

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

**NANCY DA COSTA**

**CONVERSÃO DE USO DA TERRA E MANEJO DO SOLO À SEMEADURA  
DIRETA: REFLEXO NA EROSÃO HÍDRICA E NA PRODUÇÃO DE CULTURAS**

**LAGES**

**2023**

**NANCY DA COSTA**

**CONVERSÃO DE USO DA TERRA E MANEJO DO SOLO À SEMEADURA  
DIRETA: REFLEXO NA EROSÃO HÍDRICA E NA PRODUÇÃO DE CULTURAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo, na área de concentração em Caracterização, Conservação e Uso dos Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alves Moreira

**LAGES**

**2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Universitária Udesc,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

da Costa, Nancy

Conversão de uso da terra e manejo do solo à semeadura direta :  
reflexo na erosão hídrica e na produção de culturas / Nancy da  
Costa. -- 2023.

63 p.

Orientador: Marcelo Alves Moreira

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2023.

1. Manejo do solo. 2. Conservação de solo. 3. Perda de solo. 4.  
Perda de água. I. Alves Moreira, Marcelo. II. Universidade do  
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. III. Título.

**NANCY DA COSTA**

**CONVERSÃO DE USO DA TERRA E MANEJO DO SOLO À SEMEADURA  
DIRETA: REFLEXO NA EROÇÃO HÍDRICA E NA PRODUÇÃO DE CULTURAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências do Solo pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Marcelo Alves Moreira  
Orientador/Presidente  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membros:

Prof. Dr. Neuro Hilton Wolschick  
Membro Interno Efetivo  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dra. Andréia Patrícia Andrade  
Membro Externo Efetivo

Lages, 28 de julho de 2023

Aos meus pais Apá Patrão Da Costa e Elisa Mendy, meus irmãos Katia, Galia, Jaquelina, Mickhail, Leopoldo e Junior e meus filhos Cyvio e Lyara, pelo apoio, força e motivação em cada fase desta conquista, e por acreditarem em mim sempre. Por isso, agradeço todos os dias e peço a Deus que lhes dê saúde para que eu possa retribuir tudo que fizeram por mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por toda força que tenho.

Agradeço meus Pais Elisa e Apá, por serem meu alicerce e fonte de inspiração, por me ajudarem a passar os momentos mais difíceis da minha vida durante período de mestrado. Quando achei que estava num buraco sem fim eles estiveram e sofreram comigo. Meu pai chegou a passar por uma forte crise devido aos meus problemas, por isso dedico a eles toda minha conquista.

Agradeço o meu orientador Prof. Dr. Ildegardis Bertol, o qual considero um Pai. O Professor Bertol não só me orientou, mas me ensinou, educou e incentivou. Não fosse por ele, talvez eu tivesse desistido em função de tudo o que estava passando. Psicologicamente eu estava destruída, mas ele esteve comigo em todos os momentos, em todas as minhas conquistas até chegar aqui. Vou lembrar e agradecer a ele, sempre, por considerar o melhor orientador e pai.

Agradeço aos meus irmãos, em especial à Galia e Jaquilina que foram minha base de sustentação e não me deixaram cair. Tenho orgulho de tê-las como irmãs, e se fosse escolher, eu escolheria vocês por toda minha vida, meu muito obrigada. Ainda vamos sorrir e nos divertir muito.

Agradeço os meus filhos Cyvio e Lyara por serem hoje minha melhor companhia. São fruto de minha melhor decisão. Quando olho para eles vejo que tudo valeu a pena que a vida vale a pena. Ao chegar cansada e estressada, cada abraço, cada beijo, cada carinho me faz acordar no dia seguinte com mais força e vontade de vencer por eles. Passamos por enormes provações juntas, mas nunca desistimos de lutar.

Agradeço a minha cunhada Fligencia Augusto Douglas, pois, quando achei que iria entrar em depressão ela ligava todos os dias, conversava comigo, as vezes por mais de cinco horas, para que eu não ficasse sozinha e conseguisse aguentar, a você devo a minha vida. Agradeço também a minha cunhada Famata Iude Camara, por me escolher, e pela ajuda em casa com as crianças para que eu pudesse estudar e concluir essa etapa. Palavras nunca serão suficientes para agradecer.

Agradeço ao Wilson, Gunila e Badilé por serem a minha base e me ouvirem todos os dias, por segurarem a minha mão e nunca soltarem, cada palavra me fez renascer. Hoje, cada conquista é nossa. Dedico a vocês toda a minha conquista. Além de amigos, são irmãos que a vida me presenteou.

Aos meus conterrâneos que estão aqui no Brasil, especialmente a Cadenio, Inácio, Rossi, Ivaldino, Nicola, Suzene, Costa, Tino, Nila, Valdir, Carlos, Dionísio, Lamine,

Bernardino, Nelito, Suaila, Edna, Saudinha Rainha, Zaira, Sadia, Mario, Nem, Nelyta e Dala, a que serei eternamente grata.

Um agradecimento especial para Marco, Davi e Segalla, pela disponibilidade em me ajudar durante esse processo, em especial por terem realizado todas as coletas no experimento em campo, na minha ausência.

Sou profundamente grata ao governo brasileiro, em especial à Universidade do Estado de Santa Catarina e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível respectivamente pelo ensino de qualidade e pelo auxílio financeiro com a concessão de bolsa de estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo-CAV/UEDESC, pela contribuição na minha formação profissional, proporcionando um ensino de qualidade. Esse mesmo agradecimento vai para todos os professores e técnicos administrativo dessa instituição.

## RESUMO

A conversão de sistemas de manejo para a semeadura direta (SD) pode melhorar as propriedades do solo, diminuir a erosão hídrica e aumentar produção das culturas no médio e longo prazo. Essas modificações podem estabilizar em aproximadamente dez anos após a conversão de manejo. Com esta pesquisa objetivou-se avaliar a modificação das propriedades do solo, da erosão hídrica e da produção de culturas, nos manejos cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC) e solo sem cultivo e descoberto (SC) para a SD, entre o sétimo e oitavo ano após a conversão de manejo, entre abril de 2021 e fevereiro de 2023, em Lages, SC. Antes da conversão, em um experimento conduzido durante 26 e meio anos, o tratamento CM era realizado com uma escarificação e uma gradagem e o PC com uma aração e duas gradagens, ambos cultivados, e no SC era realizada uma aração e duas gradagens e o solo era mantido sem cultivo e descoberto (testemunha). Cada uma das parcelas mede 3,5 de largura por 22,1 m de comprimento no sentido do declive. Naquele período, outro tratamento era cultivado sob SD, sem preparo prévio do solo. Em todo o período antes da conversão cultivou-se uma rotação de aveia preta (*Avena strigosa*), soja (*Glycine max*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*), milho (*Zea mays*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e feijão preto (*Phaseolus vulgaris*). Após a conversão, em 2015, esses manejos passaram a denominar-se SD/SD para a SD (testemunha), CM/SD para o CM, PC/SD para o PC e SC/SD para o SC, ambos cultivados no inverno com o consórcio de aveia+ervilhaca+nabo e no verão com o milho solteiro. Ao final de cada ciclo de cultivo foi determinada a produção de massa seca da parte aérea de todas as espécies e a produção de grãos de milho. Transcorridos oito anos após a conversão dos manejos cultivo mínimo, preparo convencional e solo sem cultivo e descoberto para semeadura direta, as perdas de solo continuaram sendo maiores no preparo convencional e solo sem cultivo e descoberto do que no cultivo mínimo, e principalmente do que na semeadura direta continuada. Nesse período, as perdas de água não foram influenciadas pela conversão de manejo. Isso significa que a conversão de manejo ainda não foi suficientemente positiva para eliminar a diferença de perda de solo entre esses sistemas de manejo, não sendo possível ainda caracterizar essa conversão de manejo como alternativa positiva para a conservação do solo no preparo convencional e, principalmente no solo sem cultivo e descoberto. Em relação aos dois períodos anteriores à conversão de manejos, no entanto, nesta pesquisa houve substancial diminuição das perdas de solo no preparo convencional e principalmente no solo sem cultivo e descoberto. Isso quer dizer que do ponto de vista do histórico da erosão, a conversão de manejos não conservacionistas (preparo convencional e solo sem cultivo e descoberto) em conservacionista

(semeadura direta), resultou em elevado benefício quanto às perdas de solo. Com a conversão dos manejos à semeadura direta, obteve-se maior massa seca da parte aérea nos cultivos de aveia+ervilhaca+nabo forrageiro e de milho e maior produtividade de grãos do milho no cultivo mínimo do que nos demais sistemas de manejo. A menor produção de massa seca e de produtividade de grãos foi obtida no solo sem cultivo convertido à semeadura direta, em comparação aos demais sistemas de manejo convertidos.

**Palavras-chave:** manejo do solo, conservação de solo, perda de solo, perda de água.

## ABSTRACT

The conversion of management systems to no-tillage (NT) can improve soil properties, reduce water erosion, and increase crop production in the medium and long term. These changes can stabilize approximately ten years after management conversion. This research aimed to evaluate the modification of water erosion and crop production, in the management of minimum cultivation (MT), conventional tillage (CT) and uncultivated and uncovered soil (BS) for NT, among the seventh and eighth year after management conversion, between April 2021 and February 2023, in Lages, SC. Before the conversion, in an experiment conducted over 26 and a half years, the MT treatment was carried out with one chiseling and one harrowing and the CT with one plowing and two harrowings, both cultivated, and in the BS one plowing and two harrowings were carried out and the soil was kept uncultivated and uncovered (witness). Each of the plot measures 3.5 wide by 22.1 m long in the direction of the slope. At that time, another treatment was cultivated under NT, without prior soil preparation. Throughout the period before conversion, a rotation of black oats (*Avena strigosa*), soybeans (*Glycine max*), common vetch (*Vicia sativa*), corn (*Zea mays*), forage radish (*Raphanus sativus*) and black beans (*Phaseolus vulgaris*) were cultivated. After the conversion in 2015, these managements began to be called NT/NT for NT (control), MT/NT for MT, CT/NT for CT, and BS/NT for BS, both cultivated in winter with the oat+vetch+turnip consortium and in the summer with single corn. At the end of each cultivation cycle, the dry mass production of the aerial part of all species and the production of corn grains were determined. Eight years after the conversion from MT, CT, and BS to NT, soil losses continued to be greater in CT/NT and BS/NT than in MT/NT, and mainly than in NT/NT. During this period, water losses were not influenced by management conversion. This means that the management conversion has not yet been sufficiently positive to eliminate the difference in soil loss between these management systems, and it is not yet possible to characterize this management conversion as a positive alternative for soil conservation in CT and, especially in BS. In relation to the two periods prior to the management conversion, however, in this research there was a substantial reduction in soil losses in CT, and mainly in BS. This means that from the perspective of the history of erosion, the conversion of non-conservation management (CT and BS) into conservation management (NT) resulted in a high benefit in terms of soil losses. With the conversion of management to NT, a greater dry mass of the aerial part was obtained in the oat+vetch+forage turnip and corn crops and greater corn grain productivity in CM/NT than in the other management systems. The lowest

production of dry mass and grain productivity was obtained in the BS/NT, compared to the other converted management systems.

