assim como no tanque 2, este último composto, basicamente, por sedimento em suspensão. Estas amostras eram coletadas utilizando-se frascos de vidro numerados, com capacidade de 300 ml. Estas amostras eram coletadas em dois frascos por tanque (tanque 1 e 2) para cada tratamento.

No laboratório, para a determinação do sedimento em suspensão os frascos, eram pesados e, logo após, adicionava-se alúmen de potássio -  $KAl(SO_4)_2$  em cada frasco para que ocorresse a precipitação dos sedimentos em suspensão. Após 24 a 48 h, o sobrenadante era retirado de dentro dos frascos utilizando um sifão com uma mangueira plástica, deixando-se uma lâmina de cerca de 1,0 cm de água sobre os sedimentos. Os frascos eram então levados

à estufa com circulação de ar, na temperatura de 55 – 60° C, até atingirem massa constante.

Para se obter a concentração de sedimentos totais no escoamento superficial (sedimento de fundo + sedimento em suspensão), a massa de sólidos em suspensão (g) vindo de cada tanque (tanque 1 e 2) eram somadas e relacionados com o volume total da enxurrada. Já para o sedimento de fundo, a massa de sólidos (g) era relacionada com o volume coletado de sedimento + água nos recipientes utilizados para a coleta, baldes plásticos. Isto porque, o sedimento de fundo, devido a sua maior granulometria, fica retido ao fundo do tanque 1 do sistema coletor e, dessa forma, não devemos relacionar sua massa com o volume de escoamento superficial (volume medido no tanque), e sim com o volume dos baldes plásticos.

## 2.5 Obtenção das perdas de solo e água

Os procedimentos usados para determinação das perdas de solo seguiram a metodologia sugerida por Cogo (1978).

Através dos dados coletados e analisados em campo e laboratório, foram feitas avaliações com o intuito de se determinar as perdas de solo e água nas diferentes parcelas.

O volume de água precipitado em cada parcela em cada evento de chuva foi calculado através da equação 2:

$$V_{H_2O \text{ parcela}} = h_{chuva} \times A_{parcela} \times 1000 \quad (2)$$

Onde o  $V_{H_2O \text{ parcela}}$  é o volume de água na parcela ocorrido no evento de chuva, dado em  $cm^3$  e, para isto, a  $h_{chuva}$ , que é a altura da lâmina de chuva, em  $mm$ , e a  $A_{parcela}$ , área da parcela, em  $m^2$ , sendo esta área de  $77 m^2$ , e 1000 é o fator de correção das unidades.

O volume de água no escoamento, ( $V_{esc. \text{ superf.}, cm^3}$ ), foi determinado conforme a equação 3 abaixo:

$$V_{esc. superf.} = V_{H_2O+sed.} + V_{H_2O T} \quad (3)$$

Onde o  $V_{H_2O+sed.}$ , em  $cm^3$ , é o volume de água e sedimento contido na amostra coletada, sendo a diferença entre a amostra de solo e água ( $g$ ) coletada e a mesma seca em estufa ( $g$ ) e,  $V_{H_2O T}$  se refere ao volume de água total, em  $cm^3$ , sendo o volume de água total coletado no tanque 1 e no tanque 2. A soma destes volumes tem como resultado o volume de água no escoamento, também em  $cm^3$ .

A perda de água ( $PA, \%$ ), é representada pela razão entre o volume de escoamento superficial e o volume de água que ocorreu na parcela analisada em cada evento. Esta perda é obtida pela equação 4:

$$PA = \left( \frac{V_{esc. superf.}}{V_{H_2O parcela}} \right) \times 100 \quad (4)$$

Para obtenção da perda de água em  $mm$ , calcula-se através da equação 5:

$$PA = \left( \frac{PA \text{ em } \%}{100} \right) \times h_{chuva} \quad (5)$$

Para determinar a perda de solo em ( $PS, kg ha^{-1}$ ), utilizou-se a equação 6:

$$PS = \frac{(SS_{esc. superf.} \times 10)}{A_{parcela}} \quad (6)$$

Onde  $SS_{esc. superf.}$  é a massa do sedimento em suspensão + sedimento de fundo no volume total de escoamento superficial, em  $g$  e a  $A_{parcela}$  é  $77 m^2$ .

Por conta da metodologia padrão da USLE, os dados finais de perdas de solo foram extrapolados para  $t ha^{-1}$ . Porém, salienta-se que, embora tais extrapolações sejam comuns na literatura, o efeito de dependência de escala espacial na erosão deve ser considerado ao se avaliar os dados. Alguns autores identificaram dependência de escala no escoamento superficial e erosão em encostas (EVANS; TAYLOR, 1995; WILCOX et al., 1997; LAL, 1997; VAN DE GIESEN; STOMPH; RIDDER, 2000; WILCOX; BRESHEARS; ALLEN, 2003; PARSONS et al., 2006). A dependência de escala do escoamento superficial em encosta foi atribuída à variabilidade espacial da infiltração de água no solo (SHARMA; GANDER; HUNT, 1980; DUBREUIL, 1985; WILLIAMS; BONELL, 1988), embora Wainwright ; Parsons (2002) tenham demonstrado que, mesmo na ausência de variabilidade espacial na infiltração, variações temporais na intensidade da chuva durante um evento intenso podem ser igualmente eficazes para levar a essa dependência de escala no escoamento superficial. Uma explicação comparável é dada por Wilcox (1997) para dependência de escala na erosão, sabendo-se que existem nas encostas depósitos de sedimentos que armazenam sedimentos erodidos. Outros autores dizem que à medida que as parcelas experimentais de erosão se tornam maiores, uma proporção cada vez menor da área desta contribui com sedimentos para a jusante (PARSONS; WAINWRIGHT; ABRAHAMS, 1993; PARSONS et al., 2006).

Em um estudo realizado em parcelas experimentais com 2,00 a 27,78 m de comprimento, monitoradas sob chuva natural, Parsons et al. (2006) relata que o padrão de produção de sedimentos dessas parcelas primeiro aumenta, à medida que o comprimento da parcela também aumenta, mas logo depois diminui. Os dados deste experimento indicam que a produção máxima de sedimentos ocorreria em uma parcela de 7 m de comprimento (PARSONS et al., 2006). O tamanho de partícula de sedimentos erodidos confirma o papel da distância de deslocamento no controle da produção de sedimentos, seja em resposta à distância finita de deslocamento de partículas arrastadas ou à relação entre o coeficiente de escoamento e o comprimento da plotagem (PARSONS et al., 2006). Logo, as taxas de erosão para encostas e bacias hidrográficas não podem ser simplesmente extrapoladas a partir de medições de plotagem e

métodos alternativos para estimar taxas de erosão em áreas extensas são necessários.

## 2.6 Análise de dados

As análises foram, primeiramente, realizadas em cada uma das parcelas, somando-se os valores de perdas de solo e de escoamento superficial para cada evento de chuva. Logo após, obteve-se as médias entre as parcelas de mesmo tratamento. Todas as análises posteriores foram trabalhadas utilizando-se dessas médias. Assim obteve-se as médias anuais das perdas de solo e água, bem como a análise individual de eventos de chuva. O período estabelecido para a análise das médias foi o anual, conforme metodologia padrão da USLE (WISCHMEIER ; SMITH, 1965, 1978). Refere-se ao período anual como ano agrícola, sendo este o período entre o preparo do solo e semeadura das culturas com ciclos de inverno/primavera (aveia, cevada e ervilhaca) e a colheita das culturas com ciclos de verão/outono (soja e milho) e preparo do solo para as culturas seguintes.

Com a série de dados composta por 8 anos realizou-se análises de regressão simples entre: (i) as perdas de solo ( $t\ ha^{-1}$ ) e lâmina de chuva ( $mm$ ); (ii) perdas de solo e índice de erosividade de chuva ( $EI_{30}$ ,  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ); (iii) perdas de água ( $mm$ ) e lâmina de chuva; (iv) perdas de solo e  $EI_{30}$ . Essas análises foram feitas para os valores de perdas de solo e água, lâmina de chuva e  $EI_{30}$  acumulados nos períodos de inverno e verão de toda a série de dados. Lembrando que, para facilitar a apresentação de dados, o período de inverno/primavera foi tratado como período de inverno e o período de verão/outono como período de verão.

Foram avaliados 139 eventos de chuva nos períodos de inverno e 137 eventos nos períodos de verão, totalizando 276 análises de chuva na série de 8 anos de dados, sendo estas expressas com maiores detalhes nos apêndices 1 ao 31. No conjunto de dados dos eventos, também se analisou em qual sistema de manejo houve maior número de ocorrências das maiores perdas de solo e água em todos os eventos de precipitação analisados.

Neste contexto, utilizou-se como estratégia de estimativa da umidade antecedente do solo o método do The Natural Resources Conservation Service (NRCS), onde avalia-se a quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021). Este método distingue as condições de umidade antecedente do solo em I, II e III. Na condição I, o solo é considerado seco e a quantidade chuva nos últimos 5 dias não ultrapassa 36 mm. Na condição II, o solo é considerado estar com umidade média e a quantidade de chuva nos últimos 5 dias deve estar entre 36 e 53 mm. Por fim, na condição III, o solo é considerado úmido e próximo ao/ou no ponto de saturação e a quantidade de chuva é superior a 53 mm (MOCKUS, V.; HJELM FELT, A. T.; MOODY, H. F.; 2004).

Este experimento não permitiu que fossem realizadas análises estatísticas clássicas, pois o arranjo experimental não foi delineado de acordo com as regras da estatística convencional e sim de modo a facilitar o manejo e tratamentos culturais da área.

### **3 Resultados e discussão**

#### **3.1 Perdas médias anuais de solo e água**

Em função do número de eventos erosivos quantificados (276), os quais foram avaliados em cinco diferentes tratamentos, com uma repetição por tratamento, optou-se pela discussão dos dados agrupados por ano agrícola focando-se na análise de perdas médias de solo e água em cada estação, inverno e verão. As perdas médias anuais de solo são apresentadas na Tabela 5 e as perdas médias anuais de água na Tabela 6.

Os resultados anuais de perdas de solo e água variaram amplamente entre os anos em todos os tratamentos, onde os coeficientes de variação foram superiores aos coeficientes de variação dos dados de precipitação e erosividade (Tabelas 5 e 6), com exceção do tratamento da parcela-padrão (PP) na Tabela 6. Alguns estudos avaliaram dados com resultados semelhantes (HERNANI et al., 1997; SCHICK et al., 2000; BEUTLER et al., 2003; COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003; SILVA et al., 2009; SCHICK, 2014) e este é o principal motivo

pelo qual Wischmeier; Smith (1978) recomendam a condução de experimentos de campo por longos períodos, de forma a obter dados mais confiáveis com relação ao manejo e cobertura do solo.

Nas Tabelas 5 e 6, os dados de monitoramento do ano agrícola de 1983-84 foram excluídos em uma segunda análise. Isso foi feito devido ao revolvimento do solo para incorporação de calcário que ocorreu em dezembro de 1982, havendo uma quebra do efeito do plantio direto.

**Tabela 5** – Perdas médias anuais de solo na parcela-padrão e em sucessão de aveia/tremoço/ervilhaca-milho e cevada/aveia-soja sob preparo convencional e plantio direto em parcelas experimentais monitoradas de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul

Ano agrícola	Chuva	EI <sub>30</sub>	Perdas médias anuais de solo (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				
			PP	PC		PD	
				A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S
1978-79	1202,3	5507,7	108,6	11,5	11,7	9,6	11,5
1979-80	1518,6	7171,4	243,8	17,7	11,2	4,1	5,8
1980-81	1154,8	5024,6	248,1	62,5	46,5	14,0	12,7
1981-82	1722,4	11178,2	408,4	50,3	49,5	12,6	22,3
1982-83	2397,9	13653,7	527,6	165,8	105,1	8,7	9,7
1983-84	1684,2	9528,6	386,2	138,2	143,4	107,4	103,5
1984-85	1886,5	4728,5	449,3	95,2	95,8	13,2	40,1
1985-86	1913,5	9925,5	274,7	45,2	137,6	1,1	6,0
Média	1685,0	8339,8	330,8	73,3	75,1	21,4	26,4
Desvio padrão	378,2	3034,0	126,9	51,9	49,3	32,8	31,0
Coeficiente de variação (%)	22,4	36,4	38,4	70,9	65,7	153,5	117,2
Exclusão do ano agrícola de 1983-84							
Média	1685,1	8169,9	322,9	64,0	65,4	9,1	15,4
Desvio padrão	404,3	3207,7	133,8	48,9	44,9	4,5	11,3
Coeficiente de variação (%)	24,0	39,3	41,4	76,4	68,8	49,6	73,3

Unidades de medida: Chuva – mm; EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, Perdas médias anuais de solo – t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; PP – Parcela-padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Tabela 6** – Perdas médias de água na parcela-padrão e em sucessão de aveia/tremoço/ervilhaca-milho e cevada/aveia-soja sob preparo convencional e plantio direto em parcelas experimentais monitoradas de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul

Ano agrícola	Chuva (mm)	EI <sub>30</sub>	Perdas médias anuais de água (mm)									
			PP		PC				PD			
					A/T/E-M		C/A-S		A/T/E-M		C/A-S	
			mm	C <sub>runoff</sub> (%)	mm	C <sub>runoff</sub> (%)	mm	C <sub>runoff</sub> (%)	mm	C <sub>runoff</sub> (%)	mm	C <sub>runoff</sub> (%)
1978-79	1202,3	5507,7	318,5	26,5	206,5	17,2	151,8	12,6	168,1	14,0	233,9	19,5
1979-80	1518,6	7171,4	297,5	19,6	135,1	8,9	177,5	11,7	117,5	7,7	191,5	12,6
1980-81	1154,8	5024,6	347,1	30,1	242,6	21,0	165,1	14,3	186,4	16,1	185,8	16,1
1981-82	1722,4	11178,2	622,4	36,1	362,1	21,0	483,6	28,1	215,2	12,5	277,5	16,1
1982-83	2397,9	13653,7	676,4	28,2	764,6	31,9	866,8	36,1	375,1	15,6	418,5	17,5
1983-84	1684,2	9528,6	544,1	32,3	483,1	28,7	531,7	31,6	394,3	23,4	445,3	26,4
1984-85	1886,5	4728,5	594,6	31,5	566,4	30,0	616,7	32,7	358,4	19,0	393,0	20,8
1985-86	1913,5	9925,5	749,1	39,1	464,6	24,3	716,2	37,4	150,2	7,8	360,0	18,8
Média	1685,0	8339,8	518,7	16,6	403,1	22,9	463,7	25,6	245,6	14,5	313,2	18,5
Desvio padrão	378,2	3034,0	163,4	5,6	195,4	7,1	255,7	10,2	104,6	5,0	97,3	3,8
Coeficiente de variação (%)	22,4	36,4	31,5	33,7	48,5	31,0	55,1	39,9	42,6	34,2	31,1	20,7
Exclusão do ano agrícola de 1983-84												
Média	1685,1	8169,9	515,1	30,2	391,7	22,0	454,0	24,7	224,4	13,3	294,3	17,3
Desvio padrão	404,3	3207,7	174,4	5,9	206,4	7,2	271,9	10,6	94,3	3,9	89,3	2,5
Coeficiente de variação (%)	24,0	39,3	33,9	19,7	52,7	32,7	59,9	43,0	42,0	29,6	30,3	14,5

Unidades de medida: EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; PP – Parcela-padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja

Entre os tratamentos avaliados, a parcela-padrão (PP) apresentou, em todos os anos, as maiores perdas de solo, com média anual de 322,9 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 5). 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), então esse comportamento já era esperado. As partículas de solo são desagregadas pelo efeito da energia cinética causada pelo impacto direto das gotas de chuva sobre o solo descoberto, ocorrendo a obstrução dos poros e formando um selo superficial de baixa permeabilidade que dificulta a infiltração de água, causando o aumento da velocidade do escoamento superficial e intensificando o processo erosivo do solo (DULEY, 1940). O efeito combinado 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).

Em média, as perdas de solo, diminuem 3,4 vezes na sucessão A/T/E-M PC para A/T/E-M PD (Tabela 5). Já na sucessão C/A-S, estas perdas diminuem 2,8 vezes quando em PD (Tabela 5). Independente das culturas adotadas, as perdas foram sempre maiores no sistema de preparo convencional em relação ao plantio direto. Esses resultados corroboram com a literatura sobre o efeito de sistemas conservacionistas na redução das perdas de solo (DEDECEK; RESCK; FREITAS JUNIOR, 1986; BERTOL; COGO; LEVIEN, 1997; SCHICK et al., 2000; SCHICK, 2014; SILVA, 2016; SCHMIDT, 2017), podendo as maiores perdas de solo sob PC ser explicadas pelo distinto grau de mobilização do solo, onde, à medida que aumenta-se a intensidade do preparo, diminui-se a cobertura do solo (SCHICK, 2014) e possivelmente a rugosidade superficial (BURWELL; ALLMARAS; AMEMIYA, 1963).

As maiores perdas de solo durante o período de monitoramento ocorreram no tratamento com sucessão A/T/E-M em PC no ano agrícola de 1983-84 (Tabela 5). Isso pode ter ocorrido devido ao processo de desmontagem do experimento, que foi realizada neste ano, em dezembro de 1982, para calagem incorporada com aração e duas gradagens em todas as parcelas experimentais antes da semeadura com adubação.

No final da década de 60, o estado do Rio Grande do Sul conduziu uma experiência muito bem sucedida, conhecida nos meios rurais pelo nome de

“Operação Tatu”, que visava demonstrar ao agricultor que práticas de calagem e de fertilização, quando bem utilizadas, podem aumentar a produtividade e a renda da exploração agrícola (WIETHÖLTER, 2000; NAHASS; SEVERINO, 2003; TEDESCO et al., 2004). Para maximizar a eficiência da calagem, recomendava-se, antigamente, que o calcário fosse incorporado à maior profundidade possível, de modo a permitir maior contato do corretivo com as partículas do solo (LOPES; SILVA; GUIMARÃES, 1991; VOLKWEISS et al., 1992).

Na década de 1970, surgiram no sul do Brasil diversas iniciativas isoladas no sentido de modificar as técnicas adotadas pela forte influência das tecnologias agrícolas utilizadas nos países do hemisfério norte, como o preparo convencional do solo com arados de aiveca, discos e grades (CASÃO JUNIOR; ARAÚJO; LLANILLO, 2012). Com o intuito de proteger o ambiente e, principalmente, manter a rentabilidade do negócio agrícola, houve uma inédita união de esforços de vários setores sociais que levou ao desenvolvimento do sistema plantio direto, atualmente predominante no sul do Brasil (CASÃO JUNIOR; ARAÚJO; LLANILLO, 2012).

Atualmente, alguns estudos dizem que, a partir da instalação do sistema plantio direto, com correção inicial da acidez do solo, através da calagem incorporada, todo e qualquer preparo de solo que envolva aração e gradagem irá eliminar grande parte dos benefícios alcançados pela prática do não-preparo (FREIRE; VASCONCELLOS; FRANÇA, 2001). Assim, para correção da acidez do solo no sistema plantio direto, o calcário é distribuído em sua superfície, não havendo incorporação dele (FREIRE; VASCONCELLOS; FRANÇA, 2001). Porém, na década de 80, em que este experimento ocorria, houve controvérsias quanto à eficiência da aplicação superficial do calcário na correção da acidez de camadas subsuperficiais. Resultados de alguns trabalhos conduzidos em solos do Brasil, indicaram que o calcário apresenta uma mobilidade limitada no solo (PAVAN; BINGHAM; PRATT, 1984; RITCHEY et al., 1980). Com isso, no ano agrícola de 1982-83, foi realizada a análise de solo e observada a necessidade de calagem e adubação e, mesmo nas parcelas sob plantio direto, a tomada de decisão foi a de calagem incorporada, por haver um entendimento de que seria

um cenário mais positivo para os rendimentos das culturas (informação verbal)<sup>5</sup>, bem como recomendado em manuais técnicos de manejo do solo da época.

Entretanto, apesar de existirem informações conflitantes a respeito da eficiência da aplicação superficial de calcário em sistema plantio direto, particularmente na correção da acidez do subsolo e de critérios de recomendação de calagem para tal sistema de cultivo, alguns autores mostram que a incorporação do calcário não apresenta vantagens em relação à aplicação de calcário na superfície do solo (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000; FIDALSKI; YAGI; TORMENA, 2015). Além disso, a incorporação de calcário em plantio direto reduz a estabilidade de agregados do solo em comparação à aplicação de calcário superficialmente neste mesmo sistema (ALBUQUERQUE et al., 2005).

Portanto, se este experimento fosse realizado hoje em dia, a tomada de decisão seria diferente, não havendo a incorporação de calcário nas parcelas sob plantio direto.

Logo, observa-se na Tabela 5 que, quando a série de dados avaliada tem o ano agrícola de 1983-84 incluso em sua análise, os valores de coeficientes de variação na parcela-padrão e nas parcelas sob preparo convencional são muito menores do que nas parcelas sob plantio direto, onde as perdas de solo possuem coeficiente de variação maior que 100%. Quando há a exclusão do ano de 1983-84, o coeficiente de variação em A/T/E-M PD reduz de 153,5% para 49,6% e em C/A-S PD de 117,2% para 73,3%, ilustrando a quebra do efeito do plantio direto que ocorreu neste ano agrícola quando houve calagem com incorporação de calcário ao solo em dezembro de 1982. Já na parcela-padrão e nas parcelas sob preparo convencional, quando há a exclusão do ano de 1983-84, os coeficientes de variação aumentam em até 6%, mostrando que um ano a mais na série de dados pode tornar a mesma mais homogênea.

Também neste ano (1983-1984), os valores de volume de chuva e erosividade ( $EI_{30}$ ) foram altos, potencializando a desagregação do solo pelo impacto da gota e transporte por escoamento superficial, sendo as áreas sob

---

<sup>5</sup> Informações dadas pelo professor Elenar Antonino Cassol, da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e pesquisador coordenador deste estudo.

preparo convencional mais vulneráveis à erosão por possuírem menor quantidade de resíduos vegetais sobre o solo (Tabela 5).

Em áreas sob mínimo ou nenhum revolvimento do solo, há melhoria de estrutura, porosidade, retenção e infiltração de água (SILVA, 1980), conteúdo de carbono orgânico do solo, capacidade de troca de cátions e conteúdo de nutrientes (BAYER; MIELNICZUK, 1997). Os resíduos vegetais na superfície do solo diminuem os processos erosivos de desagregação de partículas do solo, por diminuírem a exposição do solo aos impactos das gotas de chuva, e transporte de partículas de solo pela água, por aumento de rugosidade e consequente diminuição na velocidade do escoamento superficial (BRAIDA ; CASSOL, 1999). Este efeito pode ser observado nas perdas de solo dos tratamentos estudados, onde as parcelas experimentais com plantio direto, que mantêm maior cobertura de solo, apresentaram menores perdas de solo, com exceção do tratamento C/A-S no primeiro ano agrícola analisado (1978-79), onde as perdas de solo no plantio direto praticamente se igualaram às perdas de solo nas parcelas experimentais sob preparo convencional (Tabela 5). Isto pode ser atribuído ao efeito residual deixado pelo preparo convencional praticado na área experimental anteriormente (BERTOL, 2016). O plantio direto, instalado em solo já degradado pelo preparo convencional, pode levar mais tempo para se estabilizar e mostrar seu potencial em minimizar o processo erosivo.

No terceiro ano agrícola (1980-81), quando o tremoço substituiu a aveia e esta substituiu a cevada como cultura de inverno, houve uma redução na quantidade e na erosividade da chuva, mas, contrariamente ao que seria possível esperar, houve um aumento nas perdas de solo em todos os tratamentos em relação ao ano anterior (Tabela 5). Isso pode ser atribuído, no caso do tremoço, ao maior espaçamento entre suas linhas e a seu crescimento mais lento, possibilitando a exposição do solo à erosão por um período maior. Nas duas culturas, pode ser também atribuído à maior incidência de chuvas erosivas nos períodos iniciais de desenvolvimento. Devido aos cortes de massa verde no cultivo da aveia, que foram realizados numa tentativa de simulação de pastagem animal, também não oferecia ao solo uma cobertura completa durante todo o ciclo vegetativo.

Os preparos de solo em que foi efetuado plantio direto e mantidos os restos culturais na superfície, reduziram as perdas do solo em relação ao preparo

convencional com aração e gradagens. No tratamento A/T/E-M, as perdas de solo reduziram 29,1% e, no tratamento C/A-S, 35,2% (Tabela 5), considerando-se toda a série de dados de 8 anos.

A Tabela 6 apresenta as médias anuais de perda de água em mm e o coeficiente de escoamento superficial em % para todos os tratamentos. Quando se avalia as perdas de água, em média, estas diminuem apenas 1,5 vezes dos tratamentos sob preparo convencional para o plantio direto (Tabela 6). Segundo Bertol (2016), na década de 70, a implantação da semeadura direta se mostrou muito eficiente no controle das perdas de solo. Porém, a continuidade da exploração do solo, cada vez mais intensa, com maquinário cada vez mais pesados e com número cada vez maior de operações de manejo durante os cultivos, contribuiu para o aumento da degradação do solo, principalmente por compactação, resultando em menor infiltração de água no solo e maior escoamento superficial (BERTOL, 2016).

Fonseca; Cassol (2002) avaliaram perdas de solo e água em sistemas de rotação de culturas sob preparo convencional e sem preparo do solo em diferentes intensidades de chuva simulada. As perdas totais de água observadas em ambos os sistemas de semeadura não diferiram entre si (FONSECA; CASSOL, 2002). De um total de 900 mm de chuva simulada aplicada na série de duas chuvas simuladas em três épocas do ciclo das culturas da soja e do milho, foram perdidos por escoamento superficial, 356,4 mm no sistema de semeadura com preparo convencional do solo e 355,8 mm no sistema sem preparo (FONSECA; CASSOL, 2002).

No primeiro ano (1978-79), as perdas de água foram maiores no tratamento de sucessão C/A-S sob PD do que no mesmo tratamento em PC (Tabela 6). Isto pode ser atribuído ao efeito residual deixado pelo preparo convencional praticado na área experimental, efeito também observado por Bertol (2016) em outros estudos. Além disso, por problemas fitossanitários que ocorreram na cultura da cevada, que a levou a ser substituída por aveia após o segundo ano de cultivo, que também apresentou maiores valores de perda quando comparado ao tratamento sob preparo convencional (Tabela 6).

No segundo ano (1979-80), a diferença entre as perdas de água ocorridas tanto em A/T/E-M como em C/A-S sob PC e PD foram mínimas. Apesar de no terceiro ano (1980-81) tanto os valores de volume como a erosividade das chuvas terem sido os menores avaliados, as perdas médias de água foram mais expressivas que no ano anterior.

No quarto ano avaliado (1982-83), ocorreram os maiores valores de volume de chuva e erosividade, podendo ser as maiores perdas ocorridas em todos os tratamentos relacionadas a isto. Com exceção dos tratamentos A/T/E-M e C/A-S sob PD, que tiveram as maiores perdas de água médias anuais no período de 1983-84, com altos coeficientes de escoamento superficial ( $C_{runoff}$ ) (Tabela 6). Isto pode ter ocorrido porque as médias anuais podem mascarar maiores perdas ocorridas relacionadas às chuvas antecedentes, fator importante a ser considerado, pois um evento de precipitação que ocorre quando o solo já está úmido devido a uma chuva anterior, oferecerá maior facilidade de escoamento superficial nas áreas avaliadas.

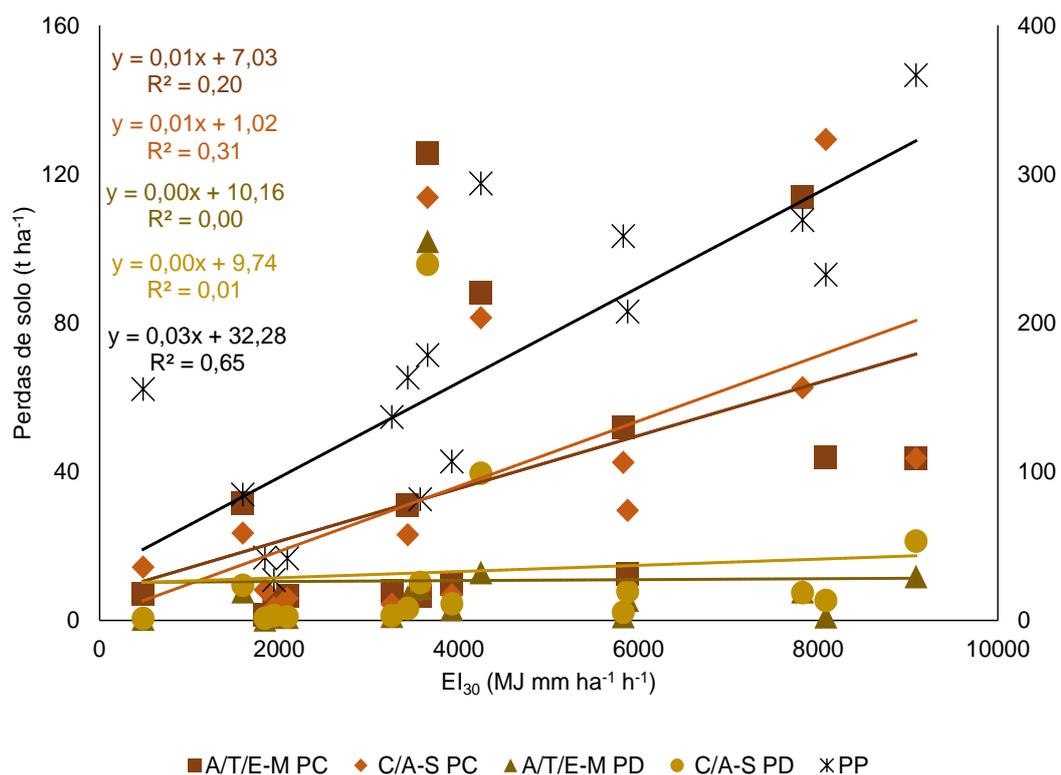
Os valores médios de  $C_{runoff}$  foram maiores nos tratamentos sob preparo convencional, tendo maior valor no tratamento sob sucessão de culturas de cevada/aveia-soja (25,6%) (Tabela 6). A parcela com as mesmas culturas, mas agora cultivadas sob plantio direto, apresentou um  $C_{runoff}$  médio de 18,5% (Tabela 6). Os coeficientes de escoamento superficial variam de 0% (nenhum escoamento gerado) a 100% (toda a chuva se torna escoamento superficial), sendo valores iguais ou maiores que 20% considerados altos, pois ocorrem em áreas urbanas parcialmente impermeabilizadas (MOCKUS, V.; HJELM FELT, A. T.; MOODY, H. F.; 2004). Lemos et al. (2020) avaliaram um  $C_{runoff}$  de 77% em sistemas de manejo sob plantio direto, um valor aproximadamente 1,71 vezes maior que o  $C_{runoff}$  avaliado nos sistemas sob preparo convencional do solo sob chuva simulada.