Keywords: soil management, soil conservation, soil loss, water loss

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da área experimental no Campus da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV - Lages – SC/2023 .....	25
Figura 2 - Momento de leitura da altura de enxurrada no tanque de sedimentação, com auxílio da régua graduada. ....	29
Figura 3 - Relação entre perdas de solo (PS) e perdas de água (PA), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), utilizando os valores absolutos (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC. ....	44
Figura 4 - Relação entre perdas de solo relativas (PS/PA) e perdas de água (PA), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC. ....	45
Figura 5 - Relação entre perdas de solo (PS) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), utilizando os valores absolutos (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC. ....	47
Figura 6 - Relação entre perdas de solo relativas (PS/AC) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC. ....	49
Figura 7 - Relação entre perdas de água (PS) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), utilizando os valores absolutos (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC. ....	50
Figura 8 - Relação entre perdas de água relativas (PA/AC) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC. ....	51
Figura 9 - Relação entre infiltração de água no solo (INF) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), utilizando os valores absolutos (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC. ....	52

Figura 10 - Relação entre infiltração de água no solo estimada (TNF) e altura de chuva (AC), utilizando os valores absolutos individuais das duas repetições de cada tratamento, dos quatro ciclos de cultivo e de todos os eventos de chuva erosiva, entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC ..... 53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas e químicas do Cambissolo Húmico Alumínico léptico de Lages (SC), referentes ao perfil no local do experimento.....	26
Tabela 2 - Massa seca da parte aérea produzida pelo cultivo consorciado de ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta, em cada tratamento para os ciclos de cultivo de 2021 e 2022. ....	34
Tabela 3 - Massa seca da parte aérea produzida pelo cultivo consorciado de ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta, em cada tratamento para os ciclos de cultivo de 2015 a 2018, 2018 a 2021 e 2021 a 2023.....	35
Tabela 4 - Massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos (PG) de milho, em cada tratamento para o ciclo de cultivos 2021/2022 e 2022/2023 (média das repetições). ....	36
Tabela 5 - Massa seca da parte aérea de milho, em cada tratamento para o ciclo de cultivos 2015 a 2018, 2018 a 2021 e 2021 a 2023 (média das repetições). ....	37
Tabela 6 - Produtividade de grãos de milho, em cada tratamento para o ciclo de cultivos 2015 a 2018, 2018 a 2021 e 2021 a 2023 (média das repetições). ....	38
Tabela 7 - Valores de altura de chuva (AC) e de perdas de solo, por ciclo de cultivo e totais no período de 2021 a 2023, em um Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de duas repetições). ....	39
Tabela 8 - Valores de altura de chuvas erosivas (AC) e de perdas de água observadas no período de 2021 a 2023 em um Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de duas repetições).....	41
Tabela 9 - Valores de altura de chuvas erosivas (AC) e valores estimados de infiltração de água no solo, entre 2021 a 2023 em um Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de duas repetições). ....	43

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1	OBJETIVOS .....	16
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>16</b>
1.2	HIPÓTESES .....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1	EROSÃO DO SOLO .....	17
2.2	EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL DO SOLO: AGENTES, FATORES E CONSEQUÊNCIAS .....	18
2.3	COBERTURA E MANEJO DO SOLO NO CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL.....	20
2.4	CONVERSÃO DE MANEJO DO SOLO E EFEITO NA EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL.....	21
2.5	CONVERSÃO DE MANEJO DO SOLO E EFEITO NA PRODUÇÃO DE CULTURAS .....	23
2.6	INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL.....	23
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DO SOLO.....	25
3.2	HISTÓRICO DE CULTIVO E MANEJO DO SOLO NOS TRATAMENTOS ANTES DA CONVERSÃO DE MANEJO.....	26
3.3	HISTÓRICO DE CULTIVO E MANEJO DO SOLO NOS TRATAMENTOS APÓS A CONVERSÃO DE MANEJO.....	28
3.4	UNIDADE EXPERIMENTAL, OU PARCELA, E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO .....	28
3.5	PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAR A EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL ..	29
3.6	ESTIMATIVA DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO .....	30
3.7	AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO VEGETAL .....	31
3.8	TRATAMENTO E FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
4.1	PRODUÇÃO VEGETAL.....	33
<b>4.1.1</b>	<b>Massa seca de parte aérea das culturas e produtividade de grãos do milho.....</b>	<b>33</b>
4.2	EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL .....	38

<b>4.2.1</b>	<b>Perdas de solo.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Perdas de água.....</b>	<b>40</b>
4.3	INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO .....	42
4.4	RELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS .....	43
<b>4.4.1</b>	<b>Perdas de solo x perdas de água utilizando valores absolutos.....</b>	<b>43</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Perdas de solo x perdas de água utilizando valores relativos.....</b>	<b>45</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Perdas de solo x alturas de chuva utilizando valores absolutos.....</b>	<b>45</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Perdas de solo x alturas da chuva utilizando valores relativos.....</b>	<b>48</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Perdas de água x altura de chuva utilizando valores absolutos.....</b>	<b>49</b>
<b>4.4.6</b>	<b>Perdas de água x altura de chuva utilizando valores relativos.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4.7</b>	<b>Infiltração de água no solo estimada x altura de chuva.....</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A decisão sobre a forma de manejo do solo impacta a erosão hídrica pluvial. No caso de a decisão ser incorreta ela resulta em degradação das propriedades do solo, em aumento da erosão e em diminuição da produção de culturas. Isso, associado ao aumento populacional de humanos e de outros animais, desequilibra fortemente a relação entre a oferta e a demanda de alimentos. Esse problema pode ser enfrentado sem precisar invadir novas fronteiras agrícolas, o que infere a necessidade de elevar a produtividade para atender essa crescente demanda. Assim, a conversão de manejos de solo inadequados para manejos conservacionistas pode se tornar uma solução mais adequada para esse problema.

A redução da qualidade do solo, especialmente pela erosão, se deve a causas naturais ou induzidas pelo ser humano. Na produção agropecuária a degradação do solo é ocasionada por ações antrópicas que diminuem a sustentabilidade da produção agrícola, devido à degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Assim, entende-se que a degradação torna o solo menos apto a ser cultivado. Isso consequentemente prejudica os objetivos no que diz respeito a produção agrícola. A qualidade do solo é a chave para se obter produção agrícola sustentável por longo prazo. Nesse contexto, as perdas de solo e água por erosão devem preocupar permanentemente os estudiosos desse assunto não só no Brasil, mas em nível mundial.

A semeadura direta (SD) é uma alternativa para mitigação de perdas de solo (PS) e perdas de água (PA). Diante das mudanças climáticas ao longo dos anos, a não adoção de alternativas que amenizam a erosão do solo tem gerado graves problemas. No Brasil a erosão hídrica pluvial é um dos grandes problemas no ponto de vista dos recursos naturais. Esse problema põe em risco a rentabilidade das áreas agricultáveis pela perda do horizonte/camada superficial do solo com maior teor de matéria orgânica.

A causa principal da diminuição da capacidade produtiva dos solos é a erosão hídrica pluvial. De acordo com Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO (2019), estima-se que a erosão hídrica pluvial já degradou pelo menos 33% das terras agrícolas mundiais, devido ao amplo alcance geográfico da erosão.

Em condição natural, a erosão é um processo que ocorre em equilíbrio com a formação de solo. No entanto, quando este processo ocorre de maneira induzida, a perda de solo torna-se rapidamente maior do que a capacidade que o solo tem de repor essa

perda pela formação. Isso resulta em impacto negativo na produtividade dos cultivos agrícolas.

A erosão hídrica pluvial apresenta dois aspectos negativos, um do ponto de vista econômico e, outro, do ponto de vista ambiental. Economicamente, ocorre o empobrecimento do solo no local de origem da erosão, o que diminui sua capacidade produtiva com a queda no rendimento de cultivos. Ambientalmente, o impacto acontece fora do local de ocorrência da erosão, podendo causar eutrofização de mananciais de água especialmente pelo fósforo (P) e/ou nitrogênio (N).

Nas últimas décadas, têm se desenvolvido a forma de manejo do solo denominada de semeadura direta (SD), sem a necessidade de preparo mecânico prévio do solo, principalmente, e o cultivo mínimo (CM) em menor escala do que a SD, em especial nos cultivos anuais de grãos e cereais. A SD e o CM conservam a estrutura e aumentam a infiltração de água no solo, devido a formação e preservação de canais preferenciais e poros pelo aumento da atividade biológica em comparação ao PC.

Os sistemas de manejo com cultivo do solo sob CM e PC e o sistema em que o solo é preparado de modo igual ao sistema PC, mas mantido sem cultivo (SC), ao serem convertidos à SD podem reduzir a erosão hídrica no médio e longo prazo, em comparação ao período anterior à conversão. Ao mesmo tempo, podem aumentar a produtividade dos cultivos agrícolas.

Em um experimento de determinação da erosão hídrica pluvial em condição de campo sob chuva natural, iniciada em 1988, a conversão de manejo ocorreu em 2015. Entre esse ano e o ano de 2020, uma Tese de Doutorado e uma Dissertação de Mestrado foram concluídas para avaliar o efeito da conversão de manejo na erosão hídrica e na produtividade dos cultivos. Esta pesquisa constituiu-se no terceiro trabalho realizado com este objeto. Assim, com esta pesquisa objetivou-se quantificar as perdas de água e solo e a massa seca de aveia preta + ervilhaca comum + nabo forrageiro e de milho, bem como a produção de grãos de milho. Essas produções foram comparadas com aquelas do período anterior à conversão de manejo e com os dois estudos realizados após a referida conversão.

## 1.1 OBJETIVOS

Quantificar a erosão hídrica e a produção de culturas entre o 7º e o 8º anos após a conversão dos manejos cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC) e solo sem cultivo e descoberto (SC) para semeadura direta (SD), e comparar os dados com os períodos anterior e posterior à conversão de manejo.

### 1.1.1 Objetivos específicos

Quantificar as perdas de solo e água por erosão hídrica e estimar a infiltração de água no solo.

Determinar a produtividade do milho e a massa seca da parte aérea de um consórcio composto por aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca comum.

## 1.2 HIPÓTESES

O manejo do solo previamente estabelecido como cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC) e solo sem cultivo e descoberto (SC) foi convertido para semeadura direta (SD) 26 e meio anos após o início do experimento. No momento da conversão um tratamento que já era SD no mesmo período de 26 e meio anos foi mantido e passou a ser considerado testemunha. Esses tratamentos passaram a denominar-se CM/SD, PC/SD, SC/SD e SD/SD. Após a conversão, duas pesquisas foram realizadas, uma entre o 1º e o 3º anos após a conversão (WOLSCHICK, 2018) e, outra entre o 4º e o 6º anos após a conversão (PRAZERES, 2021). Com base nessas condições, foram formuladas as seguintes hipóteses para esta pesquisa conduzida entre o 7º e o 8º anos após a conversão de manejos.

Os valores de perda de solo e água e de infiltração de água no solo nos tratamentos CM/SD, PC/SD e SC/SD nesta pesquisa são menores do que os valores do período anterior à conversão, iguais aos valores do período entre o 1º e o 3º e entre o 4º e o 6º anos após a conversão e iguais aos valores da testemunha (SD/SD).

Os valores de produtividade de milho e de massa seca dos cultivos nos tratamentos CM/SD e PC/SD nesta pesquisa são maiores do que os valores do período anterior à conversão, iguais aos valores do período entre o 1º e o 3º e entre o 4º e o 6º anos após a conversão e menores do que aos valores da testemunha (SD/SD).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EROSÃO DO SOLO

A erosão do solo pode ser entendida, inicialmente e genericamente, como o desgaste da camada superficial do solo.

Erosão é o processo de desagregação, transporte e deposição das partículas de solo causado pelos agentes erosivos água e vento, e fortemente influenciado pelas atividades do homem.

Entre tipos de erosão temos a erosão hídrica causada pela água, erosão eólica ela proveniente do vento que lentamente vão esculpindo as rochas e transportando as partículas dos solos, e glacial pelo degelo, geralmente ocorre porque as variações de temperatura congelam e descongelam a água, que se dilata e se comprime, afetando as rochas e os solos (ELLISON, 1947).

Erosão hídrica pluvial é causada pela energia cinética das gotas das chuvas e pelo escoamento superficial, já a fluvial é causada pelas águas dos rios, que transformas os cursos dos rios em vales profundos nas margens sem vegetação a força da água causa desgaste e a marinha é pela água do mar provocando desgaste das rochas e do solo do litoral o (BERTOL; CASSOL; BARBOSA, 2019, p. 453).

Além de classes temos os tipos de erosão a natural que ocorre de forma natural, não sofre nenhuma interferência do homem e só é perceptível ao longo do tempo; a induzida é causada pela ação humana e é facilmente perceptível (SCSA, 1982).

Com a rotação da terra, a superfície do planeta alterna períodos expostos entre dia e noite se não ocorresse dessa forma a planeta teria uma das suas fases expostas que causaria um impacto com superaquecimento e teria uma fase privada de luz solar e a terra se tornaria muito frio por não ter o calor, e essa questão provocaria zonas intensas de tempestade, pelo encontro das camadas, as correntes marítimas também seriam alteradas, sem iluminação não existiria os animais as plantas não conseguiriam realizar fotossíntese (IBGE,2023).

A erosão pode ser equacionada matematicamente, resultante de forças que causam a erosão e de forças que a dissipam. A erosão do solo é um fenômeno que ocorre naturalmente em decorrência de agentes causadores diretos, a água e o vento. A água é considerada um agente ativo direto, pois sua ação contínua e intensa impacta diretamente

o solo. O vento é outro agente ativo direto porque também impacta diretamente o solo. O solo, por sua vez, é o agente passivo, ou seja, aquele que recebe o impacto da energia erosiva da água e do vento (ELLISON, 1947). Os agentes diretos atuam fortemente no processo de erosão do solo. Os agentes indiretos causadores de erosão são a atividade biológica, a temperatura e o degelo. Esses agentes indiretos causam principalmente perturbação do solo, enfraquecendo-o e predispondo-o à ação mais intensa dos agentes diretos. Assim, os agentes indiretos atuam primariamente no processo de formação do solo e, secundariamente na erosão propriamente dita.

Para a região sul do Brasil, a água da chuva é o principal agente ativo no processo erosivo, que causa a chamada erosão hídrica pluvial do solo. A energia cinética, proveniente das gotas de chuva e do escoamento superficial da água sobre o solo (WISCHMEIER; SMITH, 1958) desagregam e transportam materiais, com eventual deposição, em forma de sedimentos (ELLISON, 1947).

No entanto, outros fatores de magnitude variável afetam a erosão hídrica pluvial. Além da chuva, o solo, a topografia do terreno, a cobertura do solo, bem como o manejo e as práticas complementares (SCHICK *et al.*, 2000). Esses fatores são representados pela Erosividade da chuva (fator R), erodibilidade do solo (fator K), topografia do terreno (fator LS), cobertura e manejo do solo (fator C) e práticas conservacionistas de suporte (fator P), as quais compõem a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) (WISCHMEIER; SMITH, 1978; RENARD *et al.*, 1997).

## 2.2 EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL DO SOLO: AGENTES, FATORES E CONSEQUÊNCIAS

Em solo descoberto a erosão hídrica pluvial se inicia com a desagregação causada fundamentalmente pelo impacto das gotas de chuva e, em solo coberto por resíduos culturais pelo cisalhamento devido ao escoamento superficial por baixo dos resíduos. A desagregação significa o desprendimento de partículas da massa de solo, tornando-as disponíveis para o transporte (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A segunda etapa, o transporte, é causado preponderantemente pelo escoamento superficial principalmente concentrado em sulcos e, em menor grau, pelo salpico das partículas de solo devido ao impacto e pelo escoamento superficial espalhado ou laminar (HUDSON, 1995).

A deposição é a última etapa da erosão hídrica pluvial que ocorre quando a capacidade de transporte do fluxo superficial torna-se inferior à carga de sedimentos presentes na enxurrada, ou, quando ocorre o cessamento da chuva e/ou a paralização da enxurrada (HUDSON, 1995). As partículas se depositam de maneira seletiva ao longo do comprimento da rampa, sendo as de maior diâmetro e/ou densidade depositadas inicialmente (ELLISON, 1947).

A erosão hídrica pluvial ocorre de duas maneiras, dentro de sulcos e entre sulcos, de acordo com as condições de superfície do solo e a magnitude de atuação do agente erosivo. Na erosão em sulcos, o escoamento superficial concentrado é o responsável primariamente pelo transporte e secundariamente pela desagregação, enquanto na erosão entre sulcos o impacto das gotas de chuva é o responsável primariamente pela desagregação e secundariamente pelo transporte, em solo descoberto; enquanto em solo coberto o escoamento superficial realiza essas duas fases da erosão simultaneamente, normalmente dentro de pequenos sulcos por baixo dos resíduos (MEYER *et al.*, 1975; FOSTER, 1982).

Os fatores que influenciam a erosão hídrica pluvial são a chuva, o solo, o relevo, a cobertura e manejo do solo, e as práticas conservacionistas de suporte (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Dentre esses, a cobertura e manejo do solo é o fator de maior importância porque pode dissipar a energia da chuva e da enxurrada, total ou parcialmente, dependendo de condições.

As principais consequências da erosão hídrica pluvial do solo são o empobrecimento do solo no local de origem da erosão devido à remoção de sedimentos minerais e orgânicos e de constituintes químicos. Essa remoção é sempre definitiva. No caso dos constituintes químicos essa remoção força a reposição com fertilizantes o que aumenta os custos de produção. Além disso, no longo prazo a remoção por erosão resulta em perda de capacidade produtiva do solo. Ainda, os constituintes perdidos por erosão ocasionam impacto ambiental negativo fora do local de origem da erosão, ou seja, nos locais de depósito. No caso de depositarem-se sobre o terreno, modificam física, química e biologicamente o solo superficial, enriquecendo-o, as vezes demasiadamente, ou degradando-o. No caso de a água ser o local de depósitos dessas remoções, pode-se formar um ambiente eutrofizado principalmente pela ação do fósforo (P) e/ou do nitrogênio (N). Isso gera elevados custos para tratamentos das águas (BERTOL *et al.*, 2011).

### 2.3 COBERTURA E MANEJO DO SOLO NO CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL

A cobertura do solo pelos resíduos vegetais é o principal fator isolado na redução da erosão hídrica (FOSTER, 1982), pois dissipa a energia cinética das gotas da chuva, a cobertura serve de proteção do solo, e é uma das forças que resistem a erosão evitando que essas impactem diretamente sobre o solo e desagreguem as partículas (RAMOS *et al.*, 2014), evitando a formação do selamento superficial (DULEY, 1939).

A cobertura do solo é exercida pela copa das plantas, pela fitomassa de resíduos culturais e pelas raízes que atuam na sustentação da estrutura do solo contribuindo na infiltração de água (BERTOL *et al.*, 2019). Sua eficiência depende da quantidade, do tipo, da porcentagem de cobertura, do manejo e estágio de decomposição dos resíduos (COGO, 1981).

Com isso, a cobertura vegetal diminui a área exposta da superfície do solo ao impacto das gotas da chuva, protegendo-a, bem como diminuindo a velocidade do escoamento superficial da água e, conseqüentemente, sua capacidade de transporte, mantendo altas taxas de infiltração de água no solo (SCHICK *et al.*, 2000). Em adição a isso, o resíduo cultural serve como uma barreira física para o aprisionamento das partículas de solo desagregadas, causando-lhes a deposição e conseqüentemente diminuição da remoção de solo para fora da área da lavoura (LOPES *et al.*, 1987).