No total dos 8 anos monitorados foi possível observar as diferenças entre os tratamentos, principalmente quando comparamos os dois sistemas de manejo do solo. O preparo de solo em que foi efetuado o mínimo revolvimento e mantidos os restos culturais na superfície, reduziram as perdas de água em relação ao preparo convencional com aração e gradagens. Porém, como já dito anteriormente, com muito menor eficiência quando comparado o controle que esse sistema oferece em relação às perdas de solo, pois quando se avalia as

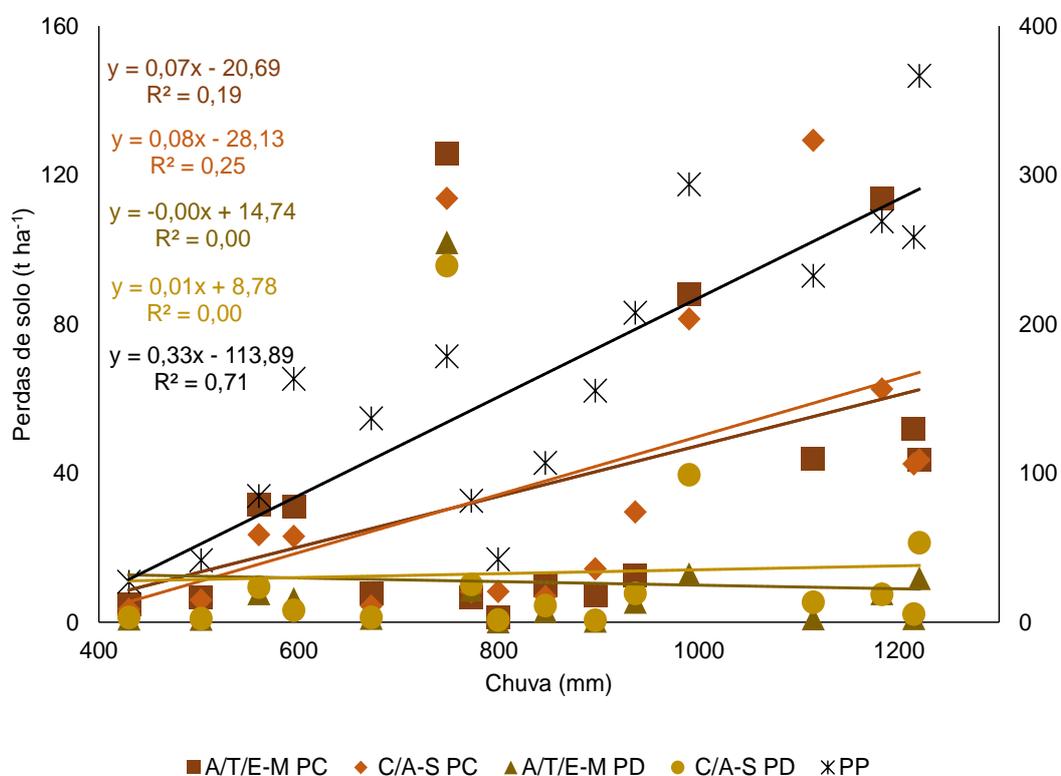
perdas de água, em média, estas diminuem apenas 1,5 vezes nos tratamentos sob preparo convencional para o plantio direto (Tabela 6).

### **3.2 Influência das variáveis lâmina e índice de erosividade das chuvas nas perdas médias anuais**

Nas Figuras 7 a 8 poderão ser encontradas análises de regressão simples entre as perdas de solo (em  $t\ ha^{-1}$ ) e índice de erosividade de chuva ( $EI_{30}$ ) (em  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ) e entre as perdas de solo e lâmina de chuva (em mm), respectivamente. As figuras incluem dados de médias acumuladas nos períodos de inverno e verão em todas as parcelas experimentais monitoradas em cada ano agrícola da série de dados de 1978 à 1986. Observa-se que não houve diferença significativa, em todos os tratamentos, entre o efeito do  $EI_{30}$  e lâmina de chuva nas perdas de solo (Figuras 7 e 8). Além disso, as perdas de solo das parcelas sob plantio direto (PD) não puderam ser explicadas pelo  $EI_{30}$  e nem pela lâmina de chuva, possuindo coeficientes de determinação nulos (Figuras 7 e 8).



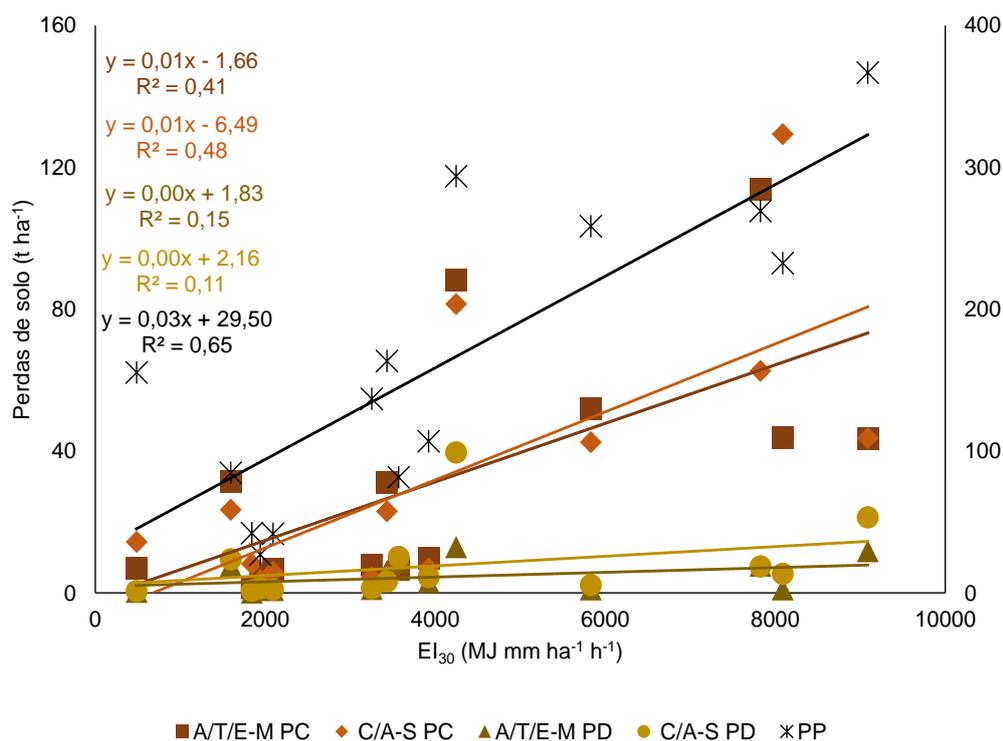
**Figura 7** – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e o índice de erosividade nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 à 1986.



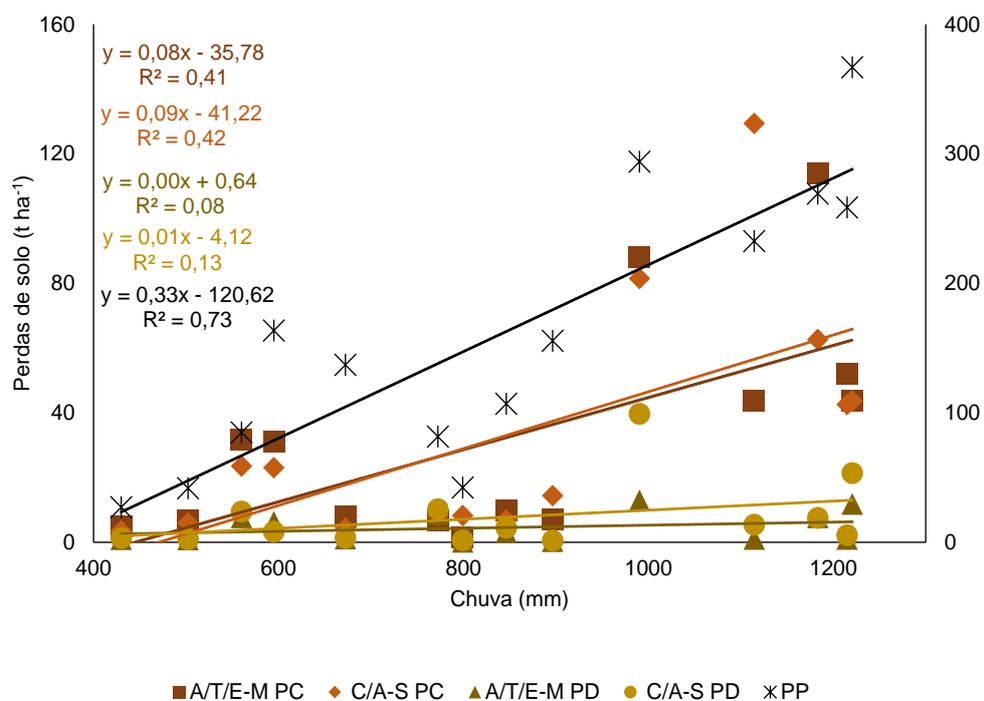
**Figura 8** – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e a lâmina de chuva nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 à 1986.

Por conta da aplicação de calcário incorporado ao solo seguida de adubação, com uma lavração e duas gradagens em todas as parcelas experimentais monitoradas, em dezembro de 1982, o ano agrícola de 1983-84 foi excluído de algumas das análises realizadas neste estudo. Isto ocorreu em uma tentativa de diminuição do efeito do preparo convencional do solo (PC), principalmente nas parcelas que estavam sob manejo de PD. Nas Figuras 9 e 10 poderão ser encontradas análises de regressão simples entre as perdas de solo e  $EI_{30}$  e entre as perdas de solo e lâmina de chuva, respectivamente, com a exclusão do ano agrícola de 1983-84.

Com a exclusão deste ano, nota-se um aumento nos coeficientes de determinação das relações entre as perdas de solo com o  $EI_{30}$  e das perdas de solo com a lâmina de chuva, tanto nas parcelas de monitoramento sob PC quanto nas parcelas de monitoramento sob PD (Figuras 9 e 10). No caso dos tratamentos em PD, os coeficientes de determinação deixaram de ser nulos, mas ainda assim, são muito baixos (Figuras 9 e 10).



**Figura 9** – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e o índice de erosividade nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 à 1986, com a exclusão do ano agrícola de 1983-84.



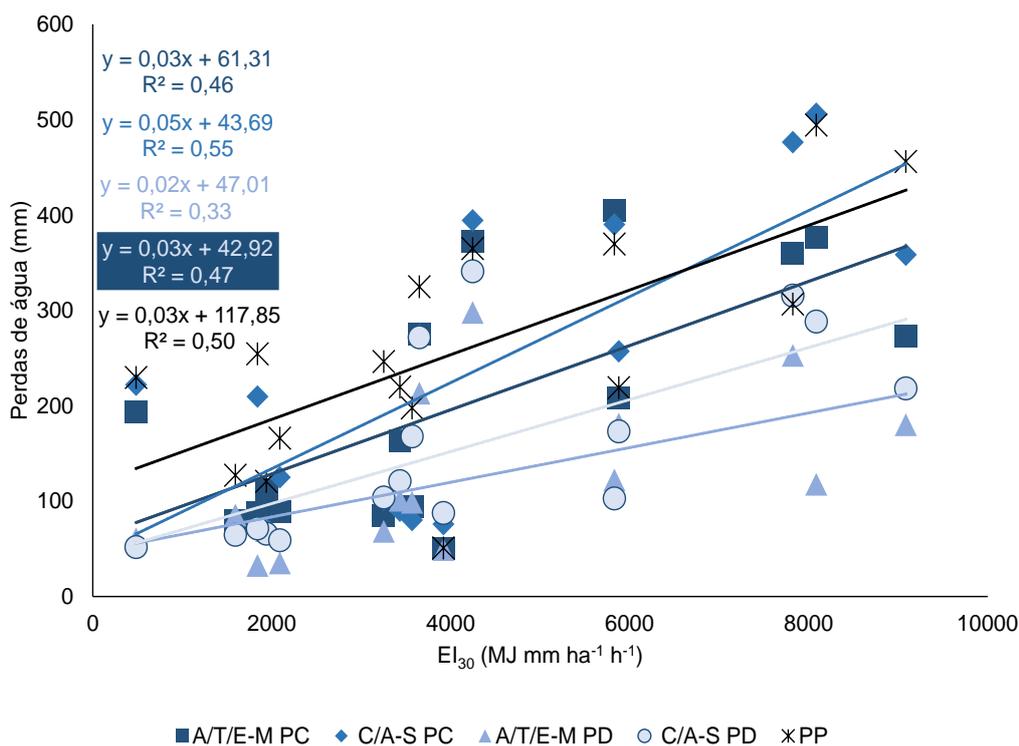
**Figura 10** – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e a lâmina de chuva nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 à 1986, com a exclusão do ano agrícola de 1983-84.

Wischmeier (1959) obteve uma boa relação entre o  $EI_{30}$  e as perdas de solo em parcelas com solo descoberto sob preparo convencional (parcela-padrão), em clima temperado, nos Estados Unidos. Nas Figuras 7, 8, 9 e 10, a parcela-padrão (PP), apresenta os maiores coeficientes de determinação, estes variando entre 0,65 e 0,73, tanto entre as perdas de solo com o  $EI_{30}$  quanto entre as perdas de solo e a lâmina de chuva.

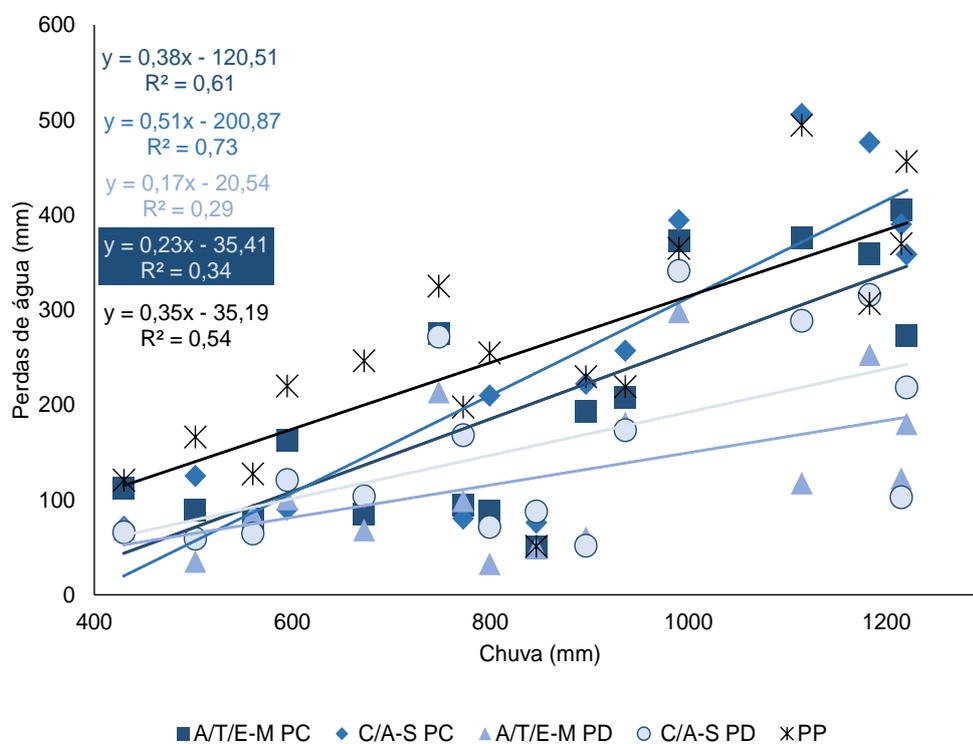
Apesar do índice  $EI_{30}$  ser mundialmente reconhecido e utilizado frequentemente em modelagens hidrológicas e hidrossedimentológicas, alguns estudos brasileiros demonstram que este índice pode não ser o mais adequado para prever perdas de solo dependendo da condição de uso e manejo que este se encontra (DEDECEK, 1988; MORAIS; MUTTI; ELTZ, 1988a, 1988b). Isso poderia explicar a baixa relação entre as perdas de solo e o  $EI_{30}$  nas parcelas sob cultivo em PC e os coeficientes de relação nulos entre perdas de solo e o  $EI_{30}$  nas parcelas sob PD (Figuras 7 e 8).

Além disso, Stocking; Elwell (1973), avaliaram que, para parcelas com vegetação, os índices de erosividade calculados para chuvas erosivas e em sua intensidade máxima em menores períodos de tempo, 5 minutos e 15 minutos, ou seja,  $EI_5$  e  $EI_{15}$ , explicaram melhor as perdas de solo do que quando estas são relacionadas com o  $EI_{30}$ .

Nas Figuras 11 e 12 poderão ser encontradas análises de regressão simples entre as perdas de água (em mm) e índice de erosividade de chuva ( $EI_{30}$ ) (em  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ) e entre as perdas de água e lâmina de chuva (em mm), respectivamente. As figuras incluem dados de médias acumuladas nos períodos de inverno e verão em todas as parcelas experimentais monitoradas em cada ano agrícola da série de dados de 1978 à 1986. Observa-se que não houve diferença significativa, em todos os tratamentos, entre o efeito do  $EI_{30}$  e lâmina de chuva nas perdas de água (Figuras 11 e 12). Não é possível visualizar qual característica da chuva explica as perdas de água. Porém, de forma geral e comparando-se os coeficientes de determinação das perdas de solo com as perdas de água das parcelas sob PD, as perdas de água puderam ser mais bem explicadas pelo  $EI_{30}$  e pela lâmina de chuva, possuindo maiores coeficientes de determinação (Figuras 11 e 12).



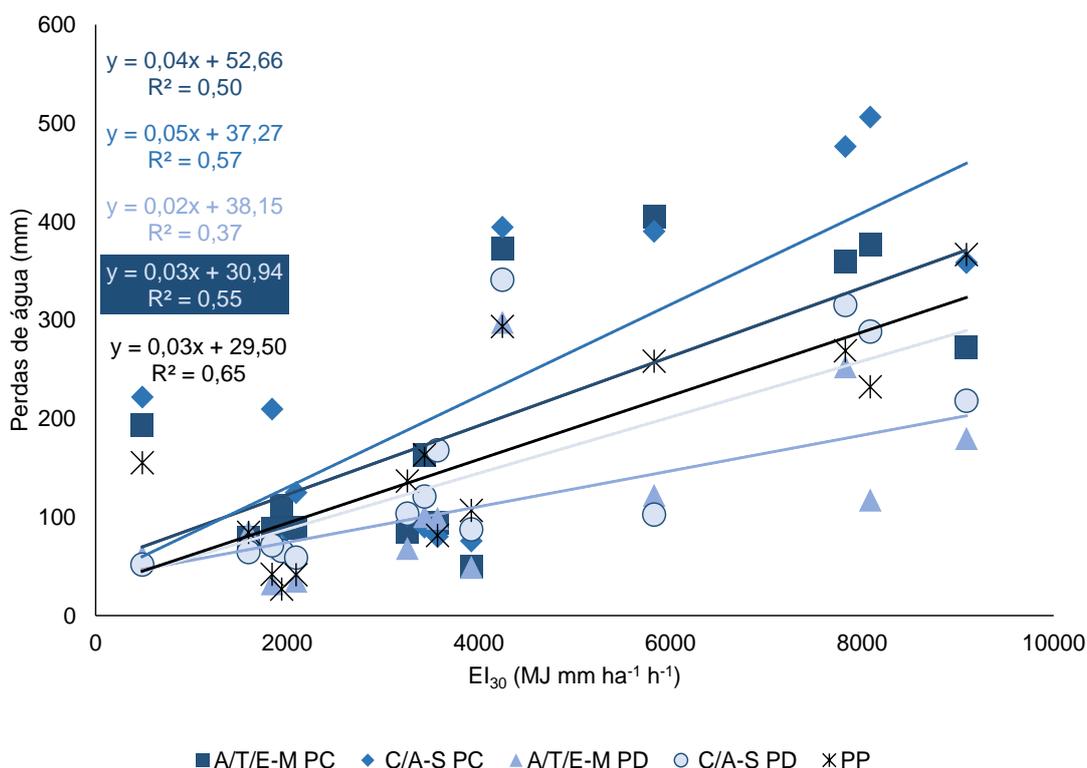
**Figura 11** – Relações entre as perdas de água médias acumuladas e o índice de erosividade nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 a 1986.



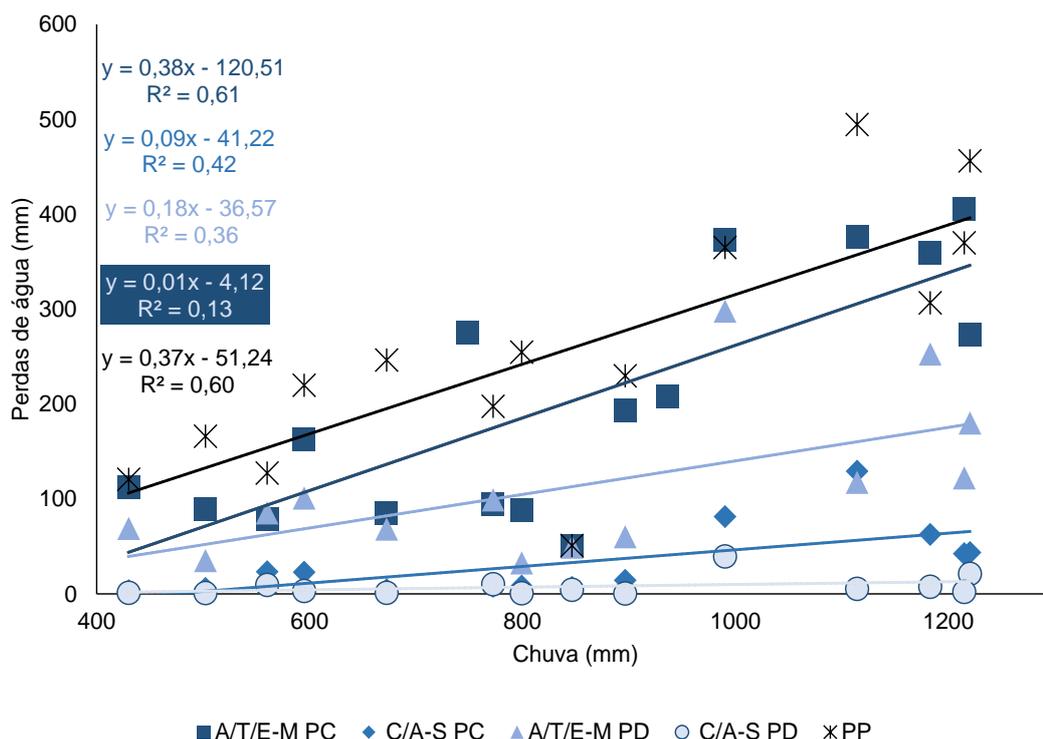
**Figura 12** – Relações entre as perdas de água médias acumuladas e a lâmina de chuva nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 a 1986.

Nas Figuras 13 e 14 poderão ser encontradas análises de regressão simples entre as perdas de água e o  $EI_{30}$  e entre as perdas de água e lâmina de chuva nas parcelas experimentais monitoradas com a exclusão do ano agrícola de 1983-84, respectivamente.

Com a exclusão deste ano, de maneira geral, nota-se um aumento nos coeficientes de determinação das relações entre as perdas de solo com o  $EI_{30}$  e das perdas de solo com a lâmina de chuva, tanto nas parcelas de monitoramento sob PC quanto nas parcelas de monitoramento sob PD (Figuras 13 e 14). A exceção se encontra nas parcelas sob sucessão de cevada/aveia-soja (C/A-S) (em PC e PD), onde os coeficientes de determinação diminuíram (Figura 14). No caso dos tratamentos em PD, os coeficientes de determinação deixaram de ser praticamente nulos, como os encontrados nas análises de regressão de perdas de solo (Figuras 9 e 10), mas ainda assim, possuem valores baixos à moderados (Figuras 13 e 14).



**Figura 13** – Relações entre as perdas de água médias acumuladas e o índice de erosividade nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 a 1986, com a exclusão do ano agrícola de 1983-84.



**Figura 14** – Relações entre as perdas de solo médias acumuladas e a lâmina de chuva nas parcelas experimentais monitoradas nos períodos de inverno e verão de cada ano agrícola na série de dados de 1978 a 1986, com a exclusão do ano agrícola de 1983-84.

A análise de uma série de dados, geralmente denominada como abordagem contínua, onde ciclos climáticos são analisados (por exemplo, um ano), são frequentemente utilizadas. Porém, para se ter uma representatividade da condição climática de uma região, recomenda-se a utilização de, pelo menos, 30 anos (WMO, 2020). Porém, em uma perspectiva de previsão operacional, a principal desvantagem da abordagem contínua está em seus requisitos de dados: é difícil fornecer longas séries de precipitação contínua até o dia de interesse (as lacunas de dados ocorrem com frequência devido a dificuldades de repatriação de dados em tempo real).

Apesar deste trabalho possuir uma boa série de dados e ser útil para introduzir características de clima da região de estudo, ainda não é idealmente representativo. Neste sentido, a análise de um ciclo climático, neste caso inverno e verão (ano agrícola), pode mascarar resultados ocorridos relacionados a eventos de chuva individuais, por exemplo, maiores perdas de água por escoamento superficial. Neste sentido, é importante se avaliar as características

individuais de eventos (alto ou baixo volume de precipitação) e as condições que podem vir a favorecer ou não a ocorrência de escoamento superficial.

### **3.3 Número de ocorrências de eventos de chuva com as maiores perdas de solo e água: Uma análise na escala de eventos de chuva**

Como estratégia para maior entendimento de como as perdas de solo e água se comportaram frente ao tipo de manejo do solo adotado, analisou-se em quais tratamentos houve o maior número de ocorrência das maiores perdas de solo e água em todos os eventos de precipitação analisados (Tabelas 7 e 8). A compilação de todos os eventos que originaram a Tabela 7, tanto no inverno como no verão, estão nos Apêndices 1 ao 31. Ou seja, 139 eventos de chuva nos períodos de inverno e 137 eventos nos períodos de verão, totalizando 276 análises de chuva na série de 8 anos de dados. Para facilitar a apresentação de dados, o período de inverno/primavera foi tratado como período de inverno e o período de verão/outono como período de verão. Maiores explicações foram abordadas no item 2.2.1. Os números que estão destacados em negrito nas tabelas indicam valores de perda de água superiores no plantio direto com relação ao preparo convencional (Tabelas 7 e 8).

Como esperado, houve maior número de eventos de chuva com as maiores perdas de solo nos tratamentos sob preparo convencional do que no plantio direto (Tabela 7). A única exceção foi o primeiro ano avaliado (1978-79), onde, no período de inverno, para as duas sucessões, o maior número de ocorrências de maiores perdas de solo foi no plantio direto. Esse fato está relacionando, provavelmente, com o efeito residual do preparo convencional conduzido antes da instalação do experimento. No inverno, destaca-se mais ocorrências de maiores perdas de solo na sucessão aveia-milho (A-M) sob preparo convencional (PC), no ano agrícola de 1979-80 (Tabela 7). Já no verão, destaca-se mais ocorrências de maiores perdas de solo na sucessão tremoço-milho (T-M) sob PC, no ano agrícola de 1981-82 (Tabela 7).

**Tabela 7** – Número de eventos de chuva com as maiores perdas de solo por ano agrícola e por tratamento nas parcelas experimentais monitoradas de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul

Ano agrícola	Sucessão	Preparo do solo	Nº de eventos de > perdas de solo		$\Sigma$
			Inverno	Verão	
1978-79	A-M	PC	3	10	13
		PD	4	0	4
	C-S	PC	5	1	6
		PD	12	1	13
1979-80	A-M	PC	<b>14*</b>	15	29
		PD	0	0	0
	C-S	PC	2	2	4
		PD	1	0	1
1980-81	T-M	PC	11	16	27
		PD	0	1	1
	A-S	PC	1	3	4
		PD	1	1	2
1981-82	T-M	PC	9	<b>20*</b>	29
		PD	0	0	0
	A-S	PC	7	2	9
		PD	2	3	5
1982-83	T-M	PC	9	14	23
		PD	0	0	0
	A-S	PC	10	8	18
		PD	0	0	0
1983-84	T-M	PC	8	1	9
		PD	3	0	3
	A-S	PC	6	10	16
		PD	0	0	0
1984-85	T-M	PC	11	3	14
		PD	0	0	0
	A-S	PC	6	8	14
		PD	0	0	0
1985-86	E-M	PC	1	2	3
		PD	0	0	0
	A-S	PC	11	14	25
		PD	0	0	0
Máximo nº de ocorrências de > perdas de solo			14	20	29

\* Número de eventos de chuva com as maiores perdas de solo (em preparo convencional); PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A-M – aveia-milho; C-S – cevada-soja; T-M – tremoço-milho; A-S – aveia-soja; E-M – ervilhaca-milho; > – maiores.