O manejo do solo é um conjunto de operações desenvolvidas no solo, compreendendo os tipos de preparo, as práticas culturais, os sistemas de cultivo. O preparo do solo normalmente incorpora os resíduos culturais e altera as propriedades físicas da superfície e subsuperfície, favorecendo a erosão hídrica (SCHICK *et al.*, 2000). Esses fatores interferem na erosão hídrica em razão do efeito sobre atributos físicos do solo, bem como sobre a cobertura do solo (BERTOL *et al.*, 2019).

Os sistemas de preparo conservacionistas caracterizam-se por uma reduzida movimentação do solo, preservação da cobertura pelos resíduos vegetais na superfície e, com exceção da semeadura direta, elevada rugosidade, reduzindo a erosão hídrica (COGO *et al.*, 1984; BERTOL, 1995; HERNANI *et al.*, 1997). Os preparos de solo conservacionistas reduzem a erosão hídrica em relação aos preparos convencionais, visto que são menos intensos e mantêm o solo coberto por maior período e, às vezes, proporcionam aumento da rugosidade na superfície do solo (BEUTLER *et al.*, 2003).

Sistemas naturais apresentam distintas capacidades de se recuperarem. O termo resiliência pode ser definido como a capacidade de um sistema em recuperar sua integridade estrutural e funcional, ou seja, retornar a um equilíbrio semelhante ao anterior (SEYBOLD *et al.*, 1999), em outras palavras, é a capacidade do solo exercer suas funções na natureza (DORAN, 1997).

A eficiência de um sistema de manejo pode ser avaliada pelo seu efeito nas propriedades físicas (BROWN *et al.*, 2018), químicas (ANDRADE *et al.*, 2012) e biológicas (BARETTA *et al.*, 2006), e seus resultados se manifestam no desempenho vegetativo das espécies cultivadas. Reinert (1998) classificou a degradação do solo em três categorias: física, sendo as alterações de características ligadas ao arranjo das partículas de solo, tendo como principais parâmetros a permeabilidade, a densidade, a estrutura, a aeração e a coesão. Alto grau de compactação, baixa aeração, alta friabilidade, alta suscetibilidade a erosão e baixa retenção de água, são exemplos de degradação física. A degradação biológica, isto é, baixa ou nula atividade da microfauna, mesofauna e macrofauna e flora do solo. A degradação química se reflete na presença de elementos indesejáveis no solo, ou então a perda de elementos essenciais para o equilíbrio dele.

Os diferentes tipos de manejo e de cultivo do solo alteram as propriedades físicas, assim, o solo cultivado tende, com o tempo, a ter a estrutura original alterada pelo fracionamento dos agregados em unidades menores, com conseqüente redução no volume de macroporos e aumentos no volume de microporos e na densidade do solo (BERTOL *et al.*, 2001). Em decorrência disso, observa-se diminuição na taxa de infiltração de água no solo, com conseqüente aumento da taxa de escoamento superficial (PANACHUKI *et al.*, 2011).

No âmbito biológico, os organismos da fauna do solo representam um importante papel no equilíbrio e sustentabilidade dos ecossistemas, pois medem e realizam diversos processos básicos como respiração, fixação de carbono, controle biológico, decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e processos de formação, estruturação e estabilidade do solo (BARETTA *et al.*, 2003), podendo ser utilizados como indicadores de qualidade de solo relacionados com o seu manejo.

#### 2.4 CONVERSÃO DE MANEJO DO SOLO E EFEITO NA EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL

O solo degradado pela erosão hídrica pluvial (EHP) leva muito tempo e gera esforço e custo para ser recuperado, pois a erosão acontece de uma maneira seletiva porque ela transporta primeiro os sedimentos mais finos, argila e matéria orgânica (MO) (BERTOL *et al.*, 2007). Para esse tipo de erosão não tem como determinar o tempo de recuperação do solo, por isso é importante trabalhos e pesquisas a respeito, pois tem mudanças e variações ao longo do tempo, para acompanhar a condição natural do solo existem componentes e condições com intuito de ajustar e buscar equilíbrio dentro dos componentes do solo (DORAN, 1997; SEYBOLD *et al.*, 1999).

As formas de cultivo, e as culturas de cobertura as quais tem características morfológicas distintas, ajudam e são de suma importância para recuperação de solos degradados (SILVA *et al.*, 1986). Em destaque das culturas que contribuem na recuperação do solo no sul do Brasil temos a aveia (*Avena strigosa schreb*) elevada produção de matéria seca, de mais lenta decomposição, constitui um dos pilares do sistema de plantio direto por reduzir ocorrência de plantas daninhas e flutuações de temperatura e umidade do solo (SILVA *et al.*, 2006). Além de sua raiz fasciculada, rusticidade diante dos problemas de fertilidade do solo, recicla nutrientes e atua na redução de compactação (FONTANELI *et al.*, 2012).

Nas culturas de cobertura destaca-se também a ervilhaca (*Vicia sativa*). Uma leguminosa que atua na proteção do solo e diminuição de riscos de erosão, minimiza danos causados pelo uso intensivo do solo aumenta teores de Nitrogênio (N) na camada superficial do solo (ALCÂNTARA *et al.*, 2000) ajuda na recuperação dos estoques de C no solo (ANDRADE *et al.*, 2012), ainda produz um volume considerável de resíduos vegetais para cobertura do solo.

Conhecido cientificamente como *Raphanus sativus L* o nabo forrageiro com seu sistema radicular por ser pivotante, auxilia na formação de bioporos, melhorando os indicadores físicos do solo (PITOL; SALTON, 1993). Alta produção de biomassa quando consorciada com outras plantas de cobertura (WOLSCHICK *et al.*, 2018), ajuda economicamente por diminuir busca pela adubação nitrogenada para milho como cultura de sucessão (SILVA *et al.*, 2006). A conversão de sistemas de manejos é uma das armas para redução de perda do solo por EHP, principalmente utilizando manejos conservacionistas, destacando SD que tem como princípio os cultivos mínimos, rotação de culturas conseguindo assim a produção de grande escala diversificando assim a quantidade de resíduos vegetais (ANDRADE, 2009).

No primeiro ano com conversão de manejos para semeadura direta, Wolschick (2018) teve uma diferença de PS de 15 vezes entre SD/SD e SC/SD, sendo utilizado o mesmo consórcio de ervilhaca, aveia e nabo forrageiro no outono/inverno e milho no verão. Wolschick (2018) no final do terceiro ano observou uma diminuição de perda de água no tratamento SC/SD de 29%, com a conversão do manejo houve redução nas perdas. Prazeres (2021) a redução de perda de solo e água em relação ao trabalho anterior foi 3 vezes mais, dando importância a mudança de manejo.

## 2.5 CONVERSÃO DE MANEJO DO SOLO E EFEITO NA PRODUÇÃO DE CULTURAS

O manejo inadequado do solo, pode contribuir no efeito estufa trazendo problemas relacionadas a sua sustentabilidade, camada superior do solo que contém nutrientes, matéria orgânica, afetando assim os atributos físicos e químicos, a semeadura direta que é uma das práticas adotadas atualmente conserva o solo e ajuda no aumento do estoque de C e N (AL-KAISI *et al.*, 2005). Conservação que permite e melhora o rendimento de culturas com rotação de culturas, protegendo a umidade do solo pois se utiliza culturas de cobertura que possuem alta produção de biomassa e resíduos, diminuindo perdas, ainda é uma das formas mais eficientes de contribuir na diminuição de efeito estufa na terra (CERRI *et al.*, 2007). O rendimento das culturas depende de muitos fatores dentro da propriedade, variação do tempo, distribuição da chuva e de temperatura, origem das sementes e o potencial genético delas (FENTON *et al.*, 2005).

Com a degradação do solo pela erosão hídrica pluvial afeta o rendimento de culturas de forma negativa, e exige muito tempo bastante pesquisa e trabalho e esforço para sua recuperação (PRAZERES, 2021).

## 2.6 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL

A infiltração de água no solo é um processo pelo qual a água penetra no perfil do solo através da superfície (SOBRINHO *et al.*, 2003), sendo um bom indicativo da qualidade física do solo (SILVA FILHO, 2016), é expressa em taxa e capacidade de infiltração (PHILIP, 1957). A taxa de infiltração é definida como a lâmina de água que atravessa a superfície do solo por unidade de tempo em milímetro por hora ( $\text{mm h}^{-1}$ ). A

entrada de água no solo é decrescente com o tempo em função do umedecimento do perfil do solo, assumindo um valor mínimo constante, denominado de velocidade de infiltração básica (VIB) (POTT, 2019). A capacidade de infiltração se refere ao valor final constante da taxa de entrada de água no solo (LIBARDI, 1995).

Os fatores que afetam este processo se relacionam com as características do solo, seu manejo, histórico de uso, cobertura vegetal, rugosidade, atividade biológica, declividade e forma da paisagem, entre outros (REICHERT *et al.*, 1992). Esse processo hidrológico é importante no planejamento de estruturas hidráulicas para o gerenciamento do escoamento para controle da erosão hídrica (BERTOL *et al.*, 2015).

Os métodos para avaliação e cálculo da VIB devem ser bem escolhidos, e executados, representando de forma semelhante ao natural (DA SILVA *et al.*, 2016). Entre eles têm-se os infiltrômetros de aspersão ou simuladores de chuva (BERTOL *et al.*, 2012), mas uma maneira comum para medir a lâmina de água infiltrada é através do uso de infiltrômetros de anéis concêntricos duplos (CUNHA *et al.*, 2011).

Os valores de infiltração são bem controversos e variados, devido as diferentes características dos solos e dos cultivos adotados. Ressalta-se que a estrutura física do solo e a cobertura vegetal são parâmetros importantes que interferem na infiltração de água, o que é comprovado quando se compara diferentes sistemas de cultivo agrícola, florestal e pecuário (DA SILVA *et al.*, 2016). A infiltração de água no solo pode ser avaliada a campo ou estimada por modelos matemáticos que podem ser empíricos ou teóricos com base física (SOBRINHO *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2014). O modelo proposto por Horton é adequado para estimar a infiltração de água no solo (CARVALHO *et al.*, 2015), pois propõe que a taxa de infiltração de água em um solo inicialmente seco decai exponencialmente até atingir um valor constante, equivalente à condutividade hidráulica saturada (HORTON, 1940).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DO SOLO

Este trabalho foi realizado no Campus do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em um experimento localizado na região do Planalto Sul Catarinense ( $27^{\circ} 49' S$  e  $50^{\circ} 20' W$ , a 923 m de altitude). O clima é do tipo Cfb (subtropical/mesotérmico) segundo a classificação de Köppen, a precipitação média anual na região de 1533 mm e erosividade anual de 5033 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (SCHICK *et al.*, 2014a). O solo do local é um Cambissolo Húmico, composto de siltitos e argilitos, (SANTOS *et al.*, 2013), cuja erodibilidade é 0,0175 t há h há<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (SCHICK *et al.*, 2014b).

Figura 1- Localização da área experimental no Campus da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV - Lages – SC/2023



Fonte: Google Maps, (2023).

As características físicas e químicas obtidas pela descrição de um perfil do solo na área experimental seguem na tabela 1.

Tabela 1 - Características físicas e químicas do Cambissolo Húmico Alumínico léptico de Lages (SC), referentes ao perfil no local do experimento.

Característica	Horizonte					
	Ap	A2	B/A	B	B/C	C
	0-20	20-34	34-53	53-75/82	75/82-105	105+
	Camada (cm)					
	Propriedades físicas					
Argila (%)	40,0	40,0	42,0	46,0	52,0	32,0
Silte (%)	42,0	40,0	41,0	40,0	35,0	65,0
Areia fina (%)	11,0	10,0	10,0	9,0	8,0	2,0
Areia Grossa (%)	7,0	10,0	7,0	5,0	5,0	1,0
Densidade partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,54	2,56	2,61	2,61	2,7	2,38
Densidade solo	1,38	1,35	1,33	1,28	1,27	1,19
Microporosidade (cm <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> )	0,38	0,42	0,40	0,42	0,48	-
Macroporosidade (cm <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> )	0,09	0,06	0,06	0,04	0,03	-
Taxa constante de infiltração (mmh <sup>-1</sup> )	6,0	-	-	-	-	-
	Propriedades químicas					
C orgânico (kg kg <sup>-1</sup> )	4,0	3,0	2,0	1,0	1,0	-
N mineral (mg kg <sup>-1</sup> )	5,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0
P extraível (mg kg <sup>-1</sup> )	2,6	3,1	0,6	0,4	0,7	0,3
K trocável (mg kg <sup>-1</sup> )	96,0	80,0	49,0	61,0	42,0	57,0
Ca trocável (cmolc kg <sup>-1</sup> )	2,63	3,05	0,68	0,45	0,72	0,29
Mg trocável (cmolc kg <sup>-1</sup> )	2,17	2,33	0,78	0,68	0,7	0,31
Al trocável (cmolc kg <sup>-1</sup> )	2,27	3,47	5,89	6,52	3,96	4,68
pH H <sub>2</sub> O (1:1)	5,7	5,2	4,9	4,5	4,1	4,0

Fonte: Guadagnin, (2003).

### 3.2 HISTÓRICO DE CULTIVO E MANEJO DO SOLO NOS TRATAMENTOS ANTES DA CONVERSÃO DE MANEJO

Inicialmente, em outubro de 1988 foram executadas duas arações e duas gradagens na área para correção da acidez do solo com calcário dolomítico, para elevar o pH do solo a 6,0, e assim, iniciar a pesquisa em erosão hídrica. Entre novembro de 1991 a outubro de 1992, não houve avaliações na área. Entre 1993 e 2012, foram avaliadas continuamente as perdas de solo e água por erosão hídrica, em experimento conduzido em campo na condição de chuva natural, em diferentes situações de uso e manejo do solo (SCHICK, 2014).

Em março de 2012, antes da semeadura da cultura de inverno o solo foi corrigido novamente de forma a elevar o pH em água para 6,0. Entre outubro de 2012 e setembro de 2014 fez-se uma nova pesquisa com aplicação de dejetos líquidos de suínos

(BANDEIRA, 2015). Nessa pesquisa, com duração de dois anos, onde foram aplicados  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  do dejetos em cada unidade experimental. Ao longo desse período desde a implantação do experimento, foi cultivada uma rotação com aveia preta (*Avena strigosa*), soja (*Glycine max*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*), milho (*Zea mays*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e feijão preto (*Phaseolus vulgaris*), em todos os tratamentos.

Até o final do cultivo de primavera/verão de 2014-2015 (abril de 2015), cada um dos tratamentos consistia em: semeadura direta, sem mobilização do solo (SD); cultivo mínimo com uma escarificação + uma gradagem (CM); preparo convencional com uma aração + duas gradagens (PC); e solo sem cultivo e descoberto preparado com uma aração + duas gradagens (manejo padrão para determinar o fator de erodibilidade do solo – fator K pelo modelo Equação Universal de Perda de Solo – USLE e Equação Universal de Perda de Solo Revisada - RUSLE). Em abril de 2015, ao iniciar o cultivo de outono/inverno, foi realizada a conversão dos manejos CM, PC e SC que até então haviam sido conduzidos, para a condição de SD. Esses tratamentos passaram a se diferenciar um dos outros pelo efeito residual do manejo anterior a essa conversão. Assim, após a conversão os tratamentos passaram a denominar-se do seguinte modo: a SD continuou com esse mesmo manejo (SD/SD); o cultivo mínimo converteu-se em SD (CM/SD); o PC converteu em SD (PC/SD); e o SC também foi convertido em SD (SC/SD). Imediatamente antes da conversão de manejo efetuou-se a correção de acidez do solo com aplicação de calcário dolomítico (PRNT 80%) para elevar o pH a 6,0 (CQFS RS/SC, 2004) e adubação para corrigir os teores de P com uso de superfosfato triplo (41%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e de K com cloreto de potássio (58%  $\text{K}_2\text{O}$ ), sendo a quantidade de fertilizantes aplicados de acordo com as recomendações de CQFS RS/SC (2004). O calcário e os fertilizantes foram adicionados ao solo mediante a realização do preparo de cada tratamento anterior à transição do manejo para semeadura direta (WOLSCHICK, 2018). O período após a conversão de manejo estendeu-se até abril de 2021, finalizando com o cultivo de primavera/verão de 2020-2021. A partir desse cultivo iniciou-se a presente pesquisa, com o cultivo de outono/inverso de 2021, estendendo-se até o final do cultivo de primavera/verão de 2022-2023, em maio de 2023.

### 3.3 HISTÓRICO DE CULTIVO E MANEJO DO SOLO NOS TRATAMENTOS APÓS A CONVERSÃO DE MANEJO

Durante o outono/inverno de cada ano, os tratamentos foram cultivados com um consórcio de espécies destinadas para cobertura do solo, utilizando um consórcio de inverno com: aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca comum, na densidade de semeadura respectivamente de 30, 10 e 40 kg ha<sup>-1</sup> (WOLSCHICK, *et al.* 2016). A semeadura foi realizada de forma manual, a lanço. Nos cultivos de primavera/verão o milho (*Zea mays*) foi semeado com densidade de 60 mil sementes ha<sup>-1</sup>, com auxílio de semeadora manual (matraca), espaçadas entre linhas de 87,5 cm, como mostra a figura 2 (WOLSCHICK, 2018).

A adubação foi realizada de acordo com a necessidade das culturas, com aplicação de P, na forma de superfosfato triplo (41% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na dose de 350 kg ha<sup>-1</sup> e para o K, na forma de cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O), na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> (CQFS RS/SC, 2004). Para o milho a fertilização com N na forma de Ureia (46% N) é efetuada em duas etapas, sendo a primeira no momento da semeadura e a segunda na fase de quatro folhas expandidas (V4), nas doses de 35 e 195 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O controle de plantas invasoras é realizado manualmente ou quimicamente, dependendo do grau de infestação.

### 3.4 UNIDADE EXPERIMENTAL, OU PARCELA, E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O experimento foi conduzido em unidades experimentais de 3,5 x 22,1 m (77,35 m<sup>2</sup>), em duas parcelas (repetições) por tratamento. As parcelas são delimitadas por chapas galvanizadas nas laterais e extremidade superior e por calhas coletoras de enxurrada na sua extremidade inferior, as quais estão conectadas a canos de PVC que conduzem a enxurrada até os pontos de coleta situados 6 m abaixo das parcelas. Há um primeiro tanque, de sedimentação, com capacidade aproximada de 750 L. Este, por sua vez, está ligado, através de um divisor de enxurrada tipo “Geib”, a um segundo tanque, de armazenagem, também com capacidade aproximada de 750 L. O divisor “Geib” permite a passagem de 1/9 da enxurrada do primeiro para o segundo tanque.

### 3.5 PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAR A EROÇÃO HÍDRICA PLUVIAL

Para se considerar chuva erosiva, o volume de um evento de chuva deve ser igual ou maior que 10 mm em 24 horas, ou maior ou igual a 6 mm em um período igual ou inferior a 15 minutos, de acordo com as definições propostas por Wischmeier e Smith (1958), modificado por Cabeda (1976). Para isso, um pluviômetro localizado na estação meteorológica do campus, coleta e quantifica a altura das chuvas.

As coletas e as quantificações da erosão hídrica foram realizadas entre abril de 2021 e março de 2023, considerando as chuvas erosivas, seguindo a metodologia descrita em Bertol *et al.* (2019). Após a ocorrência de cada evento de chuva erosiva se registrou as alturas de enxurrada dentro dos tanques, com auxílio de régua graduada (Figura 2). O produto da altura de enxurrada dentro dos tanques pela área dos tanques fornece o volume de enxurrada. Em seguida, os sedimentos contidos na enxurrada eram homogeneizados, para realização da coleta.

Figura 2 - Momento de leitura da altura de enxurrada no tanque de sedimentação com auxílio da régua graduada(a) e de coleta de amostras de enxurrada para posterior cálculo da perda de solo(b).



(a)

(b)

Fonte: Schick (2014).