Quando se observa as ocorrências de maiores perdas de água, o cenário se torna diferente da análise de ocorrências de maiores perdas de solo, onde, em alguns anos monitorados, observa-se que estas ocorrem igualmente ou em maior número de ocorrências nos tratamentos sob plantio direto (Tabela 8).

Na Tabela 8, observa-se maiores perdas de água nas sucessões aveia-milho (A-M PD) e cevada-soja (C-S PD) no ano agrícola de 1978-79, cevada-soja (C-S PD) no ano agrícola de 1979-80 e aveia-soja (A-S PD) no ano agrícola de 1980-81. Também em 1980-81, a sucessão tremoço-milho em plantio direto (T-M PD) teve o mesmo número de ocorrências de maiores perdas de água da mesma sucessão sob preparo convencional (T-M PC) (Tabela 8). No ano agrícola de 1983-84 isso também ocorreu entre os tratamentos sob preparo convencional e plantio direto para a sucessão aveia-soja (A-S PC e A-S PD) (Tabela 8). Como já visto no tópico anterior, nos períodos de inverno, observou-se que as perdas de água são mais bem explicadas pela lâmina de chuva, podendo justificar o maior número de ocorrências de maiores perdas de água nos tratamentos sob plantio direto (PD).

Nos períodos de verão, as maiores perdas de água sempre ocorreram nos tratamentos sob preparo convencional, com exceção do tratamento sob sucessão aveia-soja (A-S) em PD no ano de 1980-81, onde houve maior número de ocorrências de maiores perdas de água em PD (Tabela 8).

**Tabela 8** – Número de eventos de chuva com as maiores perdas de água por ano agrícola e por tratamento nas parcelas experimentais monitoradas de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul

Ano agrícola	Sucessão	Preparo do solo	Nº de ocorrências de > perdas de água		$\Sigma$
			Inverno	Verão	
1978-79	A-M	PC	1	7	8
		PD	<b>2*</b>	1	3
	C-S	PC	3	3	6
		PD	<b>18*</b>	1	19
1979-80	A-M	PC	12	11	23
		PD	0	1	1
	C-S	PC	2	3	5
		PD	<b>3*</b>	<b>2*</b>	5
1980-81	T-M	PC	5	15	20
		PD	<b>5*</b>	3	8
	A-S	PC	1	1	2
		PD	<b>2*</b>	<b>2*</b>	4
1981-82	T-M	PC	3	14	17
		PD	0	0	0
	A-S	PC	12	12	24
		PD	3	0	3
1982-83	T-M	PC	6	12	18
		PD	0	0	0
	A-S	PC	11	10	21
		PD	2	0	2
1983-84	T-M	PC	9	1	10
		PD	2	2	4
	A-S	PC	3	8	11
		PD	<b>3*</b>	0	3
1984-85	T-M	PC	8	2	10
		PD	1	0	1
	A-S	PC	6	9	15
		PD	2	0	2
1985-86	E-M	PC	1	2	3
		PD	0	0	0
	A-S	PC	11	14	25
		PD	0	0	0
Máximo nº de ocorrências de > perdas de água			18	15	25

\* Número de eventos de chuva com as maiores perdas sob plantio direto que foram maiores ou se igualaram às perdas sob preparo convencional; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A-M – aveia-milho; C-S – cevada-soja; T-M – tremoço-milho; A-S – aveia-soja; E-M – ervilhaca-milho; > – maiores.

Como estratégia para maior entendimento dessas maiores perdas de água nos tratamentos sob plantio direto, avaliou-se a umidade antecedente e lâmina de chuva (Tabelas 9 a 14). As Tabelas de 9 a 14 foram organizadas conforme o ano agrícola e a partir da análise da quantidade de eventos de chuva de maiores ocorrências de perda de água no plantio direto obtidas da Tabela 8.

Da mesma forma que nas Tabelas 7 e 8, os eventos de chuva destacados em negrito nessa parte do estudo mostram onde houve a maior perda de água sob plantio direto (Tabelas 9 a 14).

Observando-se a Tabela 9 há maior ocorrência de eventos de chuva com chuva antecedente, e nota-se que o volume de chuva do evento analisado é mais variável (de 7,5 a 126,3 mm). Ainda, a Tabela 9 mostra os 20 eventos de chuva onde ocorreram maiores perdas no plantio direto, os demais eventos ocorridos nesse ano agrícola, tanto no inverno como no verão, estão nos Apêndices 1 ao 31. Dos 20 eventos de chuva analisados, em 18 ocorreram maiores perdas de água na sucessão cevada-soja sob plantio direto (C-S PD) e outros 2 na sucessão A-T-E-M PD. Neste caso, nota-se que a cultura de aveia foi mais eficiente do que a cevada no controle da perda de água no inverno deste ano (1978-79).

Pode-se observar, ainda, que esses eventos são caracterizados pela presença de chuva antecedente em sua maioria, tendo essas chuvas uma variação de lâmina de 7,8 a 126,3 mm. A umidade antecedente do solo está entre os fatores que influenciam diretamente o escoamento superficial, pois uma precipitação que ocorre quando o solo está úmido devido a uma chuva anterior, oferecerá maior facilidade para a ocorrência de escoamento (ISTOK; BOERSMA, 1986). Dos 20 eventos avaliados, 16 estavam na condição I de umidade antecedente de solo (seca, < 36 mm); 2 eventos na condição II de umidade antecedente do solo (umidade média, 36 a 53 mm); e 2 na condição III de umidade antecedente do solo (solo próximo ou no ponto de saturação, > 53 mm).

Já nas Tabelas 10 a 14, onde não houve chuva antecedente, o volume necessário de chuva para gerar escoamento superficial maior nos tratamentos sob plantio direto do que nos tratamentos sob preparo convencional foi de, pelo menos, 30 mm, havendo eventos de 102,9 mm. Assim, percebe-se que, quando não houve chuva antecedente nos últimos 5 dias ao evento analisado, a lâmina

mínima necessária para ocorrer escoamento superficial no plantio direto é de 30 mm.

**Tabela 9** – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de inverno do ano agrícola de 1978-79, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva	Chuva antecedente	Inverno				
				El <sub>30</sub>	Perdas médias de água (mm)			
					A/T/E-M PC	C/A-S PC	A/T/E-M PD	C/A-S PD
1978-79	26/06/1978	24,3	0,0	39,3	1,68	3,07	0,93	<b>3,18</b>
	30/06/1978	18,6	24,3	60,1	2,98	3,52	1,63	<b>3,86</b>
	17/07/1978	39,4	0,0	118,1	10,47	14,96	14,32	<b>18,00</b>
	20/07/1978	24,2	39,4	79,6	7,83	12,80	9,73	<b>18,56</b>
	21/07/1978	7,5	63,6	0,0	2,82	3,43	1,82	<b>4,58</b>
	23/07/1978	7,8	31,7	0,0	3,27	3,83	1,93	<b>3,94</b>
	27/07/1978	38,4	7,8	113,6	7,89	11,84	12,28	<b>21,74</b>
	28/07/1978	9,0	38,4	0,0	0,64	0,87	0,87	<b>1,86</b>
	14/08/1978	26,7	0,0	13,1	0,00	0,10	<b>0,12</b>	0,03
	31/08/1978	22,4	0,0	31,8	0,14	0,20	0,19	<b>0,28</b>
	08/09/1978	35,0	0,0	126,7	3,44	2,48	3,60	<b>3,68</b>
	14/09/1978	43,0	0,0	96,3	2,61	0,95	2,67	<b>5,91</b>
	04/10/1978	48,3	0,0	417,8	4,04	0,57	6,08	<b>13,27</b>
	10/10/1978	29,3	0,0	132,6	0,18	0,07	0,45	<b>0,70</b>
	16/10/1978	11,8	0,0	16,1	0,00	0,00	0,00	<b>0,01</b>
	25/10/1978	19,3	0,0	49,7	0,00	0,00	0,05	<b>0,70</b>
	30/10/1978	23,2	30,7	61,1	5,24	1,24	4,71	<b>8,64</b>
	06/11/1978	126,3	0,0	992,7	29,83	17,02	26,66	<b>46,96</b>
10/11/1978	29,1	126,3	252,4	10,37	1,90	8,54	<b>10,87</b>	
20/11/1978	86,4	0,0	716,7	0,00	0,00	<b>0,55</b>	0,00	

A/T/E-M PC – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional; C/A-S PC– cevada/aveia-soja em preparo convencional; A/T/E-M PD – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto; C/A-S PD– cevada/aveia-soja em plantio direto. Obs.: valores destacados em negrito ilustram a ocorrência de maiores perdas de água em determinado tratamento.

**Tabela 10** – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de inverno do ano agrícola de 1979-80, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva	Chuva antecedente	El <sub>30</sub>	Inverno			
					Perdas médias de água			
					A/T/E-M PC	C/A-S PC	A/T/E-M PD	C/A-S PD
1979-80	03/07/1979	95,2	0,0	249,2	7,60	6,87	6,74	<b>13,26</b>
	09/07/1979	40,2	0,0	175,7	12,34	18,20	12,33	<b>19,15</b>
	23/07/1979	57,5	0,0	49,4	6,91	15,97	8,72	<b>32,24</b>

A/T/E-M PC – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional; C/A-S PC– cevada/aveia-soja em preparo convencional; A/T/E-M PD – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto; C/A-S PD– cevada/aveia-soja em plantio direto. Obs.: valores destacados em negrito ilustram a ocorrência de maiores perdas de água em determinado tratamento.

**Tabela 11** – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de inverno do ano agrícola de 1980-81, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva	Chuva antecedente	El <sub>30</sub>	Inverno			
					Perdas médias de água (mm)			
					A/T/E-M PC	C/A-S PC	A/T/E-M PD	C/A-S PD
1980-81	01/07/1980	50,7	0,0	188,4	4,89	2,93	4,90	<b>7,08</b>
	29/07/1980	73,5	0,0	351,2	0,28	0,23	0,11	<b>8,97</b>
	02/09/1980	30,4	0,0	124,6	7,60	6,22	<b>7,66</b>	4,99
	05/10/1980	72,3	0,0	132,5	6,53	7,25	<b>7,59</b>	2,39
	13/10/1980	16,5	0,0	0,0	0,00	0,00	<b>0,16</b>	0,12
	22/10/1980	102,9	0,0	279,2	15,80	11,63	<b>17,14</b>	7,48
	28/10/1980	33,2	0,0	121,3	8,72	7,25	<b>11,51</b>	3,14

A/T/E-M PC – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional; C/A-S PC– cevada/aveia-soja em preparo convencional; A/T/E-M PD – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto; C/A-S PD– cevada/aveia-soja em plantio direto. Obs.: valores destacados em negrito ilustram a ocorrência de maiores perdas de água em determinado tratamento.

**Tabela 12** – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de inverno do ano agrícola de 1983-84, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva	Chuva antecedente	El <sub>30</sub>	Perdas médias de água (mm)			
					Inverno			
					A/T/E-M PC	C/A-S PC	A/T/E-M PD	C/A-S PD
1983-84	24/06/1983	95,7	0,0	1295,4	73,94	73,50	42,07	<b>77,16</b>
	04/07/1983	47,5	0,0	662,5	23,42	31,42	30,69	<b>31,82</b>
	03/08/1983	40,9	0,0	36,8	13,46	17,10	10,91	<b>17,94</b>

A/T/E-M PC – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional; C/A-S PC– cevada/aveia-soja em preparo convencional; A/T/E-M PD – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto; C/A-S PD– cevada/aveia-soja em plantio direto. Obs.: valores destacados em negrito ilustram a ocorrência de maiores perdas de água em determinado tratamento.

**Tabela 13** – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de verão do ano agrícola de 1979-80, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto.

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva	Chuva antecedente	El <sub>30</sub>	Perdas médias de água (mm)			
					Verão			
					A/T/E-M PC	C/A-S PC	A/T/E-M PD	C/A-S PD
1979-80	19/11/1979	56,7	0,0	337,1	3,59	5,27	12,67	<b>22,64</b>
	09/01/1980	81,6	0,0	729,2	28,51	30,58	13,31	<b>31,18</b>

A/T/E-M PC – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional; C/A-S PC– cevada/aveia-soja em preparo convencional; A/T/E-M PD – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto; C/A-S PD– cevada/aveia-soja em plantio direto. Obs.: valores destacados em negrito ilustram a ocorrência de maiores perdas de água em determinado tratamento.

**Tabela 14** – Perdas médias de água nas parcelas experimentais monitoradas no período de verão do ano agrícola de 1980-81, destacando-se as maiores perdas em tratamentos sob plantio direto.

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva	Chuva antecedente	E <sub>I30</sub>	Verão			
					Perdas médias de água (mm)			
					A/T/E-M PC	C/A-S PC	A/T/E-M PD	C/A-S PD
1980-81	30/12/1980	8,0	0,0	0,0	0,43	0,02	0,10	<b>0,28</b>
	20/01/1981	87,0	0,0	1198,3	40,39	29,22	24,15	<b>39,38</b>

A/T/E-M PC – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional; C/A-S PC– cevada/aveia-soja em preparo convencional; A/T/E-M PD – aveia/tremoço/ervilhaca-milho em plantio direto; C/A-S PD– cevada/aveia-soja em plantio direto. Obs.: valores destacados em negrito ilustram a ocorrência de maiores perdas de água em determinado tratamento.

## 4 Conclusões

As perdas de solo, em média, diminuem 3,4 vezes na sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional para aveia/tremoço/ervilhaca-milho plantio direto. Na sucessão cevada/aveia-soja, estas perdas diminuem 2,8 vezes do preparo convencional para o plantio direto.

As perdas de água, em média, diminuem apenas 1,5 vezes dos tratamentos sob preparo convencional para o plantio direto, independente da cultura.

As perdas de solo puderam ser melhor explicadas pelas variáveis índice de erosividade da chuva ( $EI_{30}$ ) e lâmina de chuva nos tratamentos sob preparo convencional e na parcela-padrão.

As perdas de água puderam ser mais bem explicadas pelas variáveis índice de erosividade da chuva ( $EI_{30}$ ) e lâmina de chuva, com coeficientes de determinação maiores do que quando essas variáveis são relacionadas com as perdas de solo, tanto nas parcelas sob preparo convencional quanto nas parcelas sob plantio direto.

Quando excluído o ano agrícola de 1983-84 da série de dados, de forma geral, os coeficientes de determinação tendem a ser mais significativos nas análises de regressão realizadas, principalmente nos tratamentos sob PD.

Houve maior número de ocorrências das maiores perdas de solo nos tratamentos sob preparo convencional, corroborando com resultados da literatura. As perdas de água ocorrem igualmente ou em maior número de ocorrências nos tratamentos sob plantio direto, percebendo-se um efeito da lâmina de chuva e de chuva antecedente na geração do escoamento superficial. Quando não houve chuva antecedente nos últimos 5 dias ao evento analisado, a lâmina mínima necessária para ocorrer escoamento superficial no plantio direto foi de 30 mm.

## **CAPÍTULO IV – Obtenção dos fatores K e C da USLE para um Argissolo Vermelho distrófico arênico sob cultivos de inverno/verão e fator R para o município de Santa Maria**

### **1 Introdução**

De acordo com Zorn; Komac (2012), a pesquisa em erosão de solos é importante, principalmente, na proposta de obtenção de dados para a verificação de modelos de erosão. O modelo USLE (Universal Soil Loss Equation), que é o mais difundido internacionalmente, desenvolvido para condições norte-americanas, quando utilizado em outra região, deve ser calibrado. A calibração efetiva, ou seja, onde os dados modelados se aproximam dos dados medidos, é possível apenas com base em medições, que geralmente são escassas (ZORN; KOMAC, 2012; ALEWELL et al., 2019)

Uma das principais razões pelas quais a modelagem do tipo USLE é tão amplamente utilizada em todo o mundo é certamente seu alto grau de flexibilidade e acessibilidade aos dados, uma parametrização parcimoniosa, extensa literatura científica e comparabilidade dos resultados que permitem adaptar o modelo para quase todos os tipos de condições e regiões do mundo (ALEWELL et al., 2019). Entretanto, a abordagem USLE é empírica com limitações significativas, pois não há simulação da deposição do solo (por exemplo) e que, na maioria dos casos abordados, não existem dados medidos suficientes para determinar rigorosamente fatores únicos para todas as situações e cenários necessários (WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978). A questão que ainda deve ser levantada é se a pesquisa e o desenvolvimento das últimas 5 décadas (1965 até a atualidade) foram capazes de superar essas principais limitações (ALEWELL et al., 2019).

Muitos estudos foram realizados na escala de parcela utilizando o monitoramento durante chuva natural no mundo e no Brasil, desde a década de 1940. Entretanto, cerca de 50% dos experimentos no Brasil possuem 2 anos ou menos de dados (ANACHE et al., 2017). A obtenção dos fatores erosividade da chuva (fator R), erodibilidade do solo (fator K) e cobertura e manejo do solo (fator C) da Equação Universal de Perda de Solo - USLE e suas versões modificada - MUSLE e revisada – RUSLE, são oriundos de, pelo menos, 20 anos de dados (WISCHMEIER; SMITH, 1965). Visto que modelos de erosão desenvolvidos nas duas últimas décadas incorporam as equações clássicas, torna-se importante a obtenção desses fatores em diferentes condições de clima, solo e uso e manejo.

Portanto, o objetivo dessa etapa do trabalho foi obter os fatores K e C da USLE para um Argissolo Vermelho distrófico arênico sob cultivos de inverno/verão e fator R para o município de Santa Maria.

## **2 Material e métodos**

### **2.1 Determinação do fator R**

A capacidade potencial das chuvas em causar erosão do solo é denominada erosividade. Wischmeier (1959) definiu o índice  $EI_{30}$  para determinação da erosividade das chuvas, tendo Wischmeier; Smith (1978) utilizado esse índice para expressar o fator R da USLE, o qual foi convertido em unidades do sistema internacional por Foster et al. (1981).

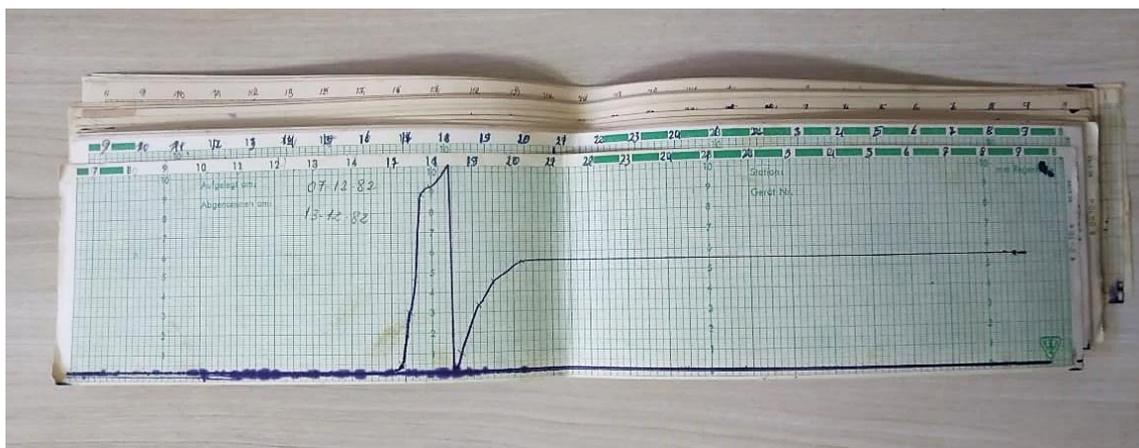
O índice  $EI_{30}$  representa o produto da energia cinética total da chuva ( $MJ\ ha^{-1}$ ) pela intensidade máxima ( $mm\ h^{-1}$ ) com base em período contínuo de 30 minutos de chuva, dado pela seguinte equação:

$$EI_{30} = E_{ct} I_{30} \quad (7)$$

Onde  $EI_{30}$  é o índice de erosividade (em  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ) da chuva individual e erosiva,  $EI_{ct}$  é a energia cinética total da chuva, em  $MJ\ ha^{-1}$ , e  $I_{30}$  é a intensidade máxima da chuva em período contínuo de 30 min de chuva, em  $mm\ h^{-1}$ . Ou seja, a quantidade máxima de chuva em um período contínuo de 30 min. Os dados de precipitação pluvial foram obtidos por pluviógrafo instalado dentro da área experimental.

O índice  $EI_{30}$  foi determinado para todas as chuvas individuais e erosivas que ocorreram no local do experimento durante o período de 8 anos (de maio de 1978 a junho de 1986). De acordo com critérios definidos por Wischmeier; Smith (1958), posteriormente adaptados por Cabeda (1976) para regiões de clima tropical, a chuva é considerada individual quando separada de outra por um período mínimo de 6 h sem chuva ou com precipitação menor que 1,0 mm durante esse tempo e chuva erosiva é toda aquela com 10,0 mm ou mais de quantidade total ou com 6,0 mm ou mais desde que ocorrendo em 15 min ou menos.

Para determinação do índice  $EI_{30}$  de cada chuva utilizou-se os pluviogramas diários (Figura 15), nos quais foram separados os segmentos de mesma inclinação que representam períodos de mesma intensidade. Em planilhas, foram registrados as horas e minutos do dia em que determinada chuva ocorria, notando-se a variação de intensidade e a chuva acumulada até aquele momento. Os dados obtidos a partir desses pluviogramas foram analisados no software CHUVEROS (CASSOL, [2018]), o qual fornece o índice  $EI_{30}$ .



**Figura 15** – Pluviograma de precipitação.

Para cada segmento uniforme da chuva, o CHUVEROS determina a energia cinética unitária básica a partir da equação proposta por Wischmeier e Smith (1958) modificada por Foster et al. (1982), dada por:

$$e_c = 0,119 + 0,0873 \log_{10} i \quad (8)$$

Onde  $e_c$  é a energia cinética unitária básica da chuva, em  $\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$  e  $i$ , em  $\text{mm h}^{-1}$ , representa a intensidade da chuva no referido segmento.

O valor obtido na equação é multiplicado pela quantidade de chuva no respectivo segmento uniforme para expressar a energia cinética da chuva naquele segmento, em  $\text{MJ ha}^{-1}$ . Somando-se a energia cinética de todos os segmentos uniformes de chuva, obtém-se a energia cinética total da chuva ( $E_{ct}$ ). A equação 8 é válida para segmentos de chuva com intensidades de até  $76 \text{ mm h}^{-1}$ . Para segmentos de chuva com intensidade igual ou maior que  $76 \text{ mm h}^{-1}$ , o valor de  $e_c$  é constante e igual a  $0,2832 \text{ MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ . Multiplicando-se a  $E_{ct}$  em  $\text{MJ ha}^{-1}$  pela intensidade máxima durante  $30 \text{ min}$  consecutivos (dada em  $\text{mm h}^{-1}$ ), obtém-se o índice  $EI_{30}$  em  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1}$  de cada chuva.

A erosividade das chuvas de um determinado mês é dada pelo somatório dos índices  $EI_{30}$  das chuvas individuais e erosivas do mês. A erosividade anual é dada pelo somatório dos índices  $EI_{30}$  de cada mês do ano. Já o fator R para

Santa Maria foi obtido pela média anual do índice  $EI_{30}$  dos 8 anos de registros de chuvas.

## 2.2 Determinação do fator K

O fator K da USLE foi determinado para cada ano agrícola, durante os anos de avaliação das perdas de solo na parcela de solo descoberto. Considera-se como ano agrícola o período entre o preparo do solo e semeadura das culturas de inverno (aveia, cevada e ervilhaca) e a colheita das culturas de verão (soja e milho) e preparo do solo para as culturas seguintes. O fator K é determinado pela razão entre a perda de solo na parcela padrão (solo descoberto, preparado convencionalmente no sentido do declive, com 22 m de comprimento e 9% de declividade) por unidade de erosividade da chuva (fator R).

Na condição padrão, os fatores L (fator de comprimento de declive), S (fator de gradiente de declive), C e P (fator de práticas de conservação do solo) passam a ser igual a uma unidade e a equação é reduzida a expressão:

$$A_{potencial} = R \times K \quad (9)$$

Assim, obtém-se a equação 10:

$$K = \frac{A}{R} \quad (10)$$

Sendo K dado em unidades de  $t \text{ ha h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , onde  $A_{potencial}$  representa as perdas potenciais de solo em  $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e R o fator de erosividade das chuvas em  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^1 \text{ ano}^{-1}$ .

Como a área experimental já apresentava 9% de declividade, não é necessário o ajuste das perdas de solo, pois a declividade da área já era a padrão, de acordo com a metodologia padrão da USLE.

## 2.3 Determinação do Fator C

### 2.3.1 Divisão dos períodos das culturas

O fator cobertura e manejo do solo (fator C) deve ser avaliado em estádios pré-determinados, de acordo com o desenvolvimento das culturas ao longo do ciclo. Conforme Wischmeier; Smith (1978), o estádio de desenvolvimento do dossel das plantas é dividido em 6 períodos: período F (do preparo primário ao secundário); período SB (do final do F até 10% de cobertura pelo dossel); período 1 (do final de SB até 50% de cobertura pelo dossel); período 2 (do final do 1 até 75% de cobertura do solo pelo dossel (60% para algodão)); período 3 (do final de 2 até a colheita) e período 4 (da colheita até o preparo primário do novo cultivo).

No entanto, para condições brasileiras, não se tem o período F por não haver ocorrência de neve ou gelo e degelo, o período SB inicia na semeadura e o estádio 4 vai da colheita até a próxima semeadura. Desta forma, em condições de sucessões de culturas anuais, o ano agrícola de desenvolvimento das culturas é dividido em 10 períodos, considerando-se 5 para as culturas com ciclo de inverno/primavera e 5 para as culturas com ciclo de verão/outono. Além disso, neste experimento, a cobertura do solo não foi determinada pelo dossel das plantas, como sugere o método. Assim, o procedimento foi adaptado relacionando os estádios de desenvolvimento com a duração, em dias, após a semeadura das culturas e com as datas das coletas, sendo ajustado de forma que houvesse pelo menos uma coleta em cada período.

A duração média dos 5 primeiros períodos do ano agrícola, correspondentes ao ciclo das culturas de inverno/primavera, bem como os 5 posteriores referentes ao ciclo das culturas de verão/outono podem ser representadas de acordo com a Tabela 15. A duração média dos períodos foi diferente entre os anos devido ao ajuste feito com as datas das coletas.

**Tabela 15** – Duração média dos períodos das culturas de inverno e verão

Período	Inverno	Verão
	(dias)	
1	36	45
2	32	40
3	35	42
4	34	35
5	39	33
Total	175	195

O período de verão tem duração média maior que o período de inverno. No estado do Rio Grande do Sul, normalmente o período entre a colheita das culturas de verão e a semeadura das culturas de inverno é maior que o período entre a colheita das culturas de inverno e a semeadura das culturas de verão.

O ano agrícola que será aqui considerado, se inicia com os preparos das culturas de inverno e termina com a colheita das culturas de verão.

### 2.3.2 Determinação da razão de perdas de solo

A razão de perdas de solo (RPS) é determinada pela relação entre as perdas de solo em determinado tratamento pelas perdas de solo da parcela padrão (WISCHMEIER; SMITH, 1978). A RPS foi determinada para cada um dos dez períodos das culturas. A perda de solo de cada período de determinado tratamento foi dividida pela perda de solo da parcela padrão no mesmo período. A RPS varia entre 0 e 1, sendo 0 quando não ocorreu perda de solo no tratamento considerado em determinado período, e 1 quando a perda de determinado tratamento for igual a perda que ocorreu na parcela padrão.

### 2.3.3 Determinação da fração do índice de erosividade das chuvas

A erosividade total das chuvas em cada período das culturas foi dividida pela erosividade total do correspondente ano agrícola, para se obter a fração do índice de erosividade ( $FEI_{30}$ ) nesses respectivos períodos. Foram determinadas

as  $FEI_{30}$  de todos os períodos dos ciclos da sucessão de culturas de inverno e de verão. A  $FEI_{30}$  varia entre 0 e 1, pois representa a porcentagem do índice de erosividade anual que causou a erosão no estágio considerado.

#### 2.3.4 Obtenção do fator C anual

Para obter o fator C anual de cada tratamento, soma-se o produto da RPS pela  $FEI_{30}$  obtida em cada período, conforme a equação 11:

$$\text{Fator C anual} = \sum_{i=1}^{i=10} RPS \times FEI_{30} \quad (11)$$

Onde  $i$  representa o período da cultura, totalizando 10 períodos no ano, 5 no inverno e 5 no verão.

O fator C final para cada tratamento é determinado pela média do fator C de todos os anos de experimentação.

### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Determinação do fator R

##### 3.1.1 Quantidade, distribuição e erosividade das chuvas durante o período experimental

As quantidades e características das chuvas foram avaliadas entre maio de 1978 e junho de 1986, totalizando 8 anos de dados (Tabela 16). A precipitação média anual entre esses anos foi de 1.490,7 mm. Desse total, a quantidade média anual das chuvas erosivas foi de 11.980,1 mm e das chuvas não erosivas foi de 1.435,8 mm (Tabela 16). O número de chuvas erosivas representou 44% do total, porém elas são responsáveis por 89,3% da precipitação total anual (Tabela 16).