As amostras de enxurrada foram coletadas utilizando-se frascos de vidro numerados, com capacidade de 300 ml, com duas repetições por tanque. Em laboratório, com a pesagem destas amostras se determinou a concentração de sedimentos na enxurrada e a massa de sedimentos existentes na suspensão. Com a finalidade de precipitar os sedimentos em suspensão nos vidros, adicionava-se de 3 a 5 gotas de ácido clorídrico (2,5 N) em cada frasco contendo a enxurrada. O sobrenadante era retirado de dentro dos frascos após 48 horas, sifonando-os e deixando-se uma lâmina de cerca de 1 cm de água

sobre os sedimentos. Os frascos eram levados à estufa com circulação de ar, a 55° C, até atingir massa constante, para realização da pesagem.

A partir das amostras de sedimentos secos nos frascos de vidro, calculou-se a massa de solo contida em suspensão nos tanques, relacionando com o volume de enxurrada dos tanques. Estes valores adicionados aos de massa de solo seco e volume de água contido nos sedimentos, permitiu obter as perdas totais de solo que ocorreram em cada chuva. O procedimento para a coleta e processamento das amostras de suspensão para o cálculo das perdas de solo e água segue a metodologia descrita em Bertol *et al.* (2019).

Os dados de perda de solo foram ajustados para a declividade padrão da USLE, ou seja, 0,09 m m<sup>-1</sup>, por meio do fator grau de declive, conforme proposto por Wischmeier & Smith (1978).

### 3.6 ESTIMATIVA DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

A infiltração de água no solo significa a entrada da água através das superfícies do solo (CASTRO *et al.*, 2006). Infiltração é uma característica do solo, portanto depende essencialmente do tipo de solo (KLEIN *et al.*, 2014), podendo ser influenciada pelo sistema de manejo, principalmente pelo preparo mecânico, e pela intensidade e duração da chuva (Bertol *et al.*, 2015). A qualidade física dos agregados no solo pode servir para avaliação da infiltração, portanto as espécies vegetais, solteiras ou em consórcio, e em monocultivo, sucessão ou rotação, também podem influenciar (BERTOL *et al.*, 2007).

A infiltração de água no solo deve ser idealmente determinada, sob condições de chuva simulada ou de chuva natural. No caso de ser determinada sob chuva simulada, é possível determinar, instantaneamente, a duração, volume e intensidade para cada chuva individual e para um conjunto de chuvas. No caso da chuva natural, normalmente é não é determinado seu volume total, individual ou para um conjunto de chuvas. Nesses casos registra-se o volume de chuva e determina-se o volume de enxurrada. Assim, por diferença estima-se infiltração de água. Essa diferença entre o volume de chuva e o volume de enxurrada, assumindo-se que o volume de interceptação e de retenção de água na superfície do solo somam-se ao volume de escoamento.

No caso da presente pesquisa calculou-se a diferença entre o volume de chuva e o volume de enxurrada para cada evento de coleta dos dados no campo, o que resultou no volume estimado de infiltração de água no solo.

### 3.7 AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO VEGETAL

A coleta da massa vegetal da parte aérea das plantas invernais (mix de aveia preta, ervilhaca e nabo forrageiro) foi realizada quando as plantas atingiram o pleno florescimento. A área de coleta foi delimitada por uma armação de 0,6 m x 0,6 m (0,36 m<sup>2</sup>), onde se efetuou o corte rente ao solo de todo o material vegetal, para quantificar a produção de massa seca da parte aérea. Para isso, foi coletada toda a massa vegetal em dois pontos (superior e inferior) de cada parcela. Em seguida o material foi levado à estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 40°C até atingir peso constante para quantificação da massa seca. Na cultura do milho foram coletadas aleatoriamente cinco plantas das fileiras centrais. As espigas retiradas foram separadas da parte aérea e debulhadas manualmente para determinação da produção do rendimento de grãos. As plantas e as espigas também foram secas em estufa de circulação de ar a uma temperatura de 40°C, até peso constante.

### 3.8 TRATAMENTO E FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de produção de massa seca da parte aérea das culturas, de grãos de milho e de perdas de solo e água foram apresentados em valores absolutos, em tabelas. Para esses dados foram calculados os valores de desvio padrão e de coeficiente de variação, entre ciclos de cultivo para cada um dos tratamentos e entre tratamentos para cada um dos ciclos de cultivo. Também em tabelas, foram apresentados os dados relativos de perdas de solo e de água. Para isso, dividiram-se os valores de perda de solo pelos de volume de chuva e os valores de perda de água pelos de volume de chuva, também com desvio padrão e coeficiente de variação, entre tratamentos e entre ciclos de cultivo.

O delineamento experimental utilizado neste trabalho foi o inteiramente casualizado, com duas repetições por tratamento. Realizou-se a análise descritiva dos dados de perda de solo, perda de água e infiltração de água no solo. Para a produtividade das culturas, os dados foram analisados utilizando o programa SISVAR para análise de

variância e, quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Além disso, regressões foram realizadas entre alguns dados. O modelo de regressão linear simples e complexa do tipo  $Y = a + bX$  foi ajustado entre os dados de infiltração de água no solo e altura da chuva. Para as variáveis, perda de solo e perda de água, entre perda de solo e entre altura da chuva, entre perda de água e altura da chuva, os valores relativos entre perda de solo e perda de água, entre perda de solo/perda de água e altura da chuva, entre perda de água/altura da chuva e altura da chuva, foi ajustado com modelo de regressão exponencial  $y = ae^{-bx}$ . Isso foi realizado para cada tratamento individualmente, utilizando dados que representavam a média dos ciclos de cultivo e das repetições. Esse modelo linear foi também ajustado aos dados de infiltração de água no solo e volume de chuva, utilizando valores individuais de cada evento de coleta, de cada ciclo de cultivo e de cada repetição. Ainda, o mesmo modelo linear foi ajustado aos dados relativos. Relacionaram-se os valores de perda de solo/volume de chuva com os de volume de chuva e os valores de perda de água/volume de chuva com os de volume de chuva. Assim, a discussão dos resultados foi realizada com base na diferença numérica entre os tratamentos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PRODUÇÃO VEGETAL

#### 4.1.1 Massa seca de parte aérea das culturas e produtividade de grãos do milho

A massa seca da parte aérea (MSPA) do cultivo consorciado de aveia, ervilhaca e nabo forrageiro no período de outono/inverno apresentou diferentes valores entre tratamentos (Tabela 2).

Entre os anos de cultivo, a produção de massa seca de parte aérea das plantas de cobertura foi maior em 2022 com valores de 4800, 4900, 2200 e 1400 respectivamente aos tratamentos SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD (Tabela 2). Segundo Rodrigues *et al.* (2011), essa diferença pode ser explicada pela variação climática na produtividade das culturas, principalmente a variação da temperatura e umidade.

Diferentes culturas podem apresentar a variação na sensibilidade, devido as mudanças na temperatura e na precipitação, o que pode influenciar na redução da produção (KRISHNAHN *et al.*,2007; POUDEL e KOTANI,2013). De modo geral os valores de (MSPA) oscilaram entre 1000 e 4900 kg ha<sup>-1</sup> nos dois ciclos de cultivos consecutivos, mas houve diferença significativa entre os tratamentos, onde o CM/SD SD/SD foi mais eficiente com 4400 e 4900 kg ha<sup>-1</sup> em 2021 e 2022 respectivamente em seguida SD/SD com 4200 e 4800 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Com a maior diferença encontrada em dois anos, o tratamento SC/SD foi inferior aos demais tratamentos, portanto, o tratamento com menor eficiência foi SC/SD com 1000 e 1400 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). O efeito residual ainda persiste na produção de massa seca de parte aérea, com destaque para o tratamento CM/SD que foi maior em relação ao SD/SD, o revolvimento do solo feito anteriormente pode ser um dos fatores dessa diferença, e por plantio direto não ter nenhuma manutenção.

Tabela 2 - Massa seca da parte aérea produzida pelo cultivo consorciado de ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta, em cada tratamento para os ciclos de cultivo de 2021 e 2022.

Tratamento	Outono/inverno 2021	Outono/inverno 2022
	.....kg ha <sup>-1</sup> .....	
SD/SD	4200 B	4800 B
CM/SD	4400 A	4900 A
PC/SD	2000 C	2200 C
SC/SD	1000 D	1400 D
Média	2900	3325
Desvio Padrão	1669	1791
Coefficiente de variação (%)	57	53

Nota: SD/SD: semeadura direta implantada após semeadura direta sem preparo prévio; CM/SD: semeadura direta implantada após cultivo mínimo; PC/SD: semeadura direta implantada após preparo convencional; e SC/SD: semeadura direta implantada após solo descoberto e sem cultivo. \*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A produtividade de massa seca da parte aérea (MSPA) do cultivo consorciado de ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta no período de outono/inverno, em cada tratamento para épocas de cultivo de 2015 a 2018; 2018 a 2021 e 2021 a 2023, apresentaram variações entre os tratamentos ao longo dos ciclos de cultivo (Tabela 3), com 5665 e 5448 kg ha<sup>-1</sup> 2015 a 2018, respectivamente para tratamentos SD/SD e CM/SD (WOLSCHICK, 2018), nos anos 2018 a 2021, as médias foram de 4604 e 4998 kg ha<sup>-1</sup> para os tratamentos SD/SD e CM/SD ( PRAZERES, 2021) enquanto que nos anos 2021 a 2023 as médias foram de 4500 e 4650 kg ha<sup>-1</sup> , respectivamente para os tratamentos SD/SD e CM/SD (Tabela 3).

Na média geral dos anos ocorreu uma queda de produtividade nos cultivos de outono/inverno, com média de 5956 kg ha<sup>-1</sup> após três anos de conversão de manejo para semeadura direta SD (WOLSCHICK, 2018), 1714 kg ha<sup>-1</sup> a mais que o observado nesta pesquisa, que em dois ciclos de cultivo obteve uma média de 3113 kg ha<sup>-1</sup> de MSPA (Tabela 3).

Nos anos 2018 a 2021 houve uma diminuição, comparada a pesquisa antecedente nos mesmos cultivos com média de 4078 kg ha<sup>-1</sup> após 6 anos de conversão de manejo para SD (PRAZERES, 2021), 965 kg ha<sup>-1</sup> a mais que obtido durante essa pesquisa, entre os anos 2015 a 2018 a diferença média encontrada entre tratamentos, SC/SD e SD/SD

(testemunha) era de 2639 kg ha<sup>-1</sup>, essa diferença diminuiu para 2163 kg ha<sup>-1</sup> na média de três anos seguintes (2018 a 2021), portanto nessa pesquisa a diferença entre aos tratamentos SD/SD e SC/SD foi de 3300 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3).