**Tabela 16** – Quantidade e erosividade anual das chuvas no centro de pesquisa do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), em Santa Maria, RS, durante o período de 8 anos (de maio de 1978 a junho de 1986)

Ano	Quantidade de chuva						EI <sub>30</sub>
	Chuvas erosivas		Chuvas não erosivas		Total	Total	
	n°	mm	n°	mm	n°	mm	
1978*	25	668,8	34	96,0	59	764,8	3269,3
1979	41	1140,5	68	178,7	109	1319,2	5824,7
1980	35	1025,3	52	213,7	87	1239,0	4947,1
1981	40	927,8	53	147,5	93	1075,3	5751,6
1982	58	2339	43	162,3	101	2501,3	17315,3
1983	46	1641,4	51	215,2	97	1856,6	8697,5
1984	51	1743,2	79	167,9	130	1911,1	10270,5
1985	44	1461,4	60	172,9	104	1634,3	6454,2
1986*	28	1032,7	29	81,6	57	1114,3	8085,5
Total	368	11980,1	469	1435,8	837,0	13415,9	70615,7
Média em 8 anos	40,9	1331,1	52,1	159,5	93,0	1490,7	<b>7.846,2</b>
% com relação ao total	44,0	89,3	56,0	10,7	100,0	100,0	100,0

\* O volume de chuva de 1976 foi monitorado entre os meses de maio a dezembro e de o de 1988 de janeiro a junho.

A precipitação média anual encontrada neste estudo, de valor 1.490,7, é inferior ao valor de 1.578 mm, de acordo com dados de chuva diária de 1962 a 2012 cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, para Santa Maria.

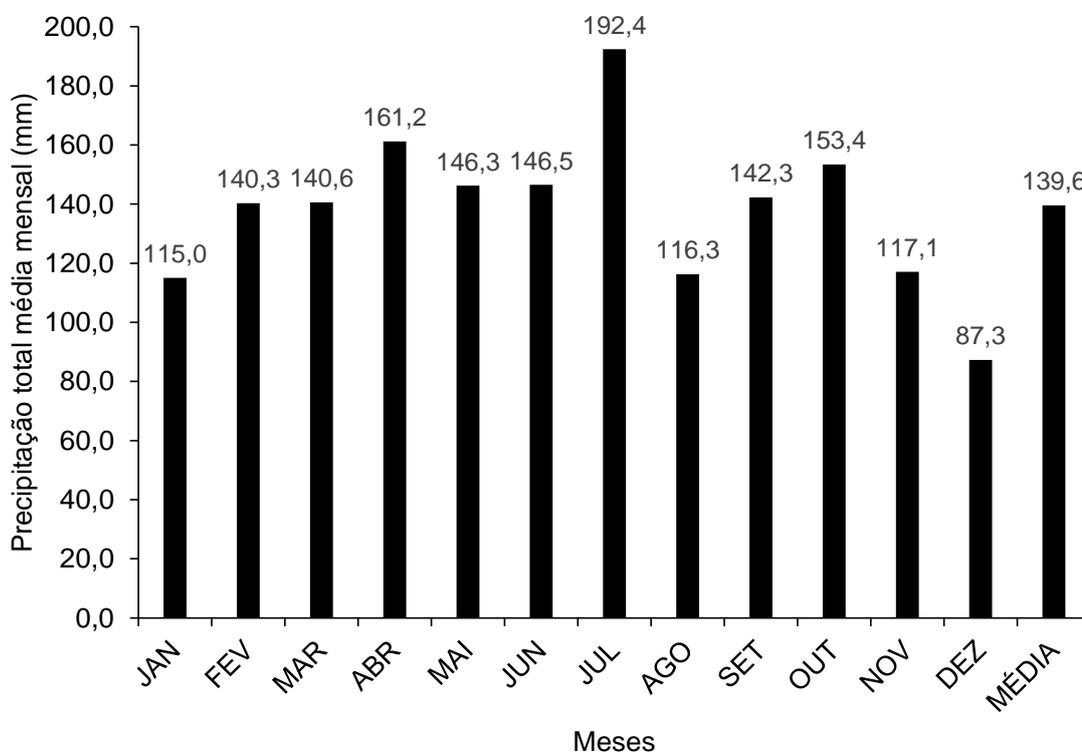
A estação meteorológica do experimento, localizada nas coordenadas 29°41'S e 53°55'W, se distancia, aproximadamente, 25 km da estação meteorológica do INMET, localizada nas coordenadas 29°42'S e 53°41'W. Reichardt et al. (1995), afirmam que as chuvas podem ter grande variabilidade mesmo que em pequenas distâncias.

A normal climatológica de um elemento climático em uma determinada região é o valor médio correspondente a um número de anos suficiente para poder admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado (WMO, 2020). De acordo com as normas da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization – WMO), 30 anos é considerado um número adequado de anos para determinar a normal

climatológica de um local (WMO, 2020). Neste sentido, a precipitação média anual estimada através dos dados cedidos pelo INMET estaria mais precisa. No entanto, os dois valores de precipitação média anual encontrados corroboram com o estudo de Wrege et al. (2017), onde a precipitação média anual para Santa Maria se encontra na faixa de 1400 a 1600 mm (Anexo 1).

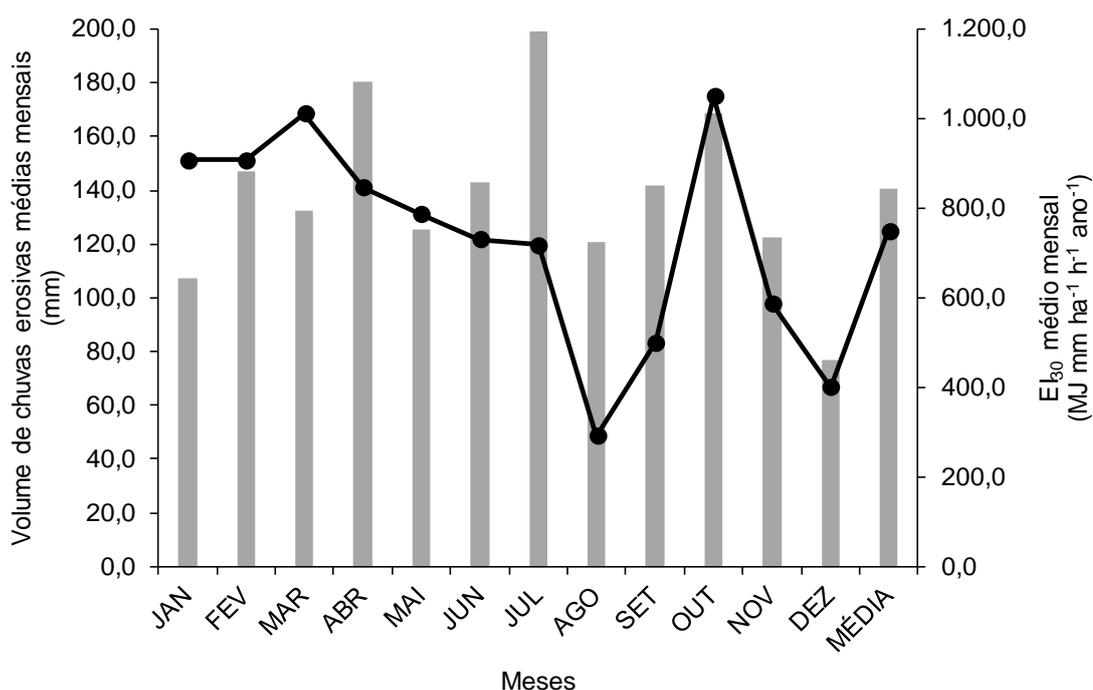
Ainda na Tabela 16, nota-se uma grande variação entre a pluviosidade ano a ano, tendo os anos de 1981 e 1982 uma alta amplitude de variação. Tal fato mostra a necessidade de avaliação de vários anos na elaboração de trabalhos dessa natureza, assim como mostra a dificuldade para se fazer planejamento conservacionista em locais que apresentem alta variação climatológica anual.

Quando se observa a precipitação média mensal, o maior valor é referente ao mês de julho, com 192,4 mm, já o menor valor é referente ao mês de dezembro, com 87,3 mm. Os valores dos demais meses podem ser observados na Figura 16.



**Figura 16** – Distribuição média mensal pluvial, entre maio de 1978 a junho de 1986 em Santa Maria, RS, incluindo chuvas erosivas e não erosivas.

Os maiores volumes de chuva nem sempre representam alta erosividade, isso porque além do volume, características como a duração e a intensidade máxima em 30 min influenciam fortemente o valor da erosividade (COGO; ELTZ; CASSOL, 2006). O período de maior erosividade ocorre entre os meses de outubro a março (Figura 18), com destaque ao mês de outubro, que tem maior valor de média mensal. O período de menor erosividade ocorre no mês de agosto. O mês de dezembro foi caracterizado por baixa erosividade. Já no mês de agosto o volume de precipitação é maior, portanto, o baixo valor de erosividade ocorre devido às características das chuvas, principalmente pela maior duração e menor intensidade das mesmas neste período do ano (chuvas com características não erosivas).



**Figura 17** – Distribuição média mensal pluvial e índice El<sub>30</sub> mensal entre maio de 1978 a junho de 1986 em Santa Maria, RS.

Entre os meses de setembro e dezembro ocorre o preparo do solo, no caso do convencional; e a semeadura das principais culturas de verão na região. Esses meses apresentam altos valores de erosividade, principalmente em outubro. O ideal é não realizar preparo do solo nesses meses, expondo o solo o

mínimo possível aos processos erosivos. A proteção ao solo fornecida pela cobertura por resíduos e menor mobilização oferecida pelos sistemas de manejo conservacionistas são, portanto, ainda mais importantes para o controle da erosão nesses períodos. Nos meses de janeiro, fevereiro e março, onde ocorrem altos valores de erosividade, as culturas já estão desenvolvidas e o solo está protegido pelo dossel contra o impacto das gotas de chuva e o escoamento.

Cuidados devem ser tomados também nos meses de abril e maio, onde ocorre alta erosividade justamente no período de entressafra, quando é utilizada a sucessão da soja com cereais de inverno. Portanto, seria interessante, nesse período, utilizar uma cobertura de verão para proteger o solo até a época de semeadura da cultura do inverno.

Entre os meses de maio e junho ocorre o preparo do solo preparo convencional, e a semeadura das principais culturas de inverno na região. No mês de maio, em que ocorre alta erosividade, cuidados devem ser tomados em caso de uso de preparo convencional.

Na região de Santa Maria é comum o monocultivo de soja no verão. Esta cultura fornece baixa quantidade de matéria seca ao sistema e, por ser uma leguminosa, tem alta taxa de decomposição de seus resíduos, o que deixa o solo desprotegido rapidamente (DUVAL et al., 2016).

### 3.1.2 Índice de erosividade médio anual para obtenção do fator R

Os índices de erosividade ( $EI_{30}$ ) das chuvas ocorridas em Santa Maria durante 8 anos (maio de 1978 a junho de 1986) são apresentadas ainda na Tabela 12. A erosividade média anual em Santa Maria, RS, com base no período estudado foi de  $7.846,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Esse valor ainda não seria o ideal para representar o fator R da USLE para essa localidade, pois a obtenção dos parâmetros R, K e C da USLE e suas versões modificada - MUSLE e revisada - RUSLE, devem ser oriundos de, pelo menos, 20 anos de dados (WISCHMEIER; SMITH, 1965). O conhecimento do fator R, torna possível a utilização da Equação Universal de Perda de Solo no planejamento conservacionista da atividade agrícola na região. Esse é um valor que representa um alto potencial

erosivo das chuvas, com erosividade forte, segundo a classificação de Foster et al. (1981) e Carvalho (2008) (Tabela 17).

**Tabela 17** – Classe para interpretação do índice de erosividade anua

Erosividade (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Classe de erosividade
$R \leq 2.452$	Erosividade fraca
$2.452 < R \leq 4.905$	Erosividade moderada
$4.905 < R \leq 7.357$	Erosividade moderada a forte
$7.357 < R \leq 9.810$	Erosividade forte
$R > 9.810$	Erosividade muito forte

Fonte: (CARVALHO, 2008)

Quando observamos os experimentos da rede de monitoramento que esse trabalho participou os dados de R para o município de Augusto Pestana, no Rio Grande do Sul, o fator R foi estimado em 9.765 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> por Schmidt (2017). Já para o município de Eldorado do Sul, RS, o fator R foi de 5.607,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (SILVA, 2016). E no presente estudo o fator R (para 8 anos de dados) foi de 7.846,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

### 3.2 Precipitação e erosividade das chuvas por ano agrícola

Os valores de pluviosidade e erosividade médias totais do ano agrícola diferem das do ano de calendário, pois o período considerado é diferente. A duração média do período de inverno foi de 175 dias e o de verão de 195 dias (Tabela 18). O período de inverno variou entre 149 (1982-83) a 202 dias (1985/1986), enquanto o período de verão variou entre 179 (1982-83 e 1985-86) e 245 dias (1981-82). O período de verão é maior devido às características de ciclo das culturas, o pousio que ocorre entre a colheita da cultura de inverno até a semeadura da cultura de verão é menor do que o tempo de pousio que ocorre entre o ciclo de verão e o ciclo de inverno, o que causa também maior duração do período de verão.

Ao longo dos anos agrícolas, não é possível se observar um padrão sobre qual dos períodos obteve maior volume de chuva e índice de erosividade (EI<sub>30</sub>), porém, analisando-se as médias de cada período, o verão teve os maiores

resultados, tanto para volume de chuva, como para o  $EI_{30}$ . Isto pode ter ocorrido devido a maior duração do ciclo de verão em relação ao ciclo de inverno (em dias).

**Tabela 18** – Datas iniciais e finais, duração do ciclo das culturas, quantidade de chuva (mm) e índice de erosividade ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ) para os cultivos de inverno e verão no centro de pesquisa do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), em Santa Maria, RS, durante o período de 8 anos (de maio de 1978 a junho de 1986) de monitoramento

Ano agrícola	Ciclo	Data do período		Duração (dias)	Chuva	$EI_{30}$
		Início	Fim			
1978-79	I	25/05/1978	22/11/1978	182	686,0	2851,0
	V	23/11/1978	22/05/1979	181	429,9	1940,0
1979-80	I	23/05/1979	12/11/1979	174	846,3	3919,5
	V	13/11/1979	17/06/1980	218	672,3	3251,9
1980-81	I	18/06/1980	16/11/1980	152	560,0	1593,7
	V	17/11/1980	19/05/1981	184	594,8	3430,9
1981-82	I	20/05/1981	11/11/1981	176	502,1	2090,2
	V	12/11/1981	14/07/1982	245	1233,6	9088,0
1982-83	I	15/07/1982	10/12/1982	149	1183,0	7824,8
	V	11/12/1982	07/06/1983	179	1214,9	5828,9
1983-84	I	08/06/1983	06/12/1983	182	747,9	3650,0
	V	07/12/1983	12/06/1984	189	936,3	5878,6
1984-85	I	13/06/1984	09/12/1984	180	990,2	4244,1
	V	10/12/1984	11/06/1985	184	896,3	5098,6
1985-86	I	12/06/1985	30/12/1985	202	808,0	1840,0
	V	31/12/1985	27/06/1986	179	1114,3	8085,5
Média	I			175	790,4	3.501,7
	V			195	886,6	5.325,3
Total	I			1.397	6.323,5	28.013,3
	V			1.559	7.092,4	42.602,4
Total em 8 anos				2.956	13.416	70.615,7
Total médio anual				369,5	1.677,0	8827,0

I – Inverno; V – Verão.

### 3.3 Perdas de solo na parcela padrão e determinação do fator K

O fator K, que na USLE representa a suscetibilidade do solo à erosão, é determinado pela razão entre perdas de solo ocorridas na parcela padrão e a erosividade das chuvas, sempre anualmente. Como todas as parcelas em

estudo apresentavam a mesma declividade que a parcela padrão, de 9%, as perdas de solo não precisaram ser ajustadas (Tabela 19). Na mesma tabela estão a erosividade e o fator K.

**Tabela 19** – Perdas de solo no tratamento solo descoberto (parcela padrão da USLE) para determinação do fator K nos 8 anos de condução do experimento monitorado de 1978 a 1986 em Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Ano agrícola	Perdas de solo	EI <sub>30</sub>	Fator K
1978-79	108,6	4.791,0	0,0227
1979-80	243,8	7.171,4	0,0340
1980-81	248,1	5.024,6	0,0494
1981-82	408,4	11.178,2	0,0366
1982-83	527,6	13.653,7	0,0386
1983-84	386,2	9.528,6	0,0405
1984-85	449,3	9.342,7	0,0481
1985-86	274,7	9.925,5	0,0277
Média	330,8	8.827,0	<b>0,0372</b>
Desvio padrão	119,0	2.672,5	0,0081
Coefficiente de variação (%)	36	30	22

No município de Eldorado do Sul no Rio Grande do Sul, o fator K foi estimado em  $0,0338 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  para um Argissolo Vermelho distrófico típico por Silva (2016) e Cassol (2018). Já no município de Augusto Pestana, também no Rio Grande do Sul, o fator K foi estimado em  $0,0090 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  para um Latossolo Vermelho distroférico típico por Schmidt (2017). Ambos os estudos foram os que estiveram na rede de monitoramento juntamente com este trabalho.

### 3.4 Manejo e cobertura do solo: Fator C

A determinação do fator C foi efetuada para cada ano agrícola dos 8 anos do período experimental, entre maio de 1978 e junho de 1986. Nas Tabelas 20 à 27 estão apresentados os valores utilizados na determinação do fator C para os tratamentos de sucessão aveia/trigo/ervilhaca-milho (A/T/E-M), e cevada/aveia-soja (C/A-S), ambas em preparo convencional (PC) e plantio direto

(PD) em cada ano agrícola. Os resultados referentes as perdas de solo em todos os 10 períodos das culturas, na parcela padrão (PP) e, com as respectivas erosividades podem ser observados nos Apêndices 32 ao 39. É recomendado que o fator C seja oriundo de, pelo menos, 20 anos de dados (WISCHMEIER; SMITH, 1965). Neste estudo, para 8 anos de dados monitorados, o fator C médio anual foi determinado para os tratamentos sob preparo convencional e plantio direto.

O fator C variou amplamente entre os anos estudados. Isso ocorre por este fator ser influenciado principalmente pela distribuição da erosividade, pois também tem grande variação ao longo dos anos, dos sistemas de preparo e do desenvolvimento das culturas. No primeiro ano (1978-79), o fator C foi maior no tratamento em sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho em preparo convencional (A/T/E-M PC) do que no mesmo tratamento sob plantio direto (A/T/E-M) PD. Porém, ao observar o tratamento em sucessão cevada/aveia-soja (C/A-S), o fator C foi maior no PD (Tabela 20). Isto pode ser relacionado ao efeito residual do antigo preparo convencional realizado na área, antes da instalação do experimento. No segundo ano (1979-80), o fator C manteve o comportamento em A/T/E-M PC e PD, havendo uma melhora no tratamento C/A-S PD, que teve menor fator C que em C/A-S PC (Tabela 21).

O maior valor de fator C ocorreu no ano de 1985-86, na sucessão C/A-S sob PC (Tabela 27). O menor valor de fator C ocorreu no mesmo ano, na sucessão A/T/E-M sob PD (Tabela 27). Porém, este ano agrícola foi avaliado somente até junho, podendo ser este o motivo do menor valor. Excluindo-se esse último período da análise, o maior valor de fator C ocorre no ano de 1982-83 na sucessão A/T/E-M sob PC (Tabela 24). Neste ano, realizou-se o revolvimento do solo para incorporação de calcário, em todas as parcelas experimentais. Avaliando-se os valores de fator C sob PD, o menor valor também ocorreu neste ano, na sucessão C/A-S (Tabela 24).

Pela grande variabilidade de valores de fator C quando comparando os anos agrícolas avaliados, optou-se por estimar a média do mesmo ao longo dos 8 anos de dados coletados durante monitoramento. Dessa forma, com a maior série de dados, há uma maior possibilidade de acurácia ao se avaliar o efeito do manejo do solo. As mudanças que ocorreram por problemas fitossanitários em algumas culturas ao longo do período experimental foram realizadas de forma a

se substituir sempre gramínea por gramínea (cevada por aveia) e leguminosa por leguminosa. Logo, a avaliação do efeito do manejo pode ser válida sem grande interferência do efeito de cultura.

**Tabela 20** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de aveia e milho em preparo convencional (A/T/E-M), cevada e soja (C/A-S) em preparo convencional, aveia e milho em plantio direto (A/T/E-M) e cevada e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1978-79 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1978-79											
Período	El <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	RPS				Fator C				
			PC		PD		PC		PD		
			A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	
1	240,3	0,0436	0,2677	0,3656	0,1058	0,2605	0,0117	0,0160	0,0046	0,0114	
2	333,9	0,0606	0,2901	0,3989	0,4530	0,4561	0,0176	0,0242	0,0275	0,0277	
3	171,6	0,0312	0,0127	0,0125	0,0351	0,0216	0,0004	0,0004	0,0011	0,0007	
4	646,7	0,1174	0,0079	0,0021	0,0088	0,0359	0,0009	0,0002	0,0010	0,0042	
5	2175,2	0,3949	0,0176	0,0050	0,0141	0,0276	0,0070	0,0020	0,0056	0,0109	
6	418,3	0,0759	0,7252	0,0618	0,3932	0,3198	0,0551	0,0047	0,0299	0,0243	
7	155,1	0,0282	0,0833	0,0676	0,0653	0,0153	0,0023	0,0019	0,0018	0,0004	
8	364,1	0,0661	0,3731	0,0945	0,1022	0,0264	0,0247	0,0062	0,0068	0,0017	
9	446,1	0,0810	0,3467	0,2117	0,0682	0,0856	0,0281	0,0171	0,0055	0,0069	
10	556,4	0,1010	0,1029	0,1129	0,0082	0,0337	0,0104	0,0114	0,0008	0,0034	
<b>Total</b>	<b>5507,7</b>	<b>1,0000</b>					<b>0,1581</b>	<b>0,0841</b>	<b>0,0846</b>	<b>0,0916</b>	

Unidades de medida: El<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; RPS – Razão de perda de solo; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Tabela 21** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de aveia e milho em preparo convencional (A/T/E-M), cevada e soja (C/A-S) em preparo convencional, aveia e milho em plantio direto (A/T/E-M) e cevada e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1978-79 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1979-80										
Período	El <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	RPS				Fator C			
			PC		PD		PC		PD	
			A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S
1	424,9	0,0592	0,6444	0,4699	0,5504	0,8390	0,0382	0,0278	0,0326	0,0497
2	388,2	0,0541	0,4614	0,4514	0,2461	0,3392	0,0250	0,0244	0,0133	0,0184
3	156,2	0,0218	0,0479	0,0135	0,0123	0,0316	0,0010	0,0003	0,0003	0,0007
4	2125,0	0,2963	0,0620	0,0405	0,0010	0,0009	0,0184	0,0120	0,0003	0,0003
5	825,2	0,1151	0,0369	0,0027	0,0000	0,0036	0,0042	0,0003	0,0000	0,0004
6	383,5	0,0535	0,4240	0,7333	0,1929	0,3581	0,0227	0,0392	0,0103	0,0192
7	827,3	0,1154	0,1821	0,0946	0,0130	0,0107	0,0210	0,0109	0,0015	0,0012
8	1843,1	0,2570	0,0373	0,0125	0,0049	0,0043	0,0096	0,0032	0,0013	0,0011
9	85,3	0,0119	0,0049	0,0012	0,0019	0,0005	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
10	112,7	0,0157	0,0029	0,0004	0,0006	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Total</b>	<b>7171,4</b>	<b>1,0000</b>					<b>0,1402</b>	<b>0,1183</b>	<b>0,0596</b>	<b>0,0909</b>

Unidades de medida: El<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; RPS – Razão de perda de solo; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Tabela 22** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de trevoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, trevoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1980-81 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1980-81											
Período	El <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	RPS				Fator C				
			PC		PD		PC		PD		
			A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	
1	397,3	0,0791	0,2801	0,2930	0,0574	0,1278	0,0221	0,0232	0,0045	0,0101	
2	487,0	0,0969	0,5615	0,4236	0,1456	0,2234	0,0544	0,0411	0,0141	0,0216	
3	124,6	0,0248	0,7567	0,6240	0,3274	0,1052	0,0188	0,0155	0,0081	0,0026	
4	132,5	0,0264	0,1650	0,0626	0,0432	0,0038	0,0044	0,0017	0,0011	0,0001	
5	452,3	0,0900	0,2102	0,0715	0,0178	0,0048	0,0189	0,0064	0,0016	0,0004	
6	485,0	0,0965	0,4485	0,2029	0,3631	0,1879	0,0433	0,0196	0,0351	0,0181	
7	1935,5	0,3852	0,2277	0,1976	0,0377	0,0215	0,0877	0,0761	0,0145	0,0083	
8	851,7	0,1695	0,1069	0,0287	0,0150	0,0028	0,0181	0,0049	0,0025	0,0005	
9	48,0	0,0096	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
10	110,7	0,0220	0,0034	0,0002	0,0004	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	
<b>Total</b>	<b>5024,6</b>	<b>1,0000</b>					<b>0,2678</b>	<b>0,1884</b>	<b>0,0816</b>	<b>0,0618</b>	

Unidades de medida: El<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; RPS – Razão de perda de solo; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/trevoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Tabela 23** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de trevoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, trevoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1981-82 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1981-82										
Período	El <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	RPS				Fator C			
			PC		PD		PC		PD	
			A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S
1	686,3	0,0614	0,3335	0,8224	0,0381	0,0631	0,0205	0,0505	0,0023	0,0039
2	539,1	0,0482	0,5729	0,3202	0,0742	0,0597	0,0276	0,0154	0,0036	0,0029
3	50,4	0,0045	0,2613	0,1616	0,0218	0,0031	0,0012	0,0007	0,0001	0,0000
4	335,6	0,0300	0,0603	0,0199	0,0103	0,0226	0,0018	0,0006	0,0003	0,0007
5	478,8	0,0428	0,0052	0,0101	0,0006	0,0013	0,0002	0,0004	0,0000	0,0001
6	715,5	0,0640	0,9403	0,4426	0,0210	0,2087	0,0602	0,0283	0,0013	0,0134
7	2498,1	0,2235	0,2515	0,1545	0,0094	0,0109	0,0562	0,0345	0,0021	0,0024
8	2584,6	0,2312	0,1349	0,0477	0,0074	0,0019	0,0312	0,0110	0,0017	0,0004
9	829,6	0,0742	0,0096	0,0040	0,0011	0,0009	0,0007	0,0003	0,0001	0,0001
10	2460,2	0,2201	0,0333	0,1403	0,0591	0,1056	0,0073	0,0309	0,0130	0,0232
<b>Total</b>	<b>11178,2</b>	<b>1,0000</b>					<b>0,2070</b>	<b>0,1728</b>	<b>0,0246</b>	<b>0,0470</b>

Unidades de medida: El<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; RPS – Razão de perda de solo; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/trevoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Tabela 24** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de trevoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, trevoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1982-83 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1982-83										
Período	El <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	RPS				Fator C			
			PC		PD		PC		PD	
			A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S
1	1175,5	0,0852	0,5853	0,9213	0,1807	0,1105	0,0499	0,0785	0,0154	0,0094
2	656,6	0,0476	0,6540	0,8067	0,0429	0,0279	0,0311	0,0384	0,0020	0,0013
3	845,5	0,0613	0,3354	0,4628	0,0072	0,0146	0,0206	0,0284	0,0004	0,0009
4	5090,0	0,3689	0,4205	0,0748	0,0119	0,0213	0,1551	0,0276	0,0044	0,0079
5	296,7	0,0215	0,3197	0,0087	0,0039	0,0030	0,0069	0,0002	0,0001	0,0001
6	1484,3	0,1076	0,6451	0,5410	0,0094	0,0257	0,0694	0,0582	0,0010	0,0028
7	1311,8	0,0951	0,1721	0,1909	0,0034	0,0103	0,0164	0,0181	0,0003	0,0010
8	1222,0	0,0886	0,0414	0,0313	0,0005	0,0009	0,0037	0,0028	0,0000	0,0001
9	1086,3	0,0787	0,0734	0,0080	0,0025	0,0011	0,0058	0,0006	0,0002	0,0001
10	630,6	0,0457	0,0459	0,0237	0,0033	0,0030	0,0021	0,0011	0,0001	0,0001
<b>Total</b>	<b>13799,3</b>	<b>1,0000</b>					<b>0,3608</b>	<b>0,2538</b>	<b>0,0241</b>	<b>0,0236</b>

Unidades de medida: El<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; RPS – Razão de perda de solo; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/trevoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Tabela 25** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de trevoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, trevoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1983-84 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1983-84											
Período	EI <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	RPS				Fator C				
			PC		PD		PC		PD		
			A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	
1	2423,1	0,2543	0,8051	0,9023	0,9511	0,9575	0,2047	0,2295	0,2419	0,2435	
2	436,3	0,0458	0,1524	0,2183	0,1635	0,1729	0,0070	0,0100	0,0075	0,0079	
3	164,1	0,0172	0,0596	0,0447	0,0497	0,0225	0,0010	0,0008	0,0009	0,0004	
4	597,6	0,0627	0,0279	0,0109	0,0043	0,0012	0,0017	0,0007	0,0003	0,0001	
5	28,9	0,0030	0,0016	0,0007	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
6	866,4	0,0909	0,0330	0,0775	0,0190	0,0087	0,0030	0,0070	0,0017	0,0008	
7	620,4	0,0651	0,0562	0,1062	0,0245	0,0228	0,0037	0,0069	0,0016	0,0015	
8	1094,1	0,1148	0,0038	0,0461	0,0037	0,0271	0,0004	0,0053	0,0004	0,0031	
9	2359,7	0,2476	0,0088	0,0621	0,0094	0,0279	0,0022	0,0154	0,0023	0,0069	
10	938,0	0,0984	0,0024	0,0142	0,0057	0,0071	0,0002	0,0014	0,0006	0,0007	
<b>Total</b>	<b>9528,6</b>	<b>1,0000</b>					<b>0,2240</b>	<b>0,2769</b>	<b>0,2571</b>	<b>0,2649</b>	

Unidades de medida: EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; RPS – Razão de perda de solo; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/trevoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Tabela 26** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de trevoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, trevoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1984-85 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1984-85											
Período	El <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	RPS				Fator C				
			PC		PD		PC		PD		
			A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	
1	1666,2	0,3524	0,3001	0,3393	0,0547	0,1767	0,1057	0,1196	0,0193	0,0623	
2	342,1	0,0723	0,5064	0,6953	0,0510	0,2839	0,0366	0,0503	0,0037	0,0205	
3	815,2	0,1724	0,2822	0,0224	0,0297	0,0054	0,0487	0,0039	0,0051	0,0009	
4	265,6	0,0562	0,1882	0,0132	0,0090	0,0079	0,0106	0,0007	0,0005	0,0004	
5	1155,0	0,2443	0,1526	0,0594	0,0054	0,0101	0,0373	0,0145	0,0013	0,0025	
6	484,4	0,1024	0,2929	0,1642	0,0023	0,0096	0,0300	0,0168	0,0002	0,0010	
7	0,0	0,0000	0,0387	0,1020	0,0021	0,0060	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
8	0,0	0,0000	0,0127	0,0746	0,0013	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
9	0,0	0,0000	0,0163	0,0915	0,0027	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
10	0,0	0,0000	0,0147	0,0126	0,0017	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
<b>Total</b>	<b>4728,5</b>	<b>1,0000</b>					<b>0,2689</b>	<b>0,2058</b>	<b>0,0301</b>	<b>0,0876</b>	

Unidades de medida: El<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; RPS – Razão de perda de solo; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/trevoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Tabela 27** – Razão de Perda de Solo (RPS) e fator C para a sucessão de culturas de ervilhaca e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, ervilhaca e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1985-86 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1985-86											
Período	El <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	RPS				Fator C				
			PC		PD		PC		PD		
			A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	
1	631,9	0,0637	0,1026	0,4293	0,0130	0,0514	0,0065	0,0273	0,0008	0,0033	
2	480,6	0,0484	0,0350	0,3875	0,0022	0,0106	0,0017	0,0188	0,0001	0,0005	
3	363,8	0,0367	0,0081	0,0286	0,0011	0,0066	0,0003	0,0010	0,0000	0,0002	
4	184,9	0,0186	0,0135	0,0190	0,0011	0,0040	0,0003	0,0004	0,0000	0,0001	
5	178,8	0,0180	0,0000	0,0173	0,0000	0,0004	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	
6	1526,5	0,1538	0,5707	0,5520	0,0053	0,0193	0,0878	0,0849	0,0008	0,0030	
7	2691,9	0,2712	0,2371	0,6142	0,0037	0,0171	0,0643	0,1666	0,0010	0,0046	
8	2050,9	0,2066	0,1352	0,5758	0,0031	0,0227	0,0279	0,1190	0,0006	0,0047	
9	1611,6	0,1624	0,0416	0,5342	0,0066	0,0385	0,0068	0,0867	0,0011	0,0063	
10	204,6	0,0206	0,0114	0,0400	0,0023	0,0041	0,0002	0,0008	0,0000	0,0001	
<b>Total</b>	<b>9925,5</b>	<b>1,0000</b>					<b>0,1958</b>	<b>0,5058</b>	<b>0,0046</b>	<b>0,0227</b>	

Unidades de medida: El<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; RPS – Razão de perda de solo; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

Na Tabela 28, podemos observar os valores do fator C considerando os 8 anos do estudo. Os menores valores de fator C ocorreram nos tratamentos sob PD, podendo-se afirmar que a palhada deixada sobre o solo neste sistema oferece um efeito positivo, minimizando as perdas de solo, conseqüentemente os menores valores de C.

**Tabela 28** – Síntese dos valores de fator C para os diferentes sistemas de preparo e manejo do solo e sucessões de culturas durante os 8 anos de monitoramento do experimento, de maio de 1978 a junho de 1987, em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Fator C			
	PC		PD	
	A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S
1978-79	0,1581	0,0841	0,0846	0,0916
1979-80	0,1402	0,1183	0,0596	0,0909
1980-81	0,2678	0,1884	0,0816	0,0618
1981-82	0,2070	0,1728	0,0246	0,0470
1982-83*	<b>0,3608</b>	0,2538	0,0241	<b>0,0236</b>
1983-84	0,2240	0,2769	0,2571	0,2649
1984-85	0,2689	0,2058	0,0301	0,0876
1985-86	0,1958	<b>0,5058</b>	<b>0,0046</b>	0,0227
<b>Média</b>	<b>0,2278</b>	<b>0,2257</b>	<b>0,0708</b>	<b>0,0863</b>

PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja; \*Revolvimento do solo em todas as parcelas para incorporação de calcário.

Silva (2016) que realizou o estudo em Eldorado do Sul, RS, pertencente a rede de monitoramento entre o final da década de 70 e anos 80 obteve o fator C para a sucessão trigo-soja em preparo convencional (TSPC) – Fator C: 0,1576; sucessão trigo-soja em preparo reduzido (TSPR) – Fator C: 0,0407; sucessão trigo-soja em plantio direto (TSPD) – Fator C: 0,0368; sucessão trigo-milho em preparo convencional (TMPC) – Fator C: 0,1238; sucessão trigo-milho em plantio direto (TMPD) – Fator C: 0,0329. Schmidt (2017) realizou o estudo da rede de monitoramento em Augusto Pestana - RS e obteve o Fator C para a sucessão trigo-soja em preparo convencional (TSPC) – Fator C: 0,1824; sucessão trigo-soja em preparo mínimo (TSPR) – Fator C: 0,1195; sucessão trigo-soja em plantio direto (TSPD) – Fator C: 0,0565; sucessão aveia-milho em preparo convencional (AMPC) – Fator C: 0,1963; sucessão aveia-milho em plantio direto (AMPD)

– Fator C: 0,0530; Pastagem de alfafa (RALF) – Fator C: 0,0244 ; Pastagem de setária + siratro + desmódio (RSSD) – Fator C: 0,0287.

Observando os valores obtidos, percebe-se que os valores encontrados para este estudo (Tabela 24) são superiores aos tratamentos de Silva (2016) considerando o preparo convencional e direto. As culturas de inverno não são as mesmas nos estudos, o que pode influenciar nessa observação, entretanto, ambos os solos são Argissolos (observar o valor K de ambos os solos no item 3.3 deste capítulo) variando significativamente o fator R. Já quando observamos o fator C para o experimento em Augusto Pestana, as sucessões sob preparo convencional e sob plantio direto apresentam valores inferiores ao desse estudo, mesmo que tenham cultivos similares. Desde modo, mesmo o fator R sendo superior em Augusto Pestana ( $> 2.000,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), o efeito do fator erodibilidade do solo (fator K) pode ter reduzido os valores do fator C nas condições de cultivo e manejo do solo em Augusto Pestana.

#### 4. Conclusões

O fator R da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) para aplicação na região de Santa Maria é de 7.846,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Este valor representa um alto potencial erosivo das chuvas.

O fator K da USLE (que no modelo representa a erodibilidade do solo), é de 0,0372 t ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para um Argissolo Vermelho distrófico arênico, caracterizando um solo que tem suscetibilidade à erosão, pois este valor de fator K é alto.

Os tratamentos sob preparo convencional geraram os maiores valores do fator C; 0,2278 para a sucessão aveia/tremoço/ervilhaca-milho (A/T/E-M PC) e de 0,2257 para cevada/aveia-soja (C/A-S PC), valores aproximadamente 3,2 e 2,6 vezes maiores quando comparados aos mesmos tratamentos sob plantio direto, respectivamente, refletindo a importância do não revolvimento do solo e da inserção de planta de cobertura.

## **CAPÍTULO V – Conclusões gerais**

O estudo de metanálise indica que a maioria dos trabalhos que estimam os fatores R (erosividade da chuva), K (erodibilidade do solo) e C (cobertura e manejo) da USLE (Equação Universal de Perdas de Solo) através da experimentação ocorrem nas regiões sul e sudeste, mostrando que há lacunas de pesquisas em regiões de importância agrícola para o país.

As bases Web of Science e Scopus localizam materiais da chamada literatura cinzenta, mas não possuem um grande arcabouço nesta categoria, estando limitadas a publicações de anais que se enquadrem a determinados critérios de qualidade. Logo, como próxima etapa do estudo de metanálise, seria interessante incluir-se a base de dados Google Acadêmico, com o intuito de abranger os repositórios digitais das universidades, onde estão armazenadas teses e dissertações.

O manejo de plantio direto mostra-se mais eficiente no controle das perdas de solo, mas o mesmo não pode ser dito para este manejo com respeito ao controle das perdas de água. As perdas de água ocorrem igualmente ou em maior número de ocorrências nos tratamentos sob plantio direto, percebendo-se um efeito da lâmina de chuva e de chuva antecedente na geração do escoamento superficial.

O fator R da USLE para aplicação na região de Santa Maria é de 7.846,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

O fator K da USLE é de 0,0372 t ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para um Argissolo Vermelho distrófico arênico

Os tratamentos sob preparo convencional geraram os maiores valores do fator C da USLE, refletindo a importância do não revolvimento do solo e da inserção de planta de cobertura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J. A. *et al.* Avaliação de sistemas de preparo e calagem em um Latossolo Bruno alumínico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 963–975, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832005000600014>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- ALEWELL, C. *et al.* Using the USLE: chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. **International Soil and Water Conservation Research**, Beijing, v. 7, n. 3, p. 203–225, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.05.004>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- ALTMANN, J.; MINELLA, E. Estudo da viabilidade de cevada (*Hordeum vulgare* L.) como forrageira no vazio outonal. *In*: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9.; MOSTRA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TRIGO, 6., 2014, Passo Fundo. **A construção de um cientista: resumos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. p. 33. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1017944&biblioteca=vazio&busca=1017944&qFacets=1017944&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- AMARAL, A. J. *et al.* Reduction of water erosion in three soil management systems in an inceptisol of the planalto sul-catarinense region- Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 2145–2155, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000500035>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- AMORIM, R. S. S. *et al.* Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica usle, rusle e wepp para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1046–1049, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000600006>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- ANACHE, J. A. A. *et al.* Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: a meta-analysis of the Brazilian experience. **Catena**, Cremlingen, v. 152, p. 29–39, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.01.003>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- BARGARELLO, V.; FERRO, V. Plot-scale measurement of soil erosion at the experimental area of Sparacia (southern Italy). **Hydrological Processes**, Chichester, v. 18, n. 1, p. 141–157, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.1318>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 105–112, 1997.
- BAZZANO, Marcos Gabriel Penalva; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de

Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1205–1217, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832007000500036>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BAZZANO, Marcos Gabriel Peñalva; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosivity and hydrological characteristics of rainfalls in Rio Grande (RS, Brazil). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 235–244, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000100024>. Acesso em: 23 mar. 2021.

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 na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 409–418, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06831997000300009>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BERTOL, Ildegardis. **Conservação do solo no Brasil: histórico, situação atual e o que esperar para o futuro**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2016/04/Conservação-do-solo-no-Brasil-.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Icone, 1990.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 509–517, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832003000300012>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BILOTTA, G. S. *et al.* Assessing catchment-scale erosion and yields of suspended solids from improved temperate grassland. **Journal of Environmental Monitoring**, London, v. 12, n. 3, p. 731–739, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/b921584k>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BIRKINSHAW, S. J.; BATHURST, J. C. Model study of the relationship between sediment yield and river basin area. **Earth Surface Processes and Landforms**, New York, v. 31, n. 6, p. 750–761, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/esp.1291>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BRAIDA, J. A.; CASSOL, E. A. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 711–721, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06831999000300026>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BRAZIER, R. E.; HEATHWAITE, A. L.; LIU, S. Scaling issues relating to phosphorus transfer from land to water in agricultural catchments. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 304, n. 1/4, p. 330–342, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.047>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BURWELL, R. E.; ALLMARAS, R. R.; AMEMIYA, M. A field measurement of total porosity and surface microrelief of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 27, n. 6, p. 697–700, 1963. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1963.03615995002700060037x>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CABEDA, M. S. V. **Computation of storm EI Values**. West Lafayette: Purdue University, 1976.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 161–169, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832000000100018>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CALEGARI, A. **Manual técnico de plantas de cobertura: Projeto Solo Vivo**. 2. ed. [S. l.: Webbio Academy], 2016. Disponível em: <http://www.ecoagri.com.br/web/wp-content/uploads/Plantas-de-Cobertura---Manual-Técnico.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CAMMERAAT, L. H. A review of two strongly contrasting geomorphological systems within the context of scale. **Earth Surface Processes and Landforms**, New York, v. 27, n. 11, p. 1201–1222, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/esp.421>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CARAFFA, M. *et al.* (org.). **42ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul: indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2018/2019 e 2019/2020**. Três de Maio: Embrapa. Setrem, 2019. p. 107. Disponível em: [https://logos.setrem.com.br/uploads/bibliografia\\_digital/35327.pdf](https://logos.setrem.com.br/uploads/bibliografia_digital/35327.pdf). Acesso em: 23 mar. 2021.

CARDOSO, D. P. *et al.* Erosão hídrica avaliada pela alteração na superfície do solo em sistemas florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 25–37, 2004. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-19144371290&partnerID=40&md5=b915f15986dda3ff6c5c401f25802ca1>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no Sul do Brasil: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. 2. ed. Londrinha: FAO, IAPAR, 2012.

CASSOL, E. A. **Chuveros**. Porto Alegre: [S. l.: s. n.], [2018].

CASSOL, E. A. *et al.* Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1239–1251, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000300032>. Acesso em: 23 mar.

2021.

CASSOL, E. A. Manejo e conservação dos solos do Rio Grande do Sul para o controle da erosão. *In*: RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Macrozoneamento agroecológico e econômico**. Porto Alegre: SAA/EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 208–215.

CASSOL, E. A. *et al.* Soil erodibility under natural rainfall conditions as the K factor of the universal soil loss equation and application of the nomograph for a subtropical Ultisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 42, [art.] e0170262, [p. 1–20], 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20170262>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CERDÀ, A. Soil erosion after land abandonment in a semiarid environment of southeastern Spain. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, Abingdon, v. 11, n. 2, p. 163–176, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15324989709381469>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CERDÀ, Artemi *et al.* Scales and erosion. **Catena**, Cremlingen, v. 102, p. 1–2, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.09.006>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CERDÀ, Artemi; JURGENSEN, M. F. Ant mounds as a source of sediment on citrus orchard plantations in eastern Spain. A three-scale rainfall simulation approach. **Catena**, Cremlingen, v. 85, n. 3, p. 231–236, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.01.008>. Acesso em: 23 mar. 2021.

COGO, C. M.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade das chuvas em Santa Maria, RS, determinada pelo índice EI30. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 14, n. 3, p. 1–11, 2006.

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. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1978, Passo Fundo. [Anais ...]. Passo Fundo: EMBRAPA-CNTN, 1978. p. 6–86.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 743–753, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832003000400019>. Acesso em: 23 mar. 2021.

COSTA, M. S.; LIBONATI, J. J.; RODRIGUES, R. N. Conhecimentos sobre particularidades da contabilidade rural: um estudo exploratório com contadores da região metropolitana de Recife. **ConTexto**, Porto Alegre, v. 4, n. 7, p. 1–24, 2004. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ConTexto/article/view/11275>. Acesso em: 23 mar. 2021.

DE VENTE, J. *et al.* The sediment delivery problem revisited. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, London, v. 31, n. 2, p. 155–

178, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0309133307076485>. Acesso em: 14 jun. 2020.

DE VENTE, J.; POESEN, J. Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: Scale issues and semi-quantitative models. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v. 71, n. 1/2, p. 95–125, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2005.02.002>. Acesso em: 23 mar. 2021.

DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; FREITAS JUNIOR, E. Perdas de solo água e nutrientes por erosão em Latossolo vermelho escuro nos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 10, p. 265–272, 1986.

DELUCA, J. B. *et al.* Developing a comprehensive search strategy for evidence based systematic reviews. **Evidence Based Library and Information Practice**, Edmonton, v. 3, n. 1, p. 3, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.18438/b8kp66>. Acesso em: 23 mar. 2021.

DEUSCHLE, D. *et al.* Erosion and hydrological response in no-tillage subjected to crop rotation intensification in southern Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 340, p. 157–163, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.010>. Acesso em: 23 mar. 2021.

DORAN, John W.; ZEISS, Michael R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 3–11, 2000. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez45.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S092913930000676>. Acesso em: 23 mar. 2021.

DUBREUIL, P. L. Review of field observations of runoff generation in the tropics. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 80, n. 3/4, p. 237–264, 1985. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(85\)90119-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(85)90119-2). Acesso em: 23 mar. 2021.

DULEY, F. L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 4, n. C, p. 60–64, 1940. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1940.036159950004000c0011x>. Acesso em: 23 mar. 2021.

DUVAL, M. E. *et al.* Winter cover crops in soybean monoculture: effects on soil organic carbon and its fractions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 161, p. 95–105, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.04.006>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ELTZ, F. L. F. *et al.* Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 8, p. 245–249, 1984a.

ELTZ, F. L. F. *et al.* Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno-Avermelhado

distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 8, p. 117–125, 1984b. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/284665954\\_Perdas\\_de\\_solo\\_e\\_agua\\_por\\_erosao\\_em\\_diferentes\\_sistemas\\_de\\_manejo\\_e\\_coberturas\\_vegetais\\_em\\_solo\\_Lateritico\\_BrunoAvermelhado\\_distrofico\\_Sao\\_Jeronimo\\_sob\\_chuva\\_natural](https://www.researchgate.net/publication/284665954_Perdas_de_solo_e_agua_por_erosao_em_diferentes_sistemas_de_manejo_e_coberturas_vegetais_em_solo_Lateritico_BrunoAvermelhado_distrofico_Sao_Jeronimo_sob_chuva_natural). Acesso em: 23 mar. 2021.

ELTZ, Flávio L. F. *et al.* Erosive potential and rainfall characteristics of São Gabriel, RS, Brazil, from 1963 to 1993. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 17, n. 6, p. 647–654, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000600011>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ELTZ, Flávio L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B. Erosivity potential and characteristics of rainfalls at Encruzilhada do Sul, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 15, n. 4, p. 331–337, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000400001>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ELTZ, Flávio Luiz Foletto. **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**. 1977. 97 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, porto Alegre, 1977. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/197714dt.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

EVANS, R.; TAYLOR, J. Some methods of directly assessing water erosion of cultivated land - a comparison of measurements made on plots and in fields. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, London, v. 19, n. 1, p. 115–129, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/030913339501900106>. Acesso em: 23 mar. 2021.

EVANS, Robert; BRAZIER, R. Evaluation of modelled spatially distributed predictions of soil erosion by water versus field-based assessments. **Environmental Science and Policy**, Exeter, v. 8, n. 5, p. 493–501, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2005.04.009>. Acesso em: 23 mar. 2021.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Degradation/Restoration**. Rome: FAO, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/>. Acesso em: 23 mar. 2021.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Scarcity and degradation of land and water: growing threat to food security**. Rome: FAO, 2011. Disponível em:

<http://www.fao.org/news/story/pt/item/95153/icode/>. Acesso em: 23 mar. 2021.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Status of the world's soil resources**: main report. Rome: FAO, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/c6814873-efc3-41db-b7d3-2081a10ede50/>. Acesso em: 23 mar. 2021.

FEIDEN, A. *et al.* Tremoço: manejo e aplicações. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, p. 98–108, 2013. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/9191>. Acesso em: 23 mar. 2021.

FIDALSKI, J.; YAGI, R.; TORMENA, C. A. Revolvimento ocasional e calagem em latossolo muito argiloso em sistema plantio direto consolidado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 5, p. 1483–1489, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140428>. Acesso em: 23 mar. 2021.

FONSECA, E. O.; CASSOL, E. A. Enxurrada, infiltração de água e perdas por erosão em um Latossolo vermelho, em sistemas de manejo do solo. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 19., 2002, Cuiabá. [Anais ...]. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 1–4.

FOSTER, G. R. *et al.* Conversion of the universal loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 355–359, 1981.

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. *In*: HAAN, C. T.; JOHNSON, H. P.; BRAKENSIEK, D. L. (org.). **Hydrologic modeling of small watersheds**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1982. p. 297–380.

FREIRE, F. M.; VASCONCELLOS, C. A.; FRANÇA, G. E. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 49–62, 2001. Disponível em: <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/busca-de-publicacoes/-/publicacao/485006/manejo-da-fertilidade-do-solo-em-sistema-plantio-direto>. Acesso em: 23 mar. 2021.

GLANZ, J. T. **Saving our soil**: solutions for sustaining earth's vital resource. Boulder: Johnson Books, 1995.

GUIMARAES, D. V. *et al.* Modeling of soil losses on a yellow argisol under planted forest. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, [art.] e201602922, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.029216>. Acesso em: 23 mar. 2021.

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). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 4, p. 667–676, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06831997000400018>. Acesso em: 23 mar. 2021.

HERNANI, Luís Carlos *et al.* A erosão e seu impacto. *In*: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (org.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2002. p. 47–60.

IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrinha: IAPAR, 1981.

ISTOK, J. D.; BOERSMA, L. Effect of antecedent rainfall on runoff during low-intensity rainfall. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 88, p. 329–342, 1986.

JENKINS, S. K.; PETERS, N. E.; RODHE, A. Hydrology. *In*: MOLDAN, B.; CERNI, J. (org.). **Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research**. Chichester: John Wiley, 1994. p. 31–54.

JOHNSTON, A. E.; POULTON, P. R. The importance of long-term experiments in agriculture: their management to ensure continued crop production and soil fertility; the Rothamsted experience. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 69, n. 1, p. 113–125, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ejss.12521>. Acesso em: 23 mar. 2021.

LAL, R. Soil degradative effects of slope length and tillage methods on alfisols in Western Nigeria. I. Runoff, erosion and crop response. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 8, n. 3, p. 201–219, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-145X\(199709\)8:3<201::AID-LDR253>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-145X(199709)8:3<201::AID-LDR253>3.0.CO;2-U). Acesso em: 23 mar. 2021.

LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. (org.). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**: XXXIV Reunião de Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia: Fundação ABC. Passo Fundo: Editora Universidade de Passo Fundo, 2014. p. 136. Disponível em: [http://editora.upf.br/images/ebook/cultura\\_aveia.pdf](http://editora.upf.br/images/ebook/cultura_aveia.pdf). Acesso em: 23 mar. 2021.

LEMOS, A. M. **Matéria orgânica e perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de preparo e de adubação orgânica e mineral em argissolo vermelho amarelo**. 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/35611>. Acesso em: 23 mar. 2021.

LEMOS, A. M.; CASSOL, E. A.; BARROS, C. A. P. Losses of water, soil, and nutrients during high-intensity simulated rainfall in two soil management systems different sources of fertilization. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 10, p. 1–11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190306>. Acesso em: 23 mar. 2021.

LIMA, C. A. *et al.* Characteristics of rainfall and erosion under natural conditions of land use in semiarid regions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 17, n. 11, p. 1222–1229, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001100014>. Acesso em: 23 mar. 2021.

LIMA, P. L. T. *et al.* Perdas de solo por erosão hídrica no cultivo do milho e

feijão-de-porco consorciados e em monocultivos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 129–139, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200004>. Acesso em: 23 mar. 2021.

LONDERO, A. L. *et al.* Impact of broad-based terraces on water and sediment losses in no-till (paired zero-order) catchments in southern Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, Landsberg, v. 18, n. 3, p. 1159–1175, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1894-y>. Acesso em: 23 mar. 2021.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUIMARÃES, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. São Paulo: ANDA, 1991. (Boletim Técnico, 1). Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Calagem\\_boletim\\_tecnicoID-80pHHoncbJ.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Calagem_boletim_tecnicoID-80pHHoncbJ.pdf). Acesso em: 23 mar. 2021.

MACHADO, D. O. *et al.* Rainfall erosivity for Pantanal biome. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 195–201, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000200010>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MACHADO, R. L. *et al.* Erosividade das chuvas associada a períodos de retorno e probabilidade de ocorrência no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 529–547, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000200024>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MARQUES, V. S. *et al.* USLE K-Factor method selection for a tropical catchment. **Sustainability**, Basel, v. 11, n. 7, [art.] 1840, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11071840>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MARTINS, S. G. *et al.* Rainfall erosivity and rainfall return period in the experimental watershed of Aracruz, in the coastal plain of Espírito Santo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 999–1004, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300042>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MCCOOL, D. K.; WILLIAMS, J. D. Soil erosion by water. *In*: JØRGENSEN, S. E.; FATH, B. D. (ed.). **Encyclopedia of ecology**. Amsterdam: Elsevier, 2008. v. 5, p. 3284–3290. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00296-2>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MCKEEVER, Vincent. Design hidrographs. *In*: USDA. **National engineering handbook**: section 4: hydrology. Washington, DC: USDA, 1972. cap. 21, p. 21.1-21.115. Disponível em: <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=18393.wba>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MERTEN, G. H. *et al.* No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 152, p. 85–93, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.03.014>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, J. P. G. The expansion of brazilian agriculture: soil erosion scenarios. **International Soil and Water Conservation Research**, Beijing, v. 1, n. 3, p. 37–48, 2013. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30029-0](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30029-0). Acesso em: 23 mar. 2021.

MIKOLAJEWICZ, N.; KOMAROVA, S. V. Meta-analytic methodology for basic research: a practical guide. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 10, [art.] 203, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00203>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MINELLA, E. (ed.). **32ª Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada: indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2019 e 2020**. Fundo: Embrapa Trigo, 2019. (Sistemas de Produção, 10). p. 116. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1115411/indicacoes-tecnicas-para-a-producao-de-cevada-cervejeira-nas-safras-2019-e-2020>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MIRANDA, R. B. *et al.* Water erosion in Brazil and in the world: a brief review. **Modern Environmental Science and Engineering**, New York, v. 1, n. 1, p. 17–26, 2015. Disponível em: [https://doi.org/10.15341/mese\(2333-2581\)/01.01.2015/003](https://doi.org/10.15341/mese(2333-2581)/01.01.2015/003). Acesso em: 23 mar. 2021.

MISHRA, S. K.; SINGH, V. P. A relook at NEH-4 curve number data and antecedent moisture condition criteria. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 20, n. 13, p. 2755–2768, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.6066>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MISHRA, S. K.; SINGH, V. P. **Soil conservation service curve number (SCS-CN) methodology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2003.

MISHRA, S. K.; SINGH, V. P. Validity and extension of the SCS-CN method for computing infiltration and rainfall-excess rates. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 18, n. 17, p. 3323–3345, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.1223>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MOCKUS, V.; HJELM FELT, A. T.; MOODY, H. F. Estimation of direct runoff from storm rainfall. *In*: NRSC. **National engineering handbook**: section 4: hydrology. Washington, DC: USDA, NRCS, 2004. (National Engineering Handbook, part 630- Hydrology). cap. 10, p. 10.1-10A-51. Disponível em: [https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/ny/technical/?cid=stelprdb1043063\\_](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/ny/technical/?cid=stelprdb1043063_) Acesso em: 23 mar. 2021.

MORAIS, L. F. B.; MUTTI, L. S. M.; ELTZ, F. L. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 12, p. 281–284, 1988a.

MORAIS, L. F. B.; MUTTI, L. S. M.; ELTZ, F. L. Relações entre características físicas da chuva e perdas de solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 12, p. 285–288, 1988b.

MOREIRA, M. C. *et al.* Estimates of rainfall erosivity in São Paulo state by an

artificial neural network. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 1069–1076, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832006000600016>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Estado do Rio Grande do Sul, Secção de Geografia**, Porto Alegre, n. 11, p. 42, 1961.

MORETI, D. *et al.* Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 713–725, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832003000400016>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3rd ed. Oxford: Blackwell, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2005.0756f.x>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MORGAN, R. P. C. *et al.* The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. **Earth Surface Processes and Landforms**, New York, v. 23, n. 6, p. 527–544, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199806\)23:6<527::AID-ESP868>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199806)23:6<527::AID-ESP868>3.0.CO;2-5). Acesso em: 23 mar. 2021.

MWANGO, S. B. *et al.* Effectiveness of mulching under miraba in controlling soil erosion, fertility restoration and crop yield in the Usambara Mountains, Tanzania. **Land Degradation and Development**, Chichester, v. 27, n. 4, p. 1266–1275, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ldr.2332>. Acesso em: 23 mar. 2021.

NAHASS, S.; SEVERINO, J. **Calcário agrícola no Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM, 2003. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/255>. Acesso em: 23 mar. 2021.

NANKO, K. *et al.* Erosion potential under *miconia calvescens* stands on the island of Hawai'i. **Land Degradation and Development**, Chichester, v. 26, n. 3, p. 218–226, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ldr.2200>. Acesso em: 23 mar. 2021.