Tabela 3 - Massa seca da parte aérea produzida pelo cultivo consorciado de ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta, em cada tratamento para os ciclos de cultivo de 2015 a 2018, 2018 a 2021 e 2021 a 2023.

Época	Tratamento					DP	CV (%)
	SD/SD	CM/SD	PC/SD	SC/SD			
	----- kg ha <sup>1</sup> -----						
2015 a 2018	5665	5448	4555	3477	996	20	
2018 a 2021	4604	4998	4267	2441	1131	27	
2021 a 2023	4500	4650	2100	1200	1729	55	
Média	5135	5223	3641	2959	1121	5	
Desvio padrão	537	340	976	1161	380	-	
Coefficiente de variação (%)	10	7	32	26	-	-	

Nota: SD/SD: semeadura direta implantada após semeadura direta sem preparo prévio; CM/SD: semeadura direta implantada após cultivo mínimo; PC/SD: semeadura direta implantada após preparo convencional; e SC/SD: semeadura direta implantada após solo descoberto e sem cultivo; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A produção de (MSPA) de milho seguiu a mesma tendência observada para o cultivo consorciado de aveia, ervilhaca e nabo forrageiro no outono/inverno, o ciclo de cultivo de 2021/2022, houve diferença estatística entre CM/SD e os tratamentos SD/SD, PC/SD e SC/SD, com diferença 5400, 5200, 2700 e 2500 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Tabela 4).

Os valores de produtividade de grãos (PG) de milho estão descritos na (Tabela 4) o tratamento CM/SD apresentou o maior valor em relação a SD/SD (testemunha), isso pode ser justificado devido a mudança de manejo o solo voltou a sua condição normal, e manteve sua capacidade produtiva. Com o mesmo tipo de solo (SD) empregado igualmente em todos os tratamentos, a diferença média de PG (Tabela 4).

Na mesma área experimental, PRAZERES (2021) obteve 7847 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de milho em SD/SD, 6281kg ha<sup>-1</sup> em CM/SD e 4537 kg ha<sup>-1</sup> em PC/SD, na média, em 3 ciclos de cultivos.

Tabela 4 - Massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos (PG) de milho, em cada tratamento para o ciclo de cultivos 2021/2022 e 2022/2023 (média das repetições).

	Primavera/verão		Primavera/verão	
	2021/2022		2022/2023	
	MSPA Milho	PG Milho	MSPA Milho	PG Milho
	(kg ha <sup>-1</sup> )			
SD/SD	5200 B	7320 B	6500 A	5100 A
CM/SD	5400 A	7680 A	4800 B	3700 B
PC/SD	2700 C	3720 C	3300 D	2800 D
SC/SD	2500 D	3360 D	3400 C	3800 C
Média	3950	5500	4500	3850
Desvio Padrão	1563	2296	1499	947

Nota: SD/SD: semeadura direta implantada após semeadura direta sem preparo prévio; CM/SD: semeadura direta implantada após cultivo mínimo; PC/SD: semeadura direta implantada após preparo convencional; e SC/SD: semeadura direta implantada após solo descoberto e sem cultivo. \*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

No verão, a produção de (MSPA) de milho foi maior nos anos 2018 a 2021 em todos os tratamentos foram 2 vezes maiores em relação ao ano de 2015 a 2018 após a mudança de manejo, PRAZERES (2021) e WOLSCHICK (2018).

Em 2021 a 2023 8 anos após mudança de manejo a produção de (MSPA) no verão foi inferior em relação à pesquisa anteriores produziu (MSPA), 6 vezes menor em relação a anos anteriores, em destaque a diferença numérica entre esses dois tratamentos de SD/SD E SC/SD foi de 9645 kg ha<sup>-1</sup> e 6265 kg ha<sup>-1</sup> entre os anos 2015 e 2018, (WOLSCHICK, 2018).

Nos anos 2018 e 2021 foi de 14996 kg ha<sup>-1</sup> e 8082 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para os tratamentos SD/SD e SC/SD, (PRAZERES, 2021); entretanto entre os anos 2021 e 2023 foram de 5850 kg ha<sup>-1</sup> e 2950 kg ha<sup>-1</sup>, (Tabela 5).

Isso significa que o solo apresentou baixa resiliência no SC/SD, após ser mantido sem cultivo e submetido a um longo período (27 anos) de degradação por erosão (Schick *et al.*, 2017).

Em geral, nos tratamentos com histórico de manejo conservacionista do solo (SD/SD e SC/SD), a produção de (MSPA) da mistura de cobertura no inverno e do milho no verão foi superior aos manejos não conservacionistas do solo (PC/SD e SC/SD) em todos os anos de pesquisa, (Tabela 5).

O milho tem uma capacidade muito alta de produzir Biomassa no verão isso ajuda na recuperação de solos degradados, Wolschick *et al.* (2016).

Tabela 5 - Massa seca da parte aérea de milho, em cada tratamento para o ciclo de cultivos 2015 a 2018, 2018 a 2021 e 2021 a 2023 (média das repetições).

Época	Tratamento				DP	CV (%)
	SD/SD	CM/SD	PC/SD	SC/SD		
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
2015 a 2018	9645	9302	7310	6265	1614	20
2018 a 2021	14996	14391	8970	8082	3588	31
2021 a 2023	5850	5100	3000	2950	1476	34
Média	10164	9598	6427	5766	2214	28
Desvio padrão	3752	3799	2516	2125	-	-
Coefficiente variação (%)	37	40	48	37	-	-

Nota: SD/SD: semeadura direta implantada após semeadura direta sem preparo prévio; CM/SD: semeadura direta implantada após cultivo mínimo; PC/SD: semeadura direta implantada após preparo convencional; e SC/SD: semeadura direta implantada após solo descoberto e sem cultivo; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

As produtividades de grãos de milho (PG) obtidas em 8 anos de pesquisas são apresentadas na (Tabela 6).

No verão, a produção de PG de milho seguiu a mesma tendencia (Tabela 6), destacando os tratamentos SD/SD e SC/SD foi de 9580 kg ha<sup>-1</sup> e 6791 kg ha<sup>-1</sup> entre os anos 2015 e 2018, (WOLSCHICK, 2018).

Já nos anos 2018 e 2021 produtividade de grão foi de 7847 kg ha<sup>-1</sup> e 3415 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente para os tratamentos SD/SD e SC/SD, (PRAZERES, 2021), demonstrando a variação na produtividade de grão, ou seja, uma redução em relação à pesquisa anterior. Em 2021 a 2023 os valores para os tratamentos SD/SD e SC/SD foram de 5850 e 2950 respectivamente, (Tabela 6).

Com diferença que nos tratamentos CM/SD, PC/SD e SC/SD foram maiores nos anos de 2015 a 2018, 10001 kg ha<sup>-1</sup>, 7461 kg ha<sup>-1</sup> e 6791 kg ha<sup>-1</sup>; para 2018 a 2021 foram de 6281 kg ha<sup>-1</sup>, 4537 kg ha<sup>-1</sup>, 3415 kg ha<sup>-1</sup>, WOLSCHICK (2018) e PRAZERES (2021).

Na pesquisa decorrente os valores para os tratamentos CM/SD, PC/SD e SC/SD foram de 5100 kg ha<sup>-1</sup>, 3.000 kg ha<sup>-1</sup> e 2950 kg ha<sup>-1</sup>, (Tabela 6), quanto maior for a degradação física e química pela erosão hídrica pluvial (EHP) o solo estiver, mas tempo

será necessário para que haja a sua recuperação para obter sua capacidade produtiva eficaz, (WOLSCHICK, 2018).

Tabela 6 - Produtividade de grãos de milho, em cada tratamento para o ciclo de cultivos 2015 a 2018, 2018 a 2021 e 2021 a 2023 (média das repetições).

Época	Tratamento					
	SD/SD	CM/SD	PC/SD	SC/SD	DP	CV (%)
	----- kg ha <sup>1</sup> -----					
2015 a 2018	9580	10001	7461	6791	1614	20
2018 a 2021	7847	6281	4537	3415	1513	31
2021 a 2023	5850	5100	3000	2950	1476	35
Média	10164	9598	6427	5766	2214	28
Desvio padrão	3752	3799	2516	2125	-	-
Coefficiente de variação (%)	37	40	48	37	-	-

Nota: SD/SD: semeadura direta implantada após semeadura direta sem preparo prévio; CM/SD: semeadura direta implantada após cultivo mínimo; PC/SD: semeadura direta implantada após preparo convencional; e SC/SD: semeadura direta implantada após solo descoberto e sem cultivo; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

## 4.2 EROSAO HÍDRICA PLUVIAL

Após dois anos de avaliação, os dados de perdas de solo (PS), perdas de água (PA) e infiltração foram agrupados por ciclo de cultivo, com os valores totais e as médias referentes a cada tratamento.

### 4.2.1 Perdas de solo

Os resultados apresentados na tabela 4 evidenciam o efeito da cobertura vegetal na redução da EH, no entanto, a diferença das PS entre tratamentos ainda é persistente, totalizando 321 kg ha<sup>-1</sup> para SD/SD, 494 kg ha<sup>-1</sup> para CM/SD, 466 kg ha<sup>-1</sup> para PC/SD e 538 kg ha<sup>-1</sup> para SC/SD. WOLSCHICK (2018) e PRAZERES (2021) também obtiveram valores diferenciados entre tratamentos, mesmo com manejos homogêneos na área (Tabela7). As espécies vegetais utilizadas nos tratamentos influenciaram o comportamento da EHP pelo efeito das raízes no solo. As raízes por si melhoram a estrutura do solo, conseqüentemente aumentando a resistência ao sulcamento, dissipando, em parte, a energia cinética do escoamento superficial (AMARAL *et al.*, 2008).

Após quatro ciclos de cultivo as PS diminuíram em todos os tratamentos, no primeiro ciclo de cultivo, a diferença entre o tratamento SD/SD e SC/SD era de 4 vezes,

e ao final do último ciclo essa diferença reduziu para 3 vezes. No primeiro ano agrícola de conversão de manejos para SD na área, WOLSCHICK (2018) obteve uma diferença de PS de 15 vezes entre SD/SD e SC/SD, utilizado o mesmo consórcio de aveia, nabo forrageiro e ervilhaca no período de outono/inverno e milho no verão. Após seis anos de conversão de manejos para SD na mesma área, PRAZERES (2021) encontrou a mesma diferença entre tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores de altura de chuva (AC) e de perdas de solo, por ciclo de cultivo e totais no período de 2021 a 2023, em um Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de duas repetições).