NEARING, N. A. *et al.* A process-based soil erosion model for USDA-water erosion prediction project technology. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 32, n. 5, p. 1587–1593, 1989.

OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A.; WENDLAND, E. Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment. **Earth Surface Processes and Landforms**, New York, v. 40, n. 11, p. 1524–1532, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/esp.3738>. Acesso em: 23 mar. 2021.

OSTERKAMP, W. R.; TOY, T. J. Geomorphic considerations for erosion prediction. **Environmental Geology**, Berlin, v. 29, n. 3/4, p. 152–157, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s002540050113>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PARSONS, A. J. *et al.* Scale relationships in hillslope runoff and erosion. **Earth Surface Processes and Landforms**, New York, v. 31, n. 11, p. 1384–1393, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/esp.1345>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PARSONS, A. J.; WAINWRIGHT, J.; ABRAHAMS, A. D. Tracing sediment movement in interrill overland flow on a semi-arid grassland hillslope using magnetic susceptibility. **Earth Surface Processes and Landforms**, New York, v. 18, n. 8, p. 721–732, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/esp.3290180806>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime or gypsum applications to a brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, n. 1, p. 33–38, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1984.03615995004800010006x>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PROCHNOW, D. *et al.* Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 91–98, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832005000100010>. Acesso em: 23 mar. 2021.

REICHARDT, K. *et al.* Daily rainfall variability at a local scale (1,000 ha), in Piracicaba, SP, Brazil, and its implications on soil water recharge. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 43–49, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-90161995000100008>. Acesso em: 23 mar. 2021.

REJMAN, J.; USOWICZ, B.; DEBICKI, R. Source of errors in predicting silt soil erodibility with USLE. **Polish Journal of Soil Science**, Lublin, v. 32, p. 13–22, 1999.

RITCHEY, K. D. *et al.* Calcium leaching to increase rooting depth in a brazilian savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 1, p. 40–44, 1980. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1980.00021962007200010009x>. Acesso em: 23 mar. 2021.

RÖMKENS, M. J. M. The soil erodibility factor: a perspective. *In*: HARLIM, J. M.; BERARDI, G. M. (org.). **Agricultural soil loss: processes, policies and prospects**. Boulder: Westview, 1987. p. 125–149.

ROSA, A. P. S. A.; EMYGDIO, B. M.; BISPO, N. B. (ed.). **45ª Reunião técnica anual de pesquisa de milho. 62ª Reunião técnica anual de pesquisa de sorgo: indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2017/2018 e 2018/2019**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, 2017. 211 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/trigo/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1084535/indicacoes-tecnicas-para-o-cultivo-de-milho-e-de-sorgo-no-rio-grande-do-sul-safras-20172018-e-20182019>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SADEGHI, S. H. R. *et al.* Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale. **Solid Earth**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 445–455, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/se-6-445-2015>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SALVADORI, J. R. *et al.* (org.). **41ª Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul, 9 a 11 de agosto de 2016**: indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018. Passo Fundo: UPF Editora, 2016. p. 128. Disponível em: <http://editora.upf.br/index.php/e-books-topo/44-agronomia-area-do-conhecimento/158-indicacoes-tecnicas-para-cultura-da-soja>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SANTI, A. L. *et al.* White lupine yield under different sowing densities and row spacings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 20, n. 10, p. 903–907, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n10p903-907>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SANTOS, H. P. **Efeito da rotação de culturas no rendimento, na eficiência energética e econômica do trigo, em plantio direto**. 1992. 150 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20200111-125413/publico/SantosHenriquePereiraDos.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A. Erosivity and rainfall hydrological patterns in the Pernambuco Central “Agreste”. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 16, n. 8, p. 871–880, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000800009>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SANTOS, H. P. *et al.* Leguminosas forrageiras anuais de inverno. *In*: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. (org.). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. 2. ed. Brasília: Embrapa Trigo, 2012. p. 305–317.

SARAIVA, O. F. **Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo – Segunda etapa experimental**. 1978. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1978. Disponível em: [https://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/Odilon\\_Ferreira\\_Saraiva\\_1978.pdf](https://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/Odilon_Ferreira_Saraiva_1978.pdf). Acesso em: 23 mar. 2021.

SCHICK, J. *et al.* Erosão hídrica em Cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 427–436, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832000000200019>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SCHICK, Jefferson *et al.* Erodibility of an Inceptisol under natural rainfall. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 6, p. 1906–1917, 2014a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000600025>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SCHICK, Jefferson *et al.* Erosivity of rainfall in Lages, Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 6, p. 1890–1905, 2014b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600024>. Acesso em: 23 mar. 2021.

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. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014. Disponível em: [http://www.cav.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/838/tese\\_jefferson\\_schickdesprotegida.pdf](http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/838/tese_jefferson_schickdesprotegida.pdf). Acesso em: 23 mar. 2021.

SCHMIDT, M. R. **Fatores erosividade das chuvas de Augusto Pestana (RS), cobertura e manejo do solo e erodibilidade de Latossolo Vermelho para uso na equação universal de perdas de solo**. 2017. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/195755/001094534.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SCHMIDT, M. R.; CASSOL, E. A.; SILVA, T. S. Efeito residual de pastagens no fator cobertura e manejo da equação universal de perdas de solo. *In*: ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G. (org.). **Solos nos biomas brasileiros 2**. 2. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018. p. 43–56. Disponível em: <https://doi.org/10.22533/at.ed.094181412>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SHARMA, M. L.; GANDER, G. A.; HUNT, C. G. Spatial variability of infiltration in a watershed. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 45, n. 1/2, p. 101–122, 1980. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(80\)90008-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(80)90008-6). Acesso em: 23 mar. 2021.

SIGRH SP - SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Áreas degradadas por processos erosivos**. [São Paulo: SigRH, 2020]. Disponível em: [http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6997/areas\\_degradadas.html](http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6997/areas_degradadas.html). Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, Alexandre Marco. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, Cremlingen, v. 57, n. 3, p. 251–259, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2003.11.006>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, Antônio Marciano *et al.* Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica de Latossolos no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 2125–2134,

2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000500033>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, B. P. C. *et al.* Soil and water losses in eucalyptus plantation and natural forest and determination of the USLE factors at a pilot sub-basin in Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 4, p. 432–442, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-70542016404013216>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, D. R. *et al.* Produtividade de cultivares de soja em Santa Maria/RS. **Mais Soja**, Santa Maria, 19 set. 2018. Disponível em: <https://maissoja.com.br/produtividade-de-cultivares-de-soja-em-santa-maria-rs/>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, M. A. *et al.* Water erosion risk prediction in eucalyptus plantations. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 160–172, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200007>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, A. M. *et al.* Erosividade da chuva e erodibilidade de cambissolo e latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1811–1820, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832009000600029>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, T. S. **Erodibilidade de um argissolo vermelho-amarelo e fator manejo e cobertura vegetal da equação universal de perdas de solo**. 2016. 167 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/157631>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, T. S. *et al.* Long-term wheat-soybean successions affecting the cover and soil management factor in usle, under subtropical climate. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 44, p. 1–13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190180>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, I. F. **Efeito de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas em um Latossolo**. 1980. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/lvandrodefrancadasilva1980.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

STOCKING, M. A.; ELWELL, H. A. Prediction of subtropical storm soil losses from field plot studies. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 12, n. C, p. 193–201, 1973. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0002-1571\(73\)90019-8](https://doi.org/10.1016/0002-1571(73)90019-8). Acesso em: 23 mar. 2021.

STROHMEIER, S. *et al.* Magnitude and occurrence probability of soil loss: a risk analytical approach for the plot scale for two sites in Lower Austria. **Land**

**Degradation and Development**, Chichester, v. 27, n. 1, p. 43–51, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ldr.2354>. Acesso em: 23 mar. 2021.

TEDESCO, M. J. *et al.* (org.). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul e Comissão de Química e Fertilidade do Solo -RS/SC, 2004. Disponível em: [http://www.sbcs-nrs.org.br/docs/manual\\_de\\_adubacao\\_2004\\_versao\\_internet.pdf](http://www.sbcs-nrs.org.br/docs/manual_de_adubacao_2004_versao_internet.pdf). Acesso em: 23 mar. 2021.

TOMASINI, R. G. A.; LHAMBY, J. C. B.; SANTOS, H. P. **O tremoço no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa, 1982. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/trigo/busca-de-publicacoes/-/publicacao/845789/o-tremoco-no-brasil>. Acesso em: 23 mar. 2021.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control**. New York: John Wiley, 2002.

TRIMBLE, S. W. Decreased rates of alluvial sediment storage in the Coon Creek Basin, Wisconsin, 1975-93. **Science**, London, v. 285, n. 5431, p. 1244–1246, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.285.5431.1244>. Acesso em: 23 mar. 2021.

TRINDADE, A. L. F. *et al.* Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 12, p. 1918–1928, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001200002>. Acesso em: 23 mar. 2021.

TURNBULL, L.; WAINWRIGHT, J.; BRAZIER, R. E. Changes in hydrology and erosion over a transition from grassland to shrubland. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 24, n. 4, p. 393–414, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.7491>. Acesso em: 23 mar. 2021.

USDA; NRCS – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. NATIONAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE. Estimating runoff volume and peak discharge. *In*: NRCS. **National engineering handbook**. 2nd ed. Washington, DC: USDA, NRCS, Feb. 2021. (National Field Handbook, part 650). cap. 2, p. 650-2.i – 650-2.36. Disponível em: [https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=46253.wba\\_](https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=46253.wba_) Acesso em: 23 mar. 2021.

VALVASSORI, M. L.; BACK, A. J. Avaliação do potencial erosivo das chuvas em Urussanga, SC, no período de 1980 a 2012. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 1011–1019, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300033>. Acesso em: 23 mar. 2021.

VAN DE GIESEN, N. C.; STOMPH, T. J.; RIDDER, N. Scale effects of Hortonian overland flow and rainfall–runoff dynamics in a West African catena landscape. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 14, n. 1, p. 165–175, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(200001\)14:1<165::AID-HYP920>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(200001)14:1<165::AID-HYP920>3.0.CO;2-1). Acesso em: 23 mar. 2021.

VOLKWEISS, S. J. *et al.* **A calagem dos solos ácidos**: prática e benefícios. Porto Alegre: UFRGS. Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1992. (Boletim técnico, n. 1). Disponível em: [https://www.bibliotecaagpatea.org.br/agricultura/adubacao/livros/A CALAGEM DOS SOLOS ACIDOS - PRATICA E BENEFICIOS.pdf](https://www.bibliotecaagpatea.org.br/agricultura/adubacao/livros/A%20CALAGEM%20DOS%20SOLOS%20ACIDOS%20-%20PRATICA%20E%20BENEFICIOS.pdf). Acesso em: 23 mar. 2021.

WAINWRIGHT, J.; PARSONS, A. J. The effect of temporal variations in rainfall on scale dependency in runoff coefficients. **Water Resources Research**, Washington, DC, v. 38, n. 12, p. 7-1-7-10, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2000wr000188>. Acesso em: 23 mar. 2021.

WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/820413/calagem-no-brasil>. Acesso em: 23 mar. 2021.

WILCOX, B. P. *et al.* Runoff from a semiarid Ponderosa pine hillslope in New Mexico. **Water Resources Research**, Washington, DC, v. 33, n. 10, p. 2301–2314, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/97WR01691>. Acesso em: 23 mar. 2021.

WILCOX, B. P.; BRESHEARS, D. D.; ALLEN, C. D. Ecohydrology of a resource-conserving semiarid woodland: effects of scale and disturbance. **Ecological Monographs**, Washington, DC, v. 73, n. 2, p. 223-239, 2003. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9615%282003%29073%5B0223%3AEOARSW%5D2.0.CO%3B2>. Acesso em: 23 mar. 2021.

WILLIAMS, J.; BONELL, M. The influence of scale of measurement on the spatial and temporal variability of the Philip infiltration parameters - An experimental study in an Australian savannah woodland. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 104, n. 1/4, p. 33–51, 1988. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(88\)90156-4](https://doi.org/10.1016/0022-1694(88)90156-4). Acesso em: 23 mar. 2021.

WISCHMEIER, W. H. Relation of field-plot runoff to management and physical factors. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 30, n. 2, p. 272–277, 1966. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1966.03615995003000020036x>. Acesso em: 23 mar. 2021.

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, DC: USDA-ARS, 1965.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. p. 58.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, DC, v. 39, n. 2, p. 285–291, 1958.

WISCHMEIER, Walter H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 23, n. 3, p. 246–249, 1959. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1959.03615995002300030027x>. Acesso em: 23 mar. 2021.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Frequently asked questions**. Geneva, 2020. Disponível em: [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faq/faq\\_doc\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faq/faq_doc_en.html). Acesso em: 23 mar. 2021.

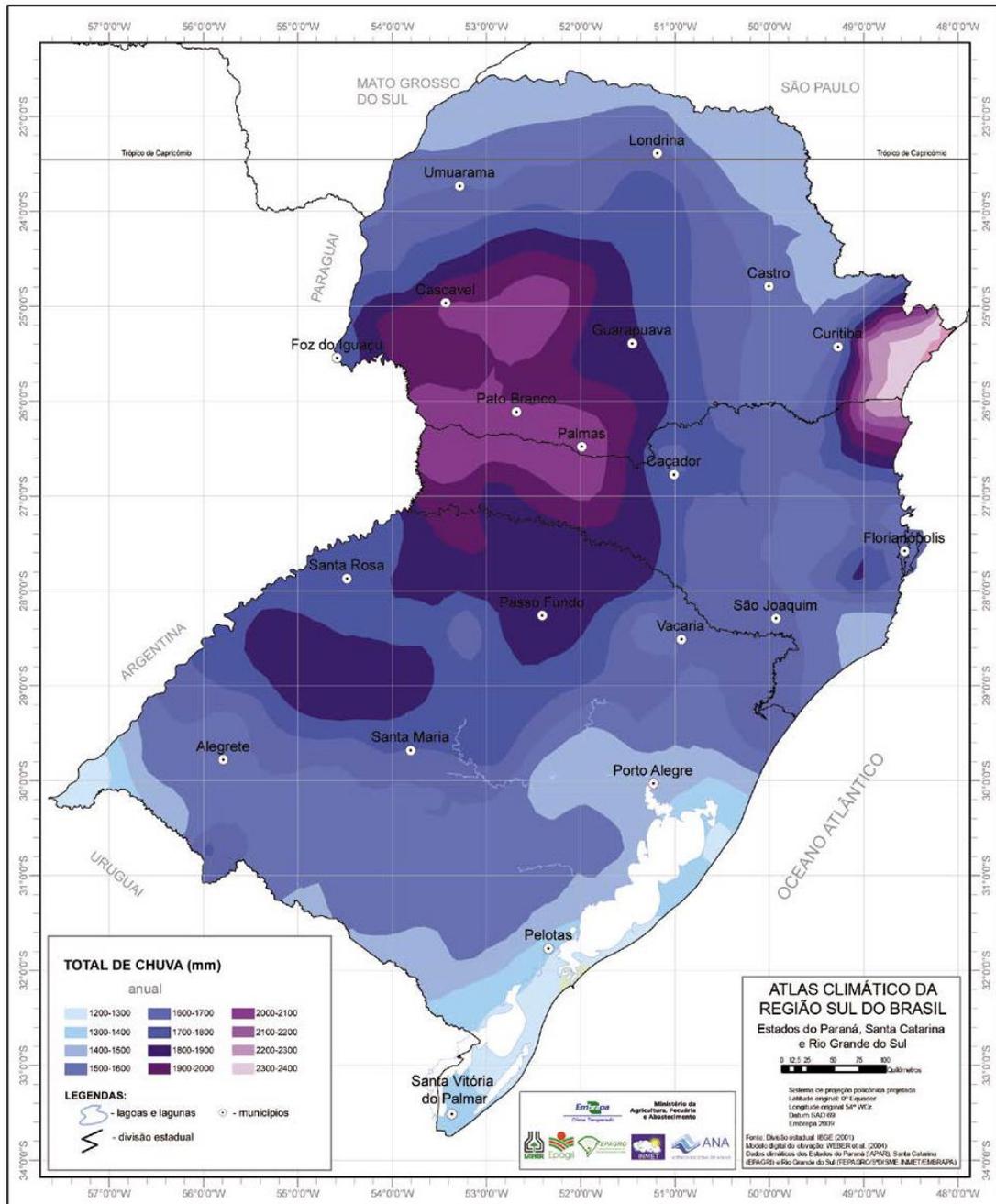
WREGG, M. S. (ed.). *et al.* **Atlas climático da região sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017.

ZHAO, C. *et al.* The contribution of astragalus adsurgens roots and canopy to water erosion control in the water–wind crisscrossed erosion region of the Loess Plateau, China. **Land Degradation and Development**, Chichester, v. 28, n. 1, p. 265–273, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ldr.2508>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ZORN, M.; KOMAC, B. The importance of measuring erosion processes on the example of Slovenia. **Croatian Geographical Bulletin**, Zagreb, v. 73, n. 2, p. 19–34, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.21861/hgg.2011.73.02.02>. Acesso em: 23 mar. 2021.

# ANEXOS

**Anexo 1 – Total de precipitação pluviométrica no ano na região Sul do Brasil.**  
Fonte: Wrege et al. (2017)



## APÊNDICES

**Apêndice 1** – Perdas de solo durante o período de inverno do ano agrícola de 1978-79 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>				
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD
1978-79	20/06/1978	51,30	0,0	140,90	0,34	0,16	0,08	0,14	0,05
1978-79	26/06/1978	24,30	0,0	39,30	1,30	0,32	0,37	0,18	0,47
1978-79	30/06/1978	18,60	24,3	60,10	2,04	0,51	0,90	0,07	0,44
1978-79	11/07/1978	15,20	0,0	22,60	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
1978-79	17/07/1978	39,40	0,0	118,10	4,84	1,93	2,30	3,68	2,20
1978-79	20/07/1978	24,20	39,4	79,60	4,40	0,97	1,32	1,70	2,59
1978-79	21/07/1978	7,50	63,6	0,00	0,91	0,33	0,39	0,23	0,60
1978-79	23/07/1978	7,80	31,7	0,00	0,79	0,19	0,52	0,39	0,32
1978-79	27/07/1978	38,40	7,8	113,60	5,10	1,24	1,87	1,33	1,61
1978-79	28/07/1978	9,00	38,4	0,00	0,31	0,08	0,11	0,07	0,14
1978-79	01/08/1978	5,20	9,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
1978-79	14/08/1978	26,70	0,0	13,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978-79	31/08/1978	22,40	0,0	31,80	1,28	0,00	0,00	0,01	0,01
1978-79	08/09/1978	35,00	0,0	126,70	2,24	0,04	0,04	0,12	0,07
1978-79	14/09/1978	43,00	0,0	96,30	2,51	0,03	0,01	0,03	0,08
1978-79	04/10/1978	48,30	0,0	417,80	6,61	0,05	0,01	0,05	0,28
1978-79	10/10/1978	29,30	0,0	132,60	1,04	0,00	0,00	0,01	0,00
1978-79	16/10/1978	11,80	0,0	16,10	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
1978-79	25/10/1978	19,30	0,0	49,70	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00

1978-79	27/10/1978	30,70	0,0	86,50	1,82	0,01	0,00	0,01	0,00
1978-79	30/10/1978	23,20	30,7	61,10	7,30	0,17	0,01	0,08	0,20
1978-79	06/11/1978	126,30	0,0	992,70	30,18	0,40	0,21	0,42	0,85
1978-79	10/11/1978	29,10	126,3	252,40	8,08	0,26	0,02	0,16	0,26
1978-79	20/11/1978	86,40	0,0	716,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 2** – Perdas de solo durante o período de inverno do ano agrícola de 1979-80 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Inverno											
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>						
					PP	A-T-E/M	PC	C-A/S	PC	A-T-E/M	PD
1979-80	03/07/1979	95,20	0,0	249,20	0,86	0,62	0,19	0,43	0,57		
1979-80	09/07/1979	40,20	0,0	175,70	1,98	1,21	1,14	1,13	1,81		
1979-80	23/07/1979	57,50	0,0	49,40	0,62	0,13	0,56	0,22	0,43		
1979-80	07/08/1979	86,50	0,0	218,00	1,89	1,60	1,37	1,08	1,21		
1979-80	10/08/1979	8,30	86,5	20,00	0,84	0,09	0,05	0,00	0,06		
1979-80	14/08/1979	24,50	8,3	100,80	2,07	0,68	0,46	0,03	0,13		
1979-80	27/08/1979	22,00	0,0	26,20	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00		
1979-80	03/09/1979	24,90	0,0	81,00	2,42	0,16	0,05	0,04	0,11		
1979-80	14/09/1979	39,00	0,0	49,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00		
1979-80	26/09/1979	86,20	0,0	1044,90	26,98	1,83	0,04	0,00	0,00		
1979-80	01/10/1979	73,70	86,2	241,10	13,39	1,07	0,08	0,00	0,00		
1979-80	08/10/1979	100,60	0,0	695,30	27,05	1,09	2,86	0,07	0,06		
1979-80	15/10/1979	26,10	0,0	143,70	6,98	0,63	0,04	0,00	0,00		
1979-80	23/10/1979	35,20	0,0	102,90	4,01	0,19	0,00	0,00	0,08		
1979-80	25/10/1979	41,00	35,2	46,60	2,32	0,00	0,00	0,00	0,00		
1979-80	29/10/1979	61,70	41,0	607,00	14,42	0,58	0,06	0,00	0,00		
1979-80	08/11/1979	23,70	0,0	68,70	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00		

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 3** – Perdas de solo durante o período de inverno do ano agrícola de 1981-82 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Inverno					
					Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M	PC	C-A/S	PC	A-T-E/M
1981-82	26/05/1981	10,00	0,0	8,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981-82	03/06/1981	32,40	0,0	124,50	1,05	0,58	1,04	0,07	0,18	0,18
1981-82	07/06/1981	40,80	32,4	496,60	0,86	0,41	0,80	0,04	0,02	0,02
1981-82	11/06/1981	19,50	40,8	57,20	1,07	0,18	1,06	0,02	0,02	0,02
1981-82	24/06/1981	23,50	0,0	61,40	2,16	1,39	0,69	0,04	0,18	0,18
1981-82	29/06/1981	12,20	23,5	57,60	1,04	0,31	0,18	0,00	0,01	0,01
1981-82	13/07/1981	43,30	0,0	420,10	3,88	2,35	1,40	0,49	0,23	0,23
1981-82	20/07/1981	43,80	0,0	50,40	2,10	0,57	0,35	0,05	0,01	0,01
1981-82	28/08/1981	19,30	0,0	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981-82	02/09/1981	30,70	19,3	46,60	1,81	0,20	0,04	0,00	0,01	0,01
1981-82	04/09/1981	11,90	30,7	6,40	0,79	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
1981-82	14/09/1981	70,00	0,0	131,70	0,76	0,09	0,11	0,04	0,19	0,19
1981-82	21/09/1981	26,60	0,0	96,70	5,14	0,39	0,07	0,02	0,02	0,02
1981-82	24/09/1981	20,00	26,6	9,30	0,06	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
1981-82	25/09/1981	10,00	46,6	44,90	4,44	0,09	0,02	0,07	0,06	0,06
1981-82	29/09/1981	5,10	30,0	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981-82	28/10/1981	12,40	0,0	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981-82	06/11/1981	70,60	0,0	478,80	15,67	0,08	0,16	0,01	0,02	0,02

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 4** – Perdas de solo durante o período de inverno do ano agrícola de 1982-83 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Inverno										
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1982-83	23/07/1982	73,10	0,0	484,40	6,61	4,20	5,84	2,41	2,02	
1982-83	26/07/1982	17,00	73,1	24,50	1,69	0,72	1,67	0,50	0,04	
1982-83	30/07/1982	8,80	17,0	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	
1982-83	09/08/1982	138,50	0,0	427,10	13,95	7,02	12,57	1,72	0,78	
1982-83	16/08/1982	51,80	0,0	239,50	6,06	4,64	6,01	0,48	0,30	
1982-83	31/08/1982	89,60	0,0	400,00	10,03	6,03	7,11	0,23	0,16	
1982-83	13/09/1982	18,70	0,0	17,10	0,37	0,09	0,15	0,00	0,00	
1982-83	21/09/1982	99,70	0,0	355,50	12,48	6,97	9,05	0,15	0,20	
1982-83	28/09/1982	88,60	0,0	465,40	19,75	4,13	7,05	0,10	0,30	
1982-83	13/10/1982	22,40	0,0	24,60	3,33	0,84	0,36	0,01	0,02	
1982-83	18/10/1982	19,00	22,4	121,40	1,69	1,99	0,00	0,00	0,00	
1982-83	21/10/1982	46,00	19,0	249,40	2,18	0,12	0,61	0,01	0,02	
1982-83	25/10/1982	220,90	46,0	4008,20	107,99	49,60	11,02	1,52	3,19	
1982-83	04/11/1982	50,80	0,0	59,20	29,03	12,82	0,62	0,21	0,22	
1982-83	08/11/1982	7,10	50,8	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	
1982-83	11/11/1982	133,00	7,1	651,80	26,68	5,94	0,28	0,25	0,14	
1982-83	19/11/1982	60,30	0,0	190,80	24,70	7,23	0,21	0,10	0,08	
1982-83	29/11/1982	17,00	0,0	48,20	1,55	0,98	0,02	0,00	0,00	
1982-83	06/12/1982	20,70	0,0	57,70	0,98	0,50	0,01	0,00	0,00	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 5** – Perdas de solo durante o período de inverno do ano agrícola de 1983-84 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Inverno										
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1983-84	22/06/1983	78,90	0,0	215,90	5,21	1,60	4,99	1,50	4,03	
1983-84	24/06/1983	95,70	0,0	1295,40	44,96	34,90	40,26	29,80	32,00	
1983-84	04/07/1983	47,50	0,0	662,50	33,22	26,57	20,51	27,35	18,30	
1983-84	06/07/1983	51,80	47,5	201,30	32,94	30,50	18,93	22,09	23,70	
1983-84	08/07/1983	20,10	99,3	48,00	3,76	3,12	2,56	2,24	1,41	
1983-84	11/07/1983	43,50	71,9	227,50	18,26	10,15	13,16	9,00	8,53	
1983-84	18/07/1983	32,00	0,0	65,80	5,49	5,00	4,73	2,92	3,97	
1983-84	25/07/1983	27,00	0,0	24,50	0,25	0,05	0,03	0,03	0,03	
1983-84	28/07/1983	31,00	27,0	36,70	1,87	1,49	1,52	1,11	0,84	
1983-84	03/08/1983	40,90	0,0	36,80	1,86	1,56	1,57	1,19	0,93	
1983-84	10/08/1983	22,80	0,0	45,00	0,27	0,05	0,10	0,02	0,06	
1983-84	16/08/1983	52,20	0,0	156,70	10,48	7,15	4,32	4,33	1,87	
1983-84	26/09/1983	35,60	0,0	7,40	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	
1983-84	30/09/1983	18,70	35,6	0,00	0,26	0,02	0,02	0,03	0,00	
1983-84	18/10/1983	77,00	0,0	597,60	17,73	3,33	1,03	0,34	0,09	
1983-84	31/10/1983	7,20	0,0	0,00	0,50	0,01	0,00	0,01	0,00	
1983-84	07/11/1983	38,10	0,0	28,90	1,28	0,19	0,07	0,03	0,01	
1983-84	06/12/1983	27,90	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 6** – Perdas de solo durante o período de inverno do ano agrícola de 1984-85 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Inverno					
					Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M	PC	C-A/S	PC	A-T-E/M
1984-85	22/06/1984	98,60	0,0	406,90	94,36	1,93	3,26	0,21	0,75	
1984-85	27/06/1984	70,70	98,6	403,20	33,64	16,43	16,18	3,74	8,63	
1984-85	05/07/1984	28,70	0,0	121,10	7,87	4,19	5,84	0,66	3,10	
1984-85	09/07/1984	103,60	28,7	673,70	36,78	27,50	31,94	4,88	17,66	
1984-85	16/07/1984	39,30	0,0	61,30	3,96	2,95	2,70	0,18	1,07	
1984-85	24/07/1984	51,20	0,0	141,70	16,71	6,38	10,32	1,18	5,88	
1984-85	02/08/1984	44,70	0,0	168,80	9,18	6,85	8,44	0,18	1,86	
1984-85	13/08/1984	12,30	0,0	8,20	0,13	0,03	0,10	0,01	0,02	
1984-85	22/08/1984	10,00	0,0	23,40	1,41	0,63	0,21	0,03	0,03	
1984-85	27/08/1984	19,60	10,0	21,30	1,44	0,29	0,28	0,06	0,03	
1984-85	21/09/1984	170,80	0,0	793,90	51,57	14,67	0,91	1,52	0,26	
1984-85	08/10/1984	82,00	0,0	140,80	15,16	3,52	0,22	0,16	0,11	
1984-85	28/10/1984	44,60	0,0	102,20	0,44	0,11	0,03	0,01	0,03	
1984-85	31/10/1984	19,20	44,6	22,60	3,82	0,03	0,01	0,01	0,02	
1984-85	05/11/1984	71,00	19,2	146,50	14,45	0,52	0,12	0,01	0,02	
1984-85	30/11/1984	84,00	0,0	899,50	1,33	1,13	0,59	0,08	0,13	
1984-85	05/12/1984	39,90	84,0	109,00	1,57	1,00	0,32	0,00	0,02	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 7 – Perdas de solo durante o período de inverno do ano agrícola de 1985-86 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS**