Ciclo de cultivo	AC (mm)	Tratamento			
		SD/SD	CM/SD	PC/SD	SC/SD
		Perdas de solo (kg ha <sup>-1</sup> )			
26/04/2021 a 22/12/2021	772	27	117	128	111
27/01/2022 a 20/04/2022	399	20	33	47	120
06/05/2022 a 18/11/2022	988	250	295	239	228
06/12/2022 a 03/04/2023	679	24	50	52	79
Total	2838	321	494	466	538
Média	710	80	124	117	135
Desvio padrão	244	113	120	90	65
Coeficiente de variação (%)	34	14	2	13	35
Média de 2015 a 2017 <sup>(1)</sup>	621	67	248	561	691
Média de 2018 a 2021 <sup>(2)</sup>	582	34	66	155	242
Média de 1993 a 2012 <sup>(3)</sup>	-	410	1000	3200	42640

Nota: SD/SD: semeadura direta implantada após semeadura direta sem preparo prévio; CM/SD: semeadura direta implantada após cultivo mínimo; PC/SD: semeadura direta implantada após preparo convencional; e SC/SD: semeadura direta implantada após solo descoberto e sem cultivo. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023. <sup>(1)</sup>(WOLSCHICK, 2018); <sup>(2)</sup>(PRAZERES, 2021); <sup>(3)</sup>(SCHICK, 2014; SCHICK *et al.*, 2017)

As modificações temporais das taxas de escoamento da água e das PS causadas pela mudança de PC do solo para sistema SD, em experimento de muitos anos (LANZANOVA *et al.*, 2013).

Os resultados evidenciam que o preparo do solo provocou aumento de EHP, mesmos após três anos de mudança de manejo, mostrou que uso de culturas de cobertura de inverno, acabou gerando uma estabilização do solo, conseqüentemente redução de perda de solo e de água, no primeiro ano da pesquisa, um dos fatores mais importante é a cobertura do solo por resíduos vegetais, funcionando como proteção de impacto da gota da chuva na superfície do solo (FOSTER, 1982).

As espécies de cobertura na superfície do solo proporcionaram mais de 98% de cobertura do solo em todos os tratamentos, a melhoria na estabilidade estrutural do solo se deve aos usos de plantas de cobertura antes de plantação de milho, devido as características de sistema radicular das gramíneas e a sua taxa de decomposição baixa. (CAMPOS *et al.*, 1999).

#### 4.2.2 Perdas de água

As perdas de água por ciclo de cultivo nos diferentes tratamentos e dados de pesquisas anteriores do mesmo experimento na tabela 8. De modo geral as perdas de água variaram entre os ciclos de cultivos em todos os tratamentos (Tabela 8), esse comportamento ocorre devido as variações existentes, entre as épocas em relação aos padrões de precipitação, o intervalo de ocorrência de chuvas, tipo de estágio de culturas (HERNANI *et al.*,1997); (SCHICK *et al.*,2000); (COGO *et al.*,2003) e (BEUTLER *et al.*,2003) também constaram as mesmas variações. As maiores perdas de água entre os ciclos avaliadas em dois anos foram no tratamento SC/SD que apresentou uma média de 80 mm (Tabela 8), esse comportamento pode ser explicado em função do preparo do solo realizado no tratamento, e a ausência de cobertura que favorece o escoamento superficial.

Com aumento da desagregação o selamento superficial é favorecido, assim a infiltração do solo diminui, aumentando o volume e a velocidade da enxurrada. No tratamento com PC/SD ouve uma diminuição para 70mm em relação ao SC/SD (Tabela 8), a presença das culturas de cobertura pode ser explicada essa redução na perda de água, à medida que for diminuindo os preparos realizados antes da mudança de manejo, as PA diminuem nos tratamentos, foi verificado por diversos autores (BERTOL *et al.*, 1997; HERNANI *et al.*, 1997; SCHICK *et al.*, 2000; BEUTLER *et al.*, 2003; MELLO *et al.*, 2003; LEITE *et al.*, 2004; BERTOL *et al.*, 2008b; PANACHUKI *et al.*, 2011). A menor desagregação do solo, a manutenção da capacidade de infiltração do solo, cobertura vegetal pode explicar esse comportamento. Os tratamentos conservacionistas (SD/SD e CM/SD) apresentaram baixa quantidade de perda de água nos tratamentos e nos ciclos de cultivo com média de 51 e 65 mm respectivamente em comparação com o tratamento SC/SD, com maior eficiência no tratamento SD/SD (Tabela 8).

No entanto, os valores de PA observados foram inferiores à média histórica apresentada por Schick *et al.* (2017), que observaram perdas de 124; 206; 327 e 512 mm, para os tratamentos correspondentes a SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD. Wolschick

(2018) observou redução das PA ao final do terceiro ano de conversão de manejos para SD, com PA em 70, 74, 88, e 97 mm para os tratamentos SD/SD, RP/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD. Prazeres (2021) seguiu a mesma tendência com a diminuição de PA em 67, 70, 84 e 95 mm respectivamente (Tabela 8). Mesmo com preparos utilizados anteriormente, o solo ele tem capacidade finita de infiltração de água, a qual a taxa de enxurrada tende a se igualar (BERTOL *et al.*, 2007).

Tabela 8 - Valores de altura de chuvas erosivas (AC) e de perdas de água observadas no período de 2021 a 2023 em um Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de duas repetições).

Ciclo de cultivo	Altura (mm)	Tratamentos			
		SD/SD	CM/SD	PC/SD	SC/SD
		Perdas de água (mm)			
26/04/2021 a 22/12/2021	772	43	58	69	69
27/01/2022 a 20/04/2022	399	14	18	16	23
06/05/2022 a 18/11/2022	988	120	140	142	161
06/12/2022 a 03/04/2023	679	30	46	52	65
Total	2838	207	262	279	318
Média	710	51	65	70	80
D.P.	211	47	52	62	49
C.V.%	30	3	6	6	13
Média 2015 a 2017 <sup>(1)</sup>	621	70	74	88	97
Média 2018 a 2021 <sup>(2)</sup>	582	67	70	84	95
Média de 1993 a 2012 <sup>(3)</sup>	1.349	124	206	327	512

Nota: SD/SD: semeadura direta implantada após semeadura direta sem preparo prévio; CM/SD: semeadura direta implantada após cultivo mínimo; PC/SD: semeadura direta implantada após preparo convencional; e SC/SD: semeadura direta implantada após solo descoberto e sem cultivo. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023. <sup>(1)</sup>(WOLSCHICK, 2018); <sup>(2)</sup>(PRAZERES, 2021); <sup>(3)</sup>(SCHICK, 2014; SCHICK *et al.*, 2017).

Taxa constate foi considerado de 6,6mm h<sup>-1</sup> de, por meio de chuva simulada em cambissolo húmico, mas a infiltração varia com o tipo de solo. Os fatores que influencia na PA é a umidade do solo no ato da chuva, pois se o solo se encontra na saturação por causas de eventos anteriores pode perder mais de 75% de água através de escoamento superficial (BERTOL *et al.*, 2015)

As PA, em geral, são menos afetadas do que as PS pelos sistemas de preparo e manejo utilizados (COGO *et al.*, 1984; BERTOL *et al.*, 1997).

A menor eficácia da SD no controle das PA, comparada à PS, deve-se ao fato de que, independentemente do tipo de preparo utilizado, o solo apresenta capacidade finita

de infiltração de água, a partir da qual a taxa de enxurrada tende a se igualar em diferentes tipos de preparo (BERTOL *et al.*, 2007).

#### 4.3 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

A importância da manutenção da cobertura do solo com quantidades elevadas de resíduo vegetal para preservar as propriedades físicas e impedir a formação de selamento superficial, é uma das principais causas da diminuição da infiltração de água no solo (SOBRINHO *et al.*, 2003). Com alteração no solo principalmente do manejo, pode ser observado a diminuição da infiltração de água no solo, com isso o aumento de escoamento superficial e das perdas de água e solo (SCHICK *et al.*, 2017).

De acordo com Andrade *et al.* (2012) a maior infiltração de água ocorre na SD, onde a porosidade total é maior e a densidade menor, principalmente na superfície do solo, a maior taxa de infiltração acontece no SD/SD no primeiro ciclo de cultivo de 75 mm em seguida CM/SD e PC/SD com 73, no segundo, terceiro e quarto ciclo de cultivo seguiu a mesma tendência com maior taxa de infiltração na SD/SD de 193, 105 e 109 em relação a SC/SD sempre com menor taxa de infiltração com valores 70, 188, 101, 103. Panachuki *et al.* (2011) observaram também uma maior infiltração de água no CM. (Tabela 9).

O comportamento é explicado por não ter mais mobilização do solo, mantendo a cobertura do solo (Tabela 9), diminuindo a Erosividade, assim promovendo o rompimento de camada compactada e elevada rugosidade superficial do solo (GILLES *et al.*, 2009), presença de Barreiras físicas, diminuindo a velocidade de escoamento, melhoria nas propriedades físicas do solo e favorecendo a infiltração (Tabela 9). Os macroporos responsáveis pela aeração e contribuição na infiltração (REINERT; REICHERT, 2006). A presença de agregados maiores no solo, os espaços de poros entre eles aumentam a infiltração, conseqüentemente a diminuição da PS e PA no solo (BERTOL *et al.*, 2004).

Tabela 9 - Valores de altura de chuvas erosivas (AC) e valores estimados de infiltração de água no solo, entre 2021 e 2023 em um Cambissolo Húmico, em Lages – SC (média de duas repetições).

Ciclo de cultivo	Altura (mm)	Tratamentos			
		SD/SD	CM/SD	PC/SD	SC/SD
		Infiltração (mm)			
1(26/03/2021 a 22/12/2021)	772	75	73	73	70
2(27/01/2022 a 20/04/2022)	399	193	191	190	188
3(06/05/2022 a 18/11/2022)	988	101	103	102	105
4(06/12/2022 a 03/04/2023)	679	109	106	105	103
Total	2838	477	473	470	466
Média	710	109	106	105	105
Desvio padrão