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Inverno								
					Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>								
					PP	A-T-E/M	PC	C-A/S	PC	A-T-E/M	PD	C-A/S	PD
1985-86	02/07/1985	120,80	0,0	462,70	3,91	0,40	1,22	0,07	0,20				
1985-86	08/07/1985	90,30	0,0	169,20	4,01	0,42	2,18	0,03	0,20				
1985-86	01/08/1985	144,70	0,0	367,60	7,79	0,30	4,01	0,02	0,10				
1985-86	05/08/1985	26,70	144,7	23,60	0,16	0,01	0,11	0,00	0,00				
1985-86	13/08/1985	77,60	0,0	89,40	3,10	0,08	0,16	0,01	0,02				
1985-86	01/09/1985	51,70	0,0	53,80	6,91	0,03	0,14	0,01	0,03				
1985-86	13/09/1985	45,30	0,0	71,20	0,46	0,01	0,04	0,00	0,00				
1985-86	17/09/1985	79,60	45,3	238,80	4,70	0,06	0,17	0,00	0,05				
1985-86	20/09/1985	49,90	79,6	118,10	5,92	0,06	0,09	0,01	0,02				
1985-86	30/09/1985	24,90	0,0	45,50	0,25	0,02	0,03	0,00	0,01				
1985-86	17/10/1985	26,60	0,0	21,30	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00				
1985-86	22/10/1985	24,70	26,6	178,80	4,87	0,00	0,08	0,00	0,00				
1985-86	30/12/1985	36,40	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 8** – Perdas de solo durante os períodos de verão do ano agrícola de 1978-79 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Verão					
					Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1978-79	06/12/1978	33,20	0,00	77,60	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02	
1978-79	14/12/1978	45,00	0,00	340,70	0,39	0,29	0,02	0,15	0,11	
1978-79	13/02/1979	60,00	0,00	155,10	1,19	0,10	0,08	0,08	0,02	
1978-79	19/02/1979	41,10	0,00	129,90	1,19	0,41	0,05	0,07	0,00	
1978-79	12/03/1979	73,00	0,00	234,20	0,59	0,25	0,12	0,11	0,04	
1978-79	06/04/1979	12,60	0,00	3,50	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	
1978-79	16/04/1979	71,40	0,00	285,00	5,37	1,87	1,14	0,38	0,46	
1978-79	18/04/1979	11,00	71,40	45,30	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	
1978-79	30/04/1979	14,20	0,00	112,30	0,11	0,02	0,02	0,00	0,01	
1978-79	09/05/1979	18,20	0,00	187,60	0,95	0,58	0,48	0,02	0,17	
1978-79	21/05/1979	16,20	0,00	60,40	6,36	0,65	0,26	0,04	0,08	
1978-79	22/05/1979	34,00	16,20	308,40	10,82	0,64	1,31	0,09	0,36	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 9** – Perdas de solo durante o período de verão do ano agrícola de 1979-80 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Verão										
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M	PC	C-A/S	PC	A-T-E/M
1979-80	19/11/1979	56,70	0,00	337,10	1,20	0,59	1,19	0,37	0,70	
1979-80	05/12/1979	33,60	0,00	34,30	0,43	0,16	0,16	0,00	0,00	
1979-80	10/12/1979	19,20	33,60	12,10	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	
1979-80	17/12/1979	12,30	0,00	0,00	0,30	0,07	0,07	0,00	0,00	
1979-80	09/01/1980	81,60	0,00	729,20	13,65	3,02	1,57	0,22	0,18	
1979-80	11/02/1980	34,50	0,00	98,10	2,96	0,00	0,00	0,00	0,00	
1979-80	29/02/1980	41,50	0,00	197,20	8,65	0,03	0,01	0,03	0,00	
1979-80	04/03/1980	90,60	41,50	1186,30	68,74	3,45	1,22	0,42	0,42	
1979-80	14/03/1980	37,70	0,00	59,40	10,58	0,04	0,01	0,02	0,01	
1979-80	26/03/1980	44,50	0,00	340,50	17,02	0,44	0,09	0,06	0,02	
1979-80	02/04/1980	32,90	0,00	59,70	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	
1979-80	08/04/1980	7,20	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	
1979-80	14/04/1980	32,60	0,00	57,30	3,23	0,01	0,00	0,00	0,00	
1979-80	12/05/1980	51,40	0,00	28,00	3,73	0,03	0,01	0,01	0,00	
1979-80	23/05/1980	17,70	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	
1979-80	02/06/1980	10,30	0,00	32,80	1,57	0,01	0,00	0,00	0,00	
1979-80	16/06/1980	68,00	0,00	79,90	3,31	0,01	0,00	0,00	0,00	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 10** – Perdas de solo durante o período de verão do ano agrícola de 1980-81 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Verão					
					Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1980-81	21/11/1980	41,20	0,00	324,60	0,75	0,05	0,04	0,57	0,16	
1980-81	24/11/1980	16,40	41,20	50,60	0,17	0,09	0,05	0,07	0,03	
1980-81	01/12/1980	17,70	0,00	30,50	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	
1980-81	02/12/1980	23,00	17,70	72,50	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	
1980-81	05/12/1980	12,90	40,70	6,80	0,77	0,42	0,12	0,07	0,02	
1980-81	19/12/1980	9,30	0,00	0,00	2,23	1,39	0,67	0,88	0,61	
1980-81	30/12/1980	8,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	
1980-81	12/01/1981	59,20	0,00	221,60	34,34	7,38	1,47	1,82	0,60	
1980-81	13/01/1981	31,80	0,00	345,30	22,26	6,26	9,47	0,80	0,71	
1980-81	20/01/1981	87,00	0,00	1198,30	39,55	7,24	8,84	1,21	0,79	
1980-81	27/01/1981	31,00	0,00	170,30	9,03	3,08	1,00	0,14	0,15	
1980-81	30/01/1981	57,80	31,00	475,60	31,33	4,21	0,42	0,68	0,13	
1980-81	05/02/1981	22,70	0,00	24,40	1,97	0,17	0,00	0,00	0,00	
1980-81	12/02/1981	32,50	0,00	124,70	3,02	0,04	0,00	0,01	0,00	
1980-81	16/02/1981	21,00	32,50	90,30	7,81	0,60	0,94	0,02	0,00	
1980-81	05/03/1981	42,50	0,00	136,70	3,36	0,05	0,00	0,00	0,00	
1980-81	15/03/1981	11,40	0,00	23,10	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	
1980-81	06/04/1951	10,00	0,00	24,90	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	
1980-81	27/04/1981	28,50	0,00	44,40	2,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
1980-81	29/04/1981	12,20	28,50	43,80	1,65	0,01	0,00	0,00	0,00	

1980-81	14/05/1981	18,70	0,00	22,50	1,72	0,01	0,00	0,00	0,00
---------	------------	-------	------	-------	------	------	------	------	------

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 11** – Perdas de solo durante o período de verão do ano agrícola de 1981-82 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Verão					
					Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1981-82	07/12/1981	28,70	0,00	91,90	1,10	1,00	0,97	0,14	0,16	
1981-82	16/12/1981	46,20	0,00	364,90	2,92	2,57	2,15	0,02	0,02	
1981-82	21/12/1981	20,70	46,20	225,40	3,09	2,98	0,22	0,03	1,78	
1981-82	28/12/1981	11,30	0,00	33,30	2,40	2,40	0,87	0,01	0,02	
1981-82	29/01/1982	33,30	0,00	292,50	4,85	2,03	0,40	0,10	0,04	
1981-82	02/02/1982	106,70	33,30	1610,00	29,41	8,20	4,54	0,33	0,51	
1981-82	03/02/1982	35,60	140,00	297,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1981-82	04/02/1982	19,50	142,30	106,50	22,56	5,62	5,01	0,19	0,18	
1981-82	10/02/1982	32,60	0,00	121,10	8,83	1,48	0,90	0,03	0,04	
1981-82	12/02/1982	30,60	0,00	70,70	6,53	0,83	0,30	0,03	0,02	
1981-82	15/02/1982	17,30	63,20	72,40	8,23	1,17	0,41	0,03	0,02	
1981-82	16/02/1982	78,30	47,90	1950,50	50,19	7,04	2,99	0,51	0,10	
1981-82	25/02/1982	19,60	0,00	108,90	4,09	0,59	0,06	0,00	0,00	
1981-82	01/03/1982	45,20	19,60	364,90	11,48	1,51	0,21	0,03	0,02	
1981-82	15/03/1982	28,20	0,00	87,90	2,74	0,05	0,00	0,00	0,00	
1981-82	16/04/1982	21,70	0,00	75,90	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	
1981-82	11/05/1982	91,30	0,00	230,80	10,17	0,05	0,01	0,00	0,01	
1981-82	18/05/1982	108,00	0,00	502,70	20,20	0,26	0,10	0,03	0,01	
1981-82	19/05/1982	7,20	108,00	20,20	2,49	0,02	0,02	0,00	0,00	
1981-82	11/06/1982	75,90	0,00	387,70	17,36	0,08	0,08	0,05	0,08	
1981-82	15/06/1982	39,80	75,90	741,20	62,22	4,57	23,33	9,92	17,47	

1981-82	16/06/1982	110,50	115,70	714,80	45,25	0,46	0,36	0,10	0,16
1981-82	21/06/1982	41,50	110,50	41,90	17,13	0,40	0,21	0,05	0,10
1981-82	01/07/1982	57,40	0,00	191,90	1,46	0,11	0,16	0,07	0,11
1981-82	07/07/1982	91,40	0,00	302,00	24,64	0,00	0,18	0,09	0,28
1981-82	13/07/1982	21,80	0,00	80,70	6,21	0,19	0,12	0,04	0,20

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 12** – Perdas de solo durante o período de verão do ano agrícola de 1982-83 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Verão					
					Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1982-83	15/12/1982	42,50	0,00	320,00	1,81	1,15	1,79	0,09	0,02	
1982-83	21/12/1982	51,00	0,00	288,40	15,99	5,43	5,85	0,14	0,75	
1982-83	24/12/1982	49,80	51,00	201,60	20,32	13,61	10,07	0,16	0,48	
1982-83	29/12/1982	48,30	49,80	308,00	6,92	6,82	4,64	0,08	0,10	
1982-83	06/01/1983	49,60	0,00	366,30	8,24	7,46	6,58	0,04	0,03	
1982-83	27/01/1983	17,00	0,00	0,00	0,20	0,04	0,00	0,00	0,00	
1982-83	31/01/1983	88,30	17,00	484,40	12,46	3,57	5,92	0,09	0,51	
1982-83	17/02/1983	69,90	0,00	373,40	18,67	2,39	2,72	0,04	0,03	
1982-83	25/02/1983	74,70	0,00	361,10	19,38	3,64	1,27	0,06	0,02	
1982-83	28/02/1983	29,20	74,70	92,90	5,89	0,11	0,87	0,00	0,03	
1982-83	14/03/1983	131,40	0,00	885,70	27,96	1,29	0,65	0,02	0,04	
1982-83	19/03/1983	39,40	131,40	36,10	2,21	0,02	0,03	0,00	0,00	
1982-83	05/04/1983	81,20	0,00	300,20	14,01	0,51	0,70	0,00	0,00	
1982-83	19/04/1983	53,80	0,00	468,30	16,59	3,12	0,18	0,06	0,03	
1982-83	25/04/1983	54,30	0,00	238,40	12,78	0,30	0,04	0,01	0,00	
1982-83	29/04/1983	70,20	54,30	187,00	16,79	0,31	0,12	0,02	0,02	
1982-83	03/05/1983	38,20	70,20	192,60	7,86	0,23	0,10	0,04	0,01	
1982-83	05/05/1983	33,70	38,20	93,90	23,80	0,73	0,37	0,09	0,05	
1982-83	10/05/1983	56,40	33,70	241,20	1,25	0,16	0,02	0,00	0,00	
1982-83	13/05/1983	12,40	56,40	32,30	2,27	0,18	0,07	0,00	0,00	
1982-83	19/05/1983	50,80	0,00	129,60	8,64	0,79	0,17	0,07	0,03	

1982-83	31/05/1983	72,80	0,00	227,50	14,41	0,08	0,37	0,01	0,05
---------	------------	-------	------	--------	-------	------	------	------	------

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 13** – Perdas de solo durante o período de verão do ano agrícola de 1983-84 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Verão					
					Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1983-84	10/12/1983	4,40	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	
1983-84	05/01/1984	98,10	0,00	393,70	0,36	0,18	0,19	0,10	0,05	
1983-84	16/01/1984	86,90	0,00	472,70	9,60	3,79	7,30	1,56	0,67	
1983-84	31/01/1984	40,30	0,00	193,90	3,17	1,38	2,35	0,16	0,15	
1983-84	03/02/1984	26,90	40,30	66,30	4,40	0,82	1,05	0,04	0,12	
1983-84	06/02/1984	20,60	26,90	66,40	3,33	0,90	1,54	0,04	0,10	
1983-84	20/02/1984	24,70	0,00	46,70	0,28	0,00	0,01	0,00	0,00	
1983-84	21/02/1984	25,00	24,70	247,10	28,62	3,65	5,33	1,89	1,51	
1983-84	02/04/1984	142,00	0,00	1094,10	30,64	0,46	4,46	0,32	2,25	
1983-84	23/04/1984	293,80	0,00	2359,70	79,24	1,06	6,00	0,82	2,32	
1983-84	14/05/1984	155,60	0,00	938,00	47,99	0,29	1,37	0,50	0,59	
1983-84	10/06/1984	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 14** – Perdas de solo durante o período de verão do ano agrícola de 1984-85 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Verão				Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>				
					PP	A-T-E/M	PC	C-A/S	PC	A-T-E/M	PD	C-A/S	PD
1984-85	03/01/1985	70,00	0,00	484,40	13,43	4,22	2,33	0,02	0,11				
1984-85	21/01/1985	58,00	0,00	0,00	1,68	0,21	0,15	0,02	0,04				
1984-85	01/02/1985	26,90	0,00	0,00	2,79	0,37	0,75	0,02	0,05				
1984-85	06/02/1985	27,50	26,90	0,00	8,13	0,22	0,61	0,00	0,04				
1984-85	21/02/1985	82,90	0,00	0,00	13,91	0,38	1,18	0,03	0,06				
1984-85	20/03/1985	110,60	0,00	0,00	35,05	0,54	3,30	0,05	0,04				
1984-85	26/03/1985	40,20	0,00	0,00	10,53	0,03	0,10	0,00	0,00				
1984-85	10/04/1985	200,80	0,00	0,00	55,97	0,56	5,31	0,16	0,16				
1984-85	17/04/1985	75,30	0,00	0,00	7,69	0,48	0,53	0,01	0,02				
1984-85	08/05/1985	63,20	0,00	0,00	0,48	0,00	0,03	0,00	0,00				
1984-85	10/06/1985	140,90	63,20	0,00	5,82	0,09	0,07	0,01	0,01				

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 15** – Perdas de solo durante o período de verão do ano agrícola de 1985-86 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Verão					
					Perdas de solo em t ha <sup>-1</sup>					
					PP	A-T-E/M	PC	C-A/S	PC	A-T-E/M
1985-86	12/02/1986	109,30	0,00	313,90	0,72	0,53	0,45	0,00	0,00	
1985-86	17/02/1986	66,30	109,30	1212,60	22,55	12,75	12,39	0,12	0,45	
1985-86	10/03/1986	44,20	0,00	20,50	2,19	0,25	0,38	0,00	0,00	
1985-86	17/03/1986	152,80	0,00	917,40	27,36	4,68	17,27	0,17	0,43	
1985-86	19/03/1986	109,70	152,80	1419,70	38,66	12,45	25,64	0,12	0,67	
1985-86	31/03/1986	56,00	0,00	334,30	12,08	1,65	6,03	0,00	0,27	
1985-86	02/04/1986	48,50	56,00	335,80	17,83	5,33	10,52	0,08	0,65	
1985-86	10/04/1986	107,90	0,00	398,40	11,45	0,31	6,28	0,01	0,17	
1985-86	15/04/1986	61,60	107,90	244,90	16,18	0,76	12,06	0,07	0,54	
1985-86	19/05/1986	107,10	61,60	1071,80	23,22	2,89	10,67	0,05	0,20	
1985-86	21/05/1986	9,40	107,10	0,00	0,35	0,03	0,33	0,00	0,01	
1985-86	28/05/1986	28,60	0,00	29,50	1,64	0,05	0,90	0,00	0,02	
1985-86	02/06/1986	108,70	28,60	1517,40	43,49	1,82	23,81	0,31	1,34	
1985-86	08/06/1986	31,20	0,00	64,70	5,60	0,23	2,25	0,02	0,60	
1985-86	13/06/1986	31,30	31,20	47,90	0,36	0,01	0,24	0,00	0,01	
1985-86	25/06/1986	41,70	0,00	156,70	8,81	0,09	0,12	0,02	0,03	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 16** – Perdas de água durante os períodos de inverno do ano agrícola de 1978-79 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva				
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD
1978-79	20/06/1978	51,30	0,0	140,90	1,47	0,27	0,66	0,61	0,36
1978-79	26/06/1978	24,30	0,0	39,30	4,73	1,68	3,07	0,93	3,18
1978-79	30/06/1978	18,60	24,3	60,10	6,19	2,98	3,52	1,63	3,86
1978-79	11/07/1978	15,20	0,0	22,60	0,22	0,14	0,56	0,45	0,19
1978-79	17/07/1978	39,40	0,0	118,10	19,50	10,47	14,96	14,32	18,00
1978-79	20/07/1978	24,20	39,4	79,60	10,11	7,83	12,80	9,73	18,56
1978-79	21/07/1978	7,50	63,6	0,00	3,42	2,82	3,43	1,82	4,58
1978-79	23/07/1978	7,80	31,7	0,00	3,28	3,27	3,83	1,93	3,94
1978-79	27/07/1978	38,40	7,8	113,60	13,22	7,89	11,84	12,28	21,74
1978-79	28/07/1978	9,00	38,4	0,00	1,40	0,64	0,87	0,87	1,86
1978-79	01/08/1978	5,20	9,0	0,00	0,04	0,10	0,23	0,11	0,22
1978-79	14/08/1978	26,70	0,0	13,10	0,17	0,00	0,10	0,12	0,03
1978-79	31/08/1978	22,40	0,0	31,80	4,09	0,14	0,20	0,19	0,28
1978-79	08/09/1978	35,00	0,0	126,70	8,67	3,44	2,48	3,60	3,68
1978-79	14/09/1978	43,00	0,0	96,30	10,52	2,61	0,95	2,67	5,91
1978-79	04/10/1978	48,30	0,0	417,80	12,77	4,04	0,57	6,08	13,27
1978-79	10/10/1978	29,30	0,0	132,60	7,17	0,18	0,07	0,45	0,70
1978-79	16/10/1978	11,80	0,0	16,10	0,27	0,00	0,00	0,00	0,01
1978-79	25/10/1978	19,30	0,0	49,70	3,72	0,00	0,00	0,05	0,70
1978-79	27/10/1978	30,70	0,0	86,50	5,79	0,69	0,03	0,63	0,52
1978-79	30/10/1978	23,20	30,7	61,10	9,60	5,24	1,24	4,71	8,64
1978-79	06/11/1978	126,30	0,0	992,70	59,77	29,83	17,02	26,66	46,96

1978-79	10/11/1978	29,10	126,3	252,40	11,61	10,37	1,90	8,54	10,87
1978-79	20/11/1978	86,40	0,0	716,70	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00

---

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 17** – Perdas de água durante os períodos de inverno do ano agrícola de 1979-80 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva				
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD C-A/S PD	
1979-80	03/07/1979	95,20	0,0	249,20	9,52	7,60	6,87	6,74	13,26
1979-80	09/07/1979	40,20	0,0	175,70	6,35	12,34	18,20	12,33	19,15
1979-80	23/07/1979	57,50	0,0	49,40	6,74	6,91	15,97	8,72	32,24
1979-80	07/08/1979	86,50	0,0	218,00	24,46	23,04	34,75	21,40	23,04
1979-80	10/08/1979	8,30	86,5	20,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
1979-80	14/08/1979	24,50	8,3	100,80	0,09	0,02	0,02	0,00	0,01
1979-80	27/08/1979	22,00	0,0	26,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979-80	03/09/1979	24,90	0,0	81,00	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00
1979-80	14/09/1979	39,00	0,0	49,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
1979-80	26/09/1979	86,20	0,0	1044,90	1,01	0,06	0,00	0,00	0,00
1979-80	01/10/1979	73,70	86,2	241,10	0,47	0,04	0,01	0,00	0,00
1979-80	08/10/1979	100,60	0,0	695,30	0,89	0,04	0,18	0,00	0,00
1979-80	15/10/1979	26,10	0,0	143,70	0,33	0,02	0,00	0,00	0,00
1979-80	23/10/1979	35,20	0,0	102,90	0,16	0,01	0,00	0,00	0,00
1979-80	25/10/1979	41,00	35,2	46,60	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
1979-80	29/10/1979	61,70	41,0	607,00	0,47	0,02	0,00	0,00	0,00
1979-80	08/11/1979	23,70	0,0	68,70	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 18** – Perdas de água durante os períodos de inverno do ano agrícola de 1980-81 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Inverno										
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1980-81	01/07/1980	50,70	0,0	188,40	3,30	4,89	2,93	4,90	7,08	
1980-81	10/07/1980	54,30	0,0	208,90	28,67	12,21	22,99	20,67	15,87	
1980-81	21/07/1980	38,70	0,0	128,80	11,41	13,52	10,93	10,65	11,12	
1980-81	29/07/1980	73,50	0,0	351,20	0,66	0,28	0,23	0,11	8,97	
1980-81	07/08/1980	20,30	0,0	7,00	0,92	1,90	1,24	0,95	0,62	
1980-81	02/09/1980	30,40	0,0	124,60	5,69	7,60	6,22	7,66	4,99	
1980-81	09/09/1980	16,30	0,0	0,00	2,65	3,34	2,33	1,62	0,91	
1980-81	05/10/1980	72,30	0,0	132,50	13,44	6,53	7,25	7,59	2,39	
1980-81	13/10/1980	16,50	0,0	0,00	0,32	0,00	0,00	0,16	0,12	
1980-81	22/10/1980	102,90	0,0	279,20	35,58	15,80	11,63	17,14	7,48	
1980-81	28/10/1980	33,20	0,0	121,30	11,92	8,72	7,25	11,51	3,14	
1980-81	30/10/1980	11,70	33,2	19,80	1,85	2,87	1,07	1,30	1,24	
1980-81	10/11/1980	39,20	0,0	32,00	10,85	1,73	1,03	1,18	0,82	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 19** – Perdas de água durante os períodos de inverno do ano agrícola de 1981-82 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva				
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD
1981-82	26/05/1981	10,00	0,0	8,00	1,72	0,01	0,01	0,00	0,00
1981-82	03/06/1981	32,40	0,0	124,50	5,90	7,82	7,49	3,77	4,59
1981-82	07/06/1981	40,80	32,4	496,60	9,37	18,65	21,29	4,56	4,17
1981-82	11/06/1981	19,50	40,8	57,20	6,22	8,39	9,89	3,28	3,47
1981-82	24/06/1981	23,50	0,0	61,40	18,15	11,98	18,99	4,46	6,24
1981-82	29/06/1981	12,20	23,5	57,60	2,76	1,76	2,10	0,00	0,29
1981-82	13/07/1981	43,30	0,0	420,10	27,53	20,32	19,03	8,28	14,07
1981-82	20/07/1981	43,80	0,0	50,40	12,19	9,09	5,75	4,13	2,85
1981-82	28/08/1981	19,30	0,0	0,00	0,79	0,00	0,02	0,02	0,04
1981-82	02/09/1981	30,70	19,3	46,60	6,58	0,73	2,85	0,18	0,83
1981-82	04/09/1981	11,90	30,7	6,40	3,03	0,28	0,87	0,00	0,29
1981-82	14/09/1981	70,00	0,0	131,70	26,72	1,50	11,73	3,13	14,00
1981-82	21/09/1981	26,60	0,0	96,70	9,81	2,50	5,69	0,79	2,02
1981-82	24/09/1981	20,00	26,6	9,30	1,71	0,13	0,26	0,13	0,08
1981-82	25/09/1981	10,00	46,6	44,90	6,11	2,12	5,08	0,93	1,52
1981-82	29/09/1981	5,10	30,0	0,00	0,23	0,00	0,01	0,00	0,00
1981-82	28/10/1981	12,40	0,0	0,00	0,54	0,00	0,01	0,01	0,04
1981-82	06/11/1981	70,60	0,0	478,80	26,78	4,15	14,07	1,51	4,62

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 20** – Perdas de água durante os períodos de inverno do ano agrícola de 1982-83 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Inverno				
					Perdas de água em mm de chuva				
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD
1982-83	23/07/1982	73,10	0,0	484,40	33,79	29,78	43,51	24,26	23,05
1982-83	26/07/1982	17,00	73,1	24,50	3,84	11,27	13,50	6,64	2,93
1982-83	30/07/1982	8,80	17,0	0,00	0,82	0,13	0,41	0,25	0,00
1982-83	09/08/1982	138,50	0,0	427,10	17,85	35,32	65,89	45,40	64,29
1982-83	16/08/1982	51,80	0,0	239,50	15,69	32,07	33,95	19,39	14,80
1982-83	31/08/1982	89,60	0,0	400,00	16,17	27,20	27,98	12,62	8,57
1982-83	13/09/1982	18,70	0,0	17,10	2,20	1,08	1,28	0,09	0,05
1982-83	21/09/1982	99,70	0,0	355,50	22,41	35,90	60,73	17,22	14,30
1982-83	28/09/1982	88,60	0,0	465,40	25,79	26,38	44,96	9,90	16,18
1982-83	13/10/1982	22,40	0,0	24,60	5,89	5,54	5,04	1,67	3,08
1982-83	18/10/1982	19,00	22,4	121,40	6,56	2,81	1,32	0,13	0,08
1982-83	21/10/1982	46,00	19,0	249,40	5,56	2,10	2,37	0,55	1,09
1982-83	25/10/1982	220,90	46,0	4008,20	87,05	46,76	83,34	49,82	85,97
1982-83	04/11/1982	50,80	0,0	59,20	9,16	28,46	39,75	29,26	23,03
1982-83	08/11/1982	7,10	50,8	0,00	0,79	0,75	0,12	0,00	0,00
1982-83	11/11/1982	133,00	7,1	651,80	17,46	26,50	31,25	23,04	45,74
1982-83	19/11/1982	60,30	0,0	190,80	31,06	40,93	18,51	11,52	11,84
1982-83	29/11/1982	17,00	0,0	48,20	2,25	3,40	1,40	0,54	0,41
1982-83	06/12/1982	20,70	0,0	57,70	2,34	3,09	1,26	0,51	0,25

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 21** – Perdas de água durante os períodos de inverno do ano agrícola de 1983-84 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Inverno				
					Perdas de água em mm de chuva				
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD
1983-84	22/06/1983	78,90	0,0	215,90	5,94	11,97	8,24	9,70	10,48
1983-84	24/06/1983	95,70	0,0	1295,40	75,48	73,94	73,50	42,07	77,16
1983-84	04/07/1983	47,50	0,0	662,50	47,02	23,42	31,42	30,69	31,82
1983-84	06/07/1983	51,80	47,5	201,30	35,56	44,51	41,95	26,59	43,52
1983-84	08/07/1983	20,10	99,3	48,00	12,80	8,84	12,97	10,51	9,01
1983-84	11/07/1983	43,50	71,9	227,50	28,14	19,40	27,24	17,03	19,29
1983-84	18/07/1983	32,00	0,0	65,80	15,00	17,49	14,24	13,43	14,23
1983-84	25/07/1983	27,00	0,0	24,50	1,60	1,52	1,46	1,48	1,38
1983-84	28/07/1983	31,00	27,0	36,70	10,85	12,67	11,21	12,09	12,29
1983-84	03/08/1983	40,90	0,0	36,80	12,23	13,46	17,10	10,91	17,94
1983-84	10/08/1983	22,80	0,0	45,00	4,50	2,37	5,26	0,72	4,87
1983-84	16/08/1983	52,20	0,0	156,70	32,54	21,35	20,01	16,01	19,84
1983-84	26/09/1983	35,60	0,0	7,40	0,28	0,12	0,00	0,13	0,00
1983-84	30/09/1983	18,70	35,6	0,00	2,51	0,24	0,29	0,35	0,09
1983-84	18/10/1983	77,00	0,0	597,60	24,84	17,61	8,46	17,60	8,56
1983-84	31/10/1983	7,20	0,0	0,00	4,90	0,38	0,00	0,19	0,00
1983-84	07/11/1983	38,10	0,0	28,90	10,76	5,68	1,25	3,90	1,44
1983-84	06/12/1983	27,90	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 22** – Perdas de água durante os períodos de inverno do ano agrícola de 1984-85 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Inverno				
					Perdas de água em mm de chuva				
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD
1984-85	22/06/1984	98,60	0,0	406,90	72,54	77,89	77,38	77,70	77,61
1984-85	27/06/1984	70,70	98,6	403,20	51,57	35,80	52,40	38,71	69,85
1984-85	05/07/1984	28,70	0,0	121,10	8,70	9,06	15,75	10,38	14,25
1984-85	09/07/1984	103,60	28,7	673,70	50,52	46,52	42,63	58,33	49,26
1984-85	16/07/1984	39,30	0,0	61,30	10,37	15,49	18,39	8,47	12,15
1984-85	24/07/1984	51,20	0,0	141,70	26,27	19,50	38,45	21,80	26,02
1984-85	02/08/1984	44,70	0,0	168,80	14,16	19,85	19,10	8,47	17,26
1984-85	13/08/1984	12,30	0,0	8,20	1,68	1,01	2,88	0,39	0,95
1984-85	22/08/1984	10,00	0,0	23,40	6,19	4,22	6,05	1,86	2,93
1984-85	27/08/1984	19,60	10,0	21,30	8,09	9,10	8,42	4,33	5,24
1984-85	21/09/1984	170,80	0,0	793,90	61,94	74,75	67,57	42,26	36,96
1984-85	08/10/1984	82,00	0,0	140,80	12,59	20,08	13,15	11,44	10,71
1984-85	28/10/1984	44,60	0,0	102,20	6,15	6,23	5,08	1,49	2,14
1984-85	31/10/1984	19,20	44,6	22,60	6,01	1,69	0,95	1,13	1,18
1984-85	05/11/1984	71,00	19,2	146,50	19,37	17,29	8,98	5,20	4,25
1984-85	30/11/1984	84,00	0,0	899,50	3,95	8,50	8,52	5,69	8,73
1984-85	05/12/1984	39,90	84,0	109,00	4,79	5,95	8,80	0,31	1,61

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 23** – Perdas de água durante os períodos de inverno do ano agrícola de 1985-86 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Inverno				
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD
1985-86	02/07/1985	120,80	0,0	462,70	39,17	14,69	21,05	4,66	13,10
1985-86	08/07/1985	90,30	0,0	169,20	14,17	15,79	34,67	7,34	16,15
1985-86	01/08/1985	144,70	0,0	367,60	72,09	19,53	44,84	7,78	13,24
1985-86	05/08/1985	26,70	144,7	23,60	6,14	2,48	4,62	0,00	0,62
1985-86	13/08/1985	77,60	0,0	89,40	13,12	6,17	32,01	4,58	4,63
1985-86	01/09/1985	51,70	0,0	53,80	17,43	6,07	20,87	4,17	6,11
1985-86	13/09/1985	45,30	0,0	71,20	4,37	1,59	2,19	0,00	0,41
1985-86	17/09/1985	79,60	45,3	238,80	55,19	13,45	25,69	2,68	12,78
1985-86	20/09/1985	49,90	79,6	118,10	12,66	4,02	11,38	1,38	1,88
1985-86	30/09/1985	24,90	0,0	45,50	6,21	4,38	7,49	0,00	1,45
1985-86	17/10/1985	26,60	0,0	21,30	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00
1985-86	22/10/1985	24,70	26,6	178,80	13,34	0,00	5,01	0,00	1,14
1985-86	30/12/1985	36,40	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 24** – Perdas de água durante os períodos de verão do ano agrícola de 1978-79 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Verão											
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva						
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD		
1978-79	06/12/1978	33,20	0,00	77,60	1,65	1,10	0,32	0,44	1,69		
1978-79	14/12/1978	45,00	0,00	340,70	8,46	7,72	3,18	7,74	4,83		
1978-79	13/02/1979	60,00	0,00	155,10	7,19	3,31	0,53	2,34	0,25		
1978-79	19/02/1979	41,10	0,00	129,90	8,30	3,73	2,51	2,50	0,54		
1978-79	12/03/1979	73,00	0,00	234,20	13,88	3,44	3,91	2,15	0,99		
1978-79	06/04/1979	12,60	0,00	3,50	0,78	0,08	0,08	0,04	0,00		
1978-79	16/04/1979	71,40	0,00	285,00	23,49	38,45	13,25	17,24	13,05		
1978-79	18/04/1979	11,00	71,40	45,30	1,89	2,48	0,87	0,25	0,15		
1978-79	30/04/1979	14,20	0,00	112,30	0,88	1,50	0,74	0,05	0,60		
1978-79	09/05/1979	18,20	0,00	187,60	14,59	11,92	9,07	6,40	9,89		
1978-79	21/05/1979	16,20	0,00	60,40	19,73	23,07	23,43	18,51	18,98		
1978-79	22/05/1979	34,00	16,20	308,40	19,95	15,07	13,61	11,46	14,89		

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 25** – Perdas de água durante os períodos de verão do ano agrícola de 1979-80 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Verão										
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1979-80	19/11/1979	56,70	0,00	337,10	3,59	4,41	5,27	12,67	22,64	
1979-80	05/12/1979	33,60	0,00	34,30	2,05	1,73	1,57	0,06	0,08	
1979-80	10/12/1979	19,20	33,60	12,10	0,51	0,26	0,14	0,00	0,00	
1979-80	17/12/1979	12,30	0,00	0,00	1,16	1,12	1,16	0,00	0,00	
1979-80	09/01/1980	81,60	0,00	729,20	28,51	23,15	30,58	13,31	31,18	
1979-80	11/02/1980	34,50	0,00	98,10	6,02	0,00	0,00	0,00	0,00	
1979-80	29/02/1980	41,50	0,00	197,20	11,68	2,47	0,70	2,28	0,00	
1979-80	04/03/1980	90,60	41,50	1186,30	71,62	30,89	51,01	27,15	42,12	
1979-80	14/03/1980	37,70	0,00	59,40	20,59	3,80	2,44	4,31	3,39	
1979-80	26/03/1980	44,50	0,00	340,50	26,70	8,12	4,70	4,51	3,30	
1979-80	02/04/1980	32,90	0,00	59,70	6,06	0,39	0,10	0,00	0,00	
1979-80	08/04/1980	7,20	0,00	0,00	4,26	0,13	0,06	0,00	0,00	
1979-80	14/04/1980	32,60	0,00	57,30	10,78	1,31	0,29	0,29	0,16	
1979-80	12/05/1980	51,40	0,00	28,00	18,42	5,74	1,91	2,66	0,36	
1979-80	23/05/1980	17,70	0,00	0,00	3,84	0,00	0,00	0,00	0,00	
1979-80	02/06/1980	10,30	0,00	32,80	5,65	0,24	0,12	0,06	0,00	
1979-80	16/06/1980	68,00	0,00	79,90	25,02	1,25	1,49	1,04	0,54	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 26** – Perdas de água durante os períodos de verão do ano agrícola de 1980-81 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Verão										
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1980-81	21/11/1980	41,20	0,00	324,60	3,76	1,33	1,11	5,50	1,78	
1980-81	24/11/1980	16,40	41,20	50,60	1,32	0,63	1,07	1,16	0,78	
1980-81	01/12/1980	17,70	0,00	30,50	0,67	0,29	0,04	0,16	0,05	
1980-81	02/12/1980	23,00	17,70	72,50	0,63	0,03	0,00	0,05	0,00	
1980-81	05/12/1980	12,90	40,70	6,80	2,65	2,91	1,98	1,52	0,42	
1980-81	19/12/1980	9,30	0,00	0,00	7,45	6,92	4,76	6,83	5,04	
1980-81	30/12/1980	8,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,02	0,10	0,28	
1980-81	12/01/1981	59,20	0,00	221,60	52,26	27,45	13,12	26,76	27,32	
1980-81	13/01/1981	31,80	0,00	345,30	29,45	28,90	13,40	13,79	22,29	
1980-81	20/01/1981	87,00	0,00	1198,30	40,39	32,41	29,22	24,15	39,38	
1980-81	27/01/1981	31,00	0,00	170,30	13,49	17,51	8,03	4,60	7,70	
1980-81	30/01/1981	57,80	31,00	475,60	29,93	26,08	13,08	8,39	12,87	
1980-81	05/02/1981	22,70	0,00	24,40	3,35	1,33	0,26	0,37	0,06	
1980-81	12/02/1981	32,50	0,00	124,70	5,64	2,41	0,54	1,02	0,43	
1980-81	16/02/1981	21,00	32,50	90,30	11,50	12,71	2,30	6,27	2,44	
1980-81	05/03/1981	42,50	0,00	136,70	3,81	0,54	0,90	0,05	0,23	
1980-81	15/03/1981	11,40	0,00	23,10	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	
1980-81	06/04/1951	10,00	0,00	24,90	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	
1980-81	27/04/1981	28,50	0,00	44,40	2,89	0,47	0,06	0,04	0,00	
1980-81	29/04/1981	12,20	28,50	43,80	5,21	0,77	0,00	0,13	0,00	

1980-81	14/05/1981	18,70	0,00	22,50	2,92	0,47	0,06	0,04	0,00
---------	------------	-------	------	-------	------	------	------	------	------

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 27** – Perdas de água durante os períodos de verão do ano agrícola de 1981-82 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Verão										
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1981-82	07/12/1981	28,70	0,00	91,90	5,40	8,46	8,26	3,21	6,14	
1981-82	16/12/1981	46,20	0,00	364,90	10,40	10,57	7,89	1,24	1,32	
1981-82	21/12/1981	20,70	46,20	225,40	6,67	8,14	5,27	0,82	2,27	
1981-82	28/12/1981	11,30	0,00	33,30	5,48	3,48	5,95	0,50	1,40	
1981-82	29/01/1982	33,30	0,00	292,50	14,89	3,95	3,92	0,61	1,00	
1981-82	02/02/1982	106,70	33,30	1610,00	60,93	3,91	42,71	21,81	27,19	
1981-82	03/02/1982	35,60	140,00	297,30	16,63	8,12	9,47	2,60	6,89	
1981-82	04/02/1982	19,50	142,30	106,50	16,78	10,80	14,96	6,78	8,96	
1981-82	10/02/1982	32,60	0,00	121,10	12,51	6,92	7,30	1,85	3,34	
1981-82	12/02/1982	30,60	0,00	70,70	9,95	5,87	5,63	1,67	1,65	
1981-82	15/02/1982	17,30	63,20	72,40	13,13	13,40	8,49	3,30	3,34	
1981-82	16/02/1982	78,30	47,90	1950,50	43,34	35,78	34,55	29,15	35,23	
1981-82	25/02/1982	19,60	0,00	108,90	9,33	5,25	2,80	0,64	0,51	
1981-82	01/03/1982	45,20	19,60	364,90	17,58	15,50	7,80	5,52	5,95	
1981-82	15/03/1982	28,20	0,00	87,90	4,80	1,47	0,16	0,08	0,07	
1981-82	16/04/1982	21,70	0,00	75,90	3,99	0,05	0,05	0,00	0,05	
1981-82	11/05/1982	91,30	0,00	230,80	12,86	1,14	1,04	0,12	0,49	
1981-82	18/05/1982	108,00	0,00	502,70	19,87	4,21	5,90	2,27	1,28	
1981-82	19/05/1982	7,20	108,00	20,20	5,23	1,30	1,77	0,10	0,34	
1981-82	11/06/1982	75,90	0,00	387,70	18,22	5,39	10,00	5,31	4,67	
1981-82	15/06/1982	39,80	75,90	741,20	36,68	5,76	29,61	12,63	22,29	

1981-82	16/06/1982	110,50	115,70	714,80	32,93	41,40	47,05	18,34	20,96
1981-82	21/06/1982	41,50	110,50	41,90	17,26	30,83	24,31	7,22	10,28
1981-82	01/07/1982	57,40	0,00	191,90	19,94	32,27	26,84	21,04	17,66
1981-82	07/07/1982	91,40	0,00	302,00	29,94	0,00	36,04	28,64	28,85
1981-82	13/07/1982	21,80	0,00	80,70	11,56	8,74	10,69	4,61	6,24

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 28** – Perdas de água durante os períodos de verão do ano agrícola de 1982-83 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Verão										
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva					
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD	
1982-83	15/12/1982	42,50	0,00	320,00	4,14	11,97	8,08	4,99	5,49	
1982-83	21/12/1982	51,00	0,00	288,40	13,38	24,84	18,76	8,50	9,74	
1982-83	24/12/1982	49,80	51,00	201,60	31,57	35,39	29,67	9,35	15,91	
1982-83	29/12/1982	48,30	49,80	308,00	9,03	14,17	11,23	3,39	5,94	
1982-83	06/01/1983	49,60	0,00	366,30	10,48	15,85	17,01	3,02	6,19	
1982-83	27/01/1983	17,00	0,00	0,00	1,49	0,62	0,00	0,09	0,13	
1982-83	31/01/1983	88,30	17,00	484,40	26,60	25,52	23,91	7,89	15,95	
1982-83	17/02/1983	69,90	0,00	373,40	24,63	12,45	16,39	2,51	1,59	
1982-83	25/02/1983	74,70	0,00	361,10	23,91	20,64	29,25	6,12	3,88	
1982-83	28/02/1983	29,20	74,70	92,90	8,16	3,16	8,28	0,00	1,36	
1982-83	14/03/1983	131,40	0,00	885,70	42,94	21,29	45,48	7,61	2,68	
1982-83	19/03/1983	39,40	131,40	36,10	8,10	1,40	2,23	0,00	0,00	
1982-83	05/04/1983	81,20	0,00	300,20	20,73	10,03	12,60	0,00	0,25	
1982-83	19/04/1983	53,80	0,00	468,30	16,95	26,70	17,49	6,26	3,78	
1982-83	25/04/1983	54,30	0,00	238,40	13,55	25,43	11,33	4,19	1,78	
1982-83	29/04/1983	70,20	54,30	187,00	20,50	41,44	25,00	13,08	4,29	
1982-83	03/05/1983	38,20	70,20	192,60	11,94	15,88	16,76	9,50	2,81	
1982-83	05/05/1983	33,70	38,20	93,90	26,88	33,57	33,34	24,49	10,18	
1982-83	10/05/1983	56,40	33,70	241,20	3,66	2,45	1,73	0,00	0,13	
1982-83	13/05/1983	12,40	56,40	32,30	6,07	4,30	5,16	0,17	0,60	
1982-83	19/05/1983	50,80	0,00	129,60	16,51	30,92	25,54	7,97	4,87	

1982-83	31/05/1983	72,80	0,00	227,50	28,51	27,12	30,95	3,18	5,32
---------	------------	-------	------	--------	-------	-------	-------	------	------

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 29** – Perdas de água durante os períodos de verão do ano agrícola de 1983-84 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Verão				
					PP	A-T-E/M PC	C-A/S PC	A-T-E/M PD	C-A/S PD
1983-84	10/12/1983	4,40	0,00	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00
1983-84	05/01/1984	98,10	0,00	393,70	2,48	6,22	7,64	9,86	2,82
1983-84	16/01/1984	86,90	0,00	472,70	17,42	20,94	30,80	13,91	14,37
1983-84	31/01/1984	40,30	0,00	193,90	7,50	10,38	12,11	6,10	6,22
1983-84	03/02/1984	26,90	40,30	66,30	9,01	8,72	10,38	5,99	6,10
1983-84	06/02/1984	20,60	26,90	66,40	7,48	7,53	10,55	4,66	4,91
1983-84	20/02/1984	24,70	0,00	46,70	2,34	0,00	0,33	0,00	0,00
1983-84	21/02/1984	25,00	24,70	247,10	24,88	19,45	24,73	24,87	24,63
1983-84	02/04/1984	142,00	0,00	1094,10	31,10	24,59	28,64	13,57	17,41
1983-84	23/04/1984	293,80	0,00	2359,70	70,77	71,00	78,04	63,11	59,55
1983-84	14/05/1984	155,60	0,00	938,00	45,25	39,30	53,90	38,84	37,29
1983-84	10/06/1984	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 30** – Perdas de água durante os períodos de verão do ano agrícola de 1984-85 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Verão				Perdas de água em mm de chuva				
					PP	A-T-E/M	PC	C-A/S	PC	A-T-E/M	PD	C-A/S	PD
1984-85	03/01/1985	70,00	0,00	484,40	22,03	24,85	31,00	1,69	6,35				
1984-85	21/01/1985	58,00	0,00	0,00	9,50	8,59	4,82	0,99	2,02				
1984-85	01/02/1985	26,90	0,00	0,00	7,69	8,50	10,92	1,07	2,60				
1984-85	06/02/1985	27,50	26,90	0,00	5,31	6,09	6,14	0,45	1,57				
1984-85	21/02/1985	82,90	0,00	0,00	20,19	11,48	15,62	3,59	4,10				
1984-85	20/03/1985	110,60	0,00	0,00	36,89	36,50	36,98	7,15	4,58				
1984-85	26/03/1985	40,20	0,00	0,00	18,46	5,49	11,36	1,03	1,36				
1984-85	10/04/1985	200,80	0,00	0,00	72,24	77,79	76,40	40,86	25,16				
1984-85	17/04/1985	75,30	0,00	0,00	19,22	9,38	16,55	1,86	2,06				
1984-85	08/05/1985	63,20	0,00	0,00	5,56	0,74	0,99	0,31	0,21				
1984-85	10/06/1985	140,90	63,20	0,00	12,67	4,02	11,38	1,38	1,88				

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 31** – Perdas de água durante os períodos de verão do ano agrícola de 1985-86 nas parcelas experimentais monitoradas durante uma série de 8 anos de dados em Santa Maria, RS

Verão										
Ano agrícola	Data da coleta	Chuva (mm)	Chuva antecedente	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de água em mm de chuva					
					PP	A-T-E/M	PC	C-A/S	PC	A-T-E/M
1985-86	12/02/1986	109,30	0,00	313,90	10,00	13,19	17,13	0,00	0,00	
1985-86	17/02/1986	66,30	109,30	1212,60	44,70	36,74	51,36	5,85	24,45	
1985-86	10/03/1986	44,20	0,00	20,50	8,31	4,68	4,75	0,00	0,25	
1985-86	17/03/1986	152,80	0,00	917,40	74,51	24,26	76,52	10,86	20,26	
1985-86	19/03/1986	109,70	152,80	1419,70	49,60	56,55	71,13	15,95	49,02	
1985-86	31/03/1986	56,00	0,00	334,30	45,48	26,17	49,52	1,98	16,29	
1985-86	02/04/1986	48,50	56,00	335,80	42,73	26,87	34,37	8,96	16,98	
1985-86	10/04/1986	107,90	0,00	398,40	12,74	14,34	16,47	1,82	16,36	
1985-86	15/04/1986	61,60	107,90	244,90	48,51	28,19	32,19	5,32	29,30	
1985-86	19/05/1986	107,10	61,60	1071,80	32,68	38,09	32,90	10,32	30,09	
1985-86	21/05/1986	9,40	107,10	0,00	4,76	1,44	4,30	0,00	1,16	
1985-86	28/05/1986	28,60	0,00	29,50	5,77	5,28	10,13	0,34	3,18	
1985-86	02/06/1986	108,70	28,60	1517,40	77,32	70,12	75,63	50,69	58,71	
1985-86	08/06/1986	31,20	0,00	64,70	17,30	16,73	13,55	1,40	15,94	
1985-86	13/06/1986	31,30	31,20	47,90	1,97	0,54	1,89	0,00	0,58	
1985-86	25/06/1986	41,70	0,00	156,70	18,04	13,20	14,53	4,09	5,92	

Chuva antecedente – quantidade ocorrida de chuva nos últimos 5 dias (MISHRA; SINGH, 2003, 2004, 2006; USDA; NRCS, 2021), em mm; EI<sub>30</sub> – Índice de erosividade da chuva; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 32** – Perdas de solo na parcela padrão (PP) e nas parcelas sob sucessão de culturas de aveia e milho em preparo convencional (A/T/E-M), cevada e soja (C/A-S) em preparo convencional, aveia e milho em plantio direto (A/T/E-M) e cevada e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1978-79 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1978-79								
Período	El <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	Perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> )					
			PP	PC		PD		
				A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S	
1	240,3	0,0436	3,68	0,99	1,35	0,39	0,96	
2	333,9	0,0606	16,35	4,74	6,52	7,41	7,46	
3	171,6	0,0312	3,52	0,04	0,04	0,12	0,08	
4	646,7	0,1174	10,16	79,88	20,96	89,09	364,58	
5	2175,2	0,3949	47,83	0,84	0,24	0,67	1,32	
6	418,3	0,0759	0,41	0,30	0,03	0,16	0,13	
7	155,1	0,0282	1,19	0,10	0,08	0,08	0,02	
8	364,1	0,0661	1,78	0,66	0,17	0,18	0,05	
9	446,1	0,0810	5,54	1,92	1,17	0,38	0,47	
10	556,4	0,1010	18,13	1,87	2,05	0,15	0,61	
<b>Total</b>	<b>5507,7</b>	<b>1,0000</b>	<b>108,61</b>	<b>91,34</b>	<b>32,60</b>	<b>98,63</b>	<b>375,67</b>	

Unidades de medida: El<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 33** – Perdas de solo na parcela padrão (PP) e nas parcelas sob sucessão de culturas de aveia e milho em preparo convencional (A/T/E-M), cevada e soja (C/A-S) em preparo convencional, aveia e milho em plantio direto (A/T/E-M) e cevada e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1979-80 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1979-80							
Período	EI <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	Perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> )				
			PP	PC A/T/E-M	C/A-S	PD A/T/E-M	C/A-S
1	424,9	0,0592	2,84	1,83	1,33	1,56	2,38
2	388,2	0,0541	5,42	2,50	2,45	1,33	1,84
3	156,2	0,0218	3,37	0,16	0,05	0,04	0,11
4	2125,0	0,2963	74,41	4,61	3,02	0,07	0,06
5	825,2	0,1151	20,87	0,77	0,06	0,00	0,08
6	383,5	0,0535	1,94	0,82	1,43	0,37	0,70
7	827,3	0,1154	16,61	3,02	1,57	0,22	0,18
8	1843,1	0,2570	106,33	3,97	1,33	0,52	0,46
9	85,3	0,0119	6,96	0,03	0,01	0,01	0,00
10	112,7	0,0157	5,03	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>7171,4</b>	<b>1,0000</b>	<b>243,78</b>	<b>17,74</b>	<b>11,24</b>	<b>4,14</b>	<b>5,80</b>

Unidades de medida: EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 34** – Perdas de solo na parcela padrão (PP) e nas parcelas sob sucessão de culturas de trevoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, trevoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1980-81 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1980-81							
Período	EI <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	Perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> )				
			PP	PC A/T/E-M	C/A-S	PD A/T/E-M	C/A-S
1	397,3	0,0791	22,80	6,39	6,68	1,31	2,91
2	487,0	0,0969	25,89	14,54	10,97	3,77	5,78
3	124,6	0,0248	6,00	4,54	3,74	1,96	0,63
4	132,5	0,0264	5,91	0,98	0,37	0,26	0,02
5	452,3	0,0900	24,13	5,07	1,72	0,43	0,12
6	485,0	0,0965	4,39	1,97	0,89	1,59	0,82
7	1935,5	0,3852	105,20	23,96	20,79	3,96	2,26
8	851,7	0,1695	47,49	5,08	1,36	0,71	0,13
9	48,0	0,0096	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00
10	110,7	0,0220	5,38	0,02	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>5024,6</b>	<b>1,0000</b>	<b>248,12</b>	<b>62,53</b>	<b>46,53</b>	<b>14,00</b>	<b>12,68</b>

Unidades de medida: EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/trevoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 35** – Perdas de solo na parcela padrão (PP) e nas parcelas sob sucessão de culturas de tremoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, tremoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1981-82 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1981-82							
Período	EI <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	Perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> )				
			PP	PC A/T/E-M	C/A-S	PD A/T/E-M	C/A-S
1	686,3	0,0614	3,52	1,18	2,90	0,13	0,22
2	539,1	0,0482	7,08	4,05	2,27	0,53	0,42
3	50,4	0,0045	2,18	0,57	0,35	0,05	0,01
4	335,6	0,0300	13,02	0,79	0,26	0,13	0,29
5	478,8	0,0428	15,87	0,08	0,16	0,01	0,02
6	715,5	0,0640	9,52	8,95	4,21	0,20	1,99
7	2498,1	0,2235	72,19	18,15	11,16	0,68	0,79
8	2584,6	0,2312	76,72	10,35	3,66	0,57	0,14
9	829,6	0,0742	34,05	0,33	0,14	0,04	0,03
10	2460,2	0,2201	174,26	5,81	24,45	10,31	18,40
<b>Total</b>	<b>11178</b>	<b>1,0000</b>	<b>408,40</b>	<b>50,26</b>	<b>49,55</b>	<b>12,64</b>	<b>22,31</b>

Unidades de medida: EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 36** – Perdas de solo na parcela padrão (PP) e nas parcelas sob sucessão de culturas de trevoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, trevoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1982-83 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1982-83							
Período	EI <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	Perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> )				
			PP	PC A/T/E-M	C/A-S	PD A/T/E-M	C/A-S
1	1175,5	0,0852	28,33	16,58	26,10	5,12	3,13
2	656,6	0,0476	16,46	10,76	13,28	0,71	0,46
3	845,5	0,0613	35,56	11,93	16,46	0,26	0,52
4	5090,0	0,3689	167,63	70,49	12,54	1,99	3,57
5	296,7	0,0215	27,23	8,71	0,24	0,11	0,08
6	1484,3	0,1076	53,48	34,50	28,94	0,50	1,38
7	1311,8	0,0951	56,40	9,71	10,77	0,19	0,58
8	1222,0	0,0886	44,18	1,83	1,38	0,02	0,04
9	1086,3	0,0787	54,02	3,97	0,43	0,13	0,06
10	630,6	0,0457	26,57	1,22	0,63	0,09	0,08
<b>Total</b>	<b>13799</b>	<b>1,0000</b>	<b>509,87</b>	<b>169,69</b>	<b>110,76</b>	<b>9,12</b>	<b>9,90</b>

Unidades de medida: EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/trevoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 37** – Perdas de solo na parcela padrão (PP) e nas parcelas sob sucessão de culturas de tremoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, tremoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1983-84 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1983-84							
Período	EI <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	Perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> )				
			PP	PC		PD	
				A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S
1	2423,1	0,2543	120,10	96,69	87,24	82,98	79,45
2	436,3	0,0458	28,00	18,30	21,11	14,26	14,34
3	164,1	0,0172	10,52	7,15	4,32	4,34	1,87
4	597,6	0,0627	18,49	3,35	1,05	0,38	0,10
5	28,9	0,0030	1,28	0,19	0,07	0,03	0,01
6	866,4	0,0909	10,11	3,96	7,49	1,66	0,72
7	620,4	0,0651	39,79	6,75	10,27	2,14	1,89
8	1094,1	0,1148	30,64	0,46	4,46	0,32	2,25
9	2359,7	0,2476	79,24	1,06	6,00	0,82	2,32
10	938,0	0,0984	47,99	0,29	1,37	0,50	0,59
<b>Total</b>	<b>9528,6</b>	<b>1,0000</b>	<b>386,15</b>	<b>138,21</b>	<b>143,38</b>	<b>107,41</b>	<b>103,53</b>

Unidades de medida: EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 38** – Perdas de solo na parcela padrão (PP) e nas parcelas sob sucessão de culturas de trevoço e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, trevoço e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1984-85 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1984-85							
Período	EI <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	Perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> )				
			PP	PC		PD	
				A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S
1	1666,2	0,3524	176,61	53,00	59,92	9,67	31,21
2	342,1	0,0723	27,42	13,89	19,07	1,40	7,79
3	815,2	0,1724	53,01	14,96	1,19	1,57	0,29
4	265,6	0,0562	19,42	3,65	0,26	0,17	0,15
5	1155,0	0,2443	17,36	2,65	1,03	0,09	0,18
6	484,4	0,1024	15,12	4,43	2,48	0,03	0,15
7	0,0	0,0000	24,83	0,96	2,53	0,05	0,15
8	0,0	0,0000	45,58	0,58	3,40	0,06	0,04
9	0,0	0,0000	64,14	1,04	5,87	0,18	0,18
10	0,0	0,0000	5,82	0,09	0,07	0,01	0,01
<b>Total</b>	<b>4728,5</b>	<b>1,0000</b>	<b>449,30</b>	<b>95,24</b>	<b>95,81</b>	<b>13,24</b>	<b>40,13</b>

Unidades de medida: EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/trevoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.

**Apêndice 39** – Perdas de solo na parcela padrão (PP) e nas parcelas sob sucessão de culturas de ervilhaca e milho em preparo convencional (A/T/E-M), aveia e soja (C/A-S) em preparo convencional, ervilhaca e milho em plantio direto (A/T/E-M) e aveia e soja em plantio direto (C/A-S) em cada período das culturas no ano agrícola de 1985-86 em Santa Maria, RS

Ano agrícola de 1985-86							
Período	EI <sub>30</sub>	FEI <sub>30</sub>	Perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> )				
			PP	PC		PD	
				A/T/E-M	C/A-S	A/T/E-M	C/A-S
1	631,9	0,0637	7,92	0,81	3,40	0,10	0,41
2	480,6	0,0484	11,05	0,39	4,28	0,02	0,12
3	363,8	0,0367	12,07	0,10	0,34	0,01	0,08
4	184,9	0,0186	6,25	0,08	0,12	0,01	0,03
5	178,8	0,0180	4,87	0,00	0,08	0,00	0,00
6	1526,5	0,1538	23,26	13,28	12,84	0,12	0,45
7	2691,9	0,2712	80,29	19,04	49,32	0,30	1,37
8	2050,9	0,2066	68,67	9,29	39,54	0,21	1,56
9	1611,6	0,1624	51,09	2,12	27,29	0,34	1,97
10	204,6	0,0206	9,18	0,10	0,37	0,02	0,04
<b>Total</b>	<b>9925,5</b>	<b>1,0000</b>	<b>274,66</b>	<b>45,21</b>	<b>137,59</b>	<b>1,14</b>	<b>6,02</b>

Unidades de medida: EI<sub>30</sub> – MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; FEI<sub>30</sub> – Fração do índice de erosividade das chuvas; PP – Parcela padrão; PC – Preparo convencional; PD – Plantio direto; A/T/E-M – aveia/tremoço/ervilhaca-milho; C/A-S – cevada/aveia-soja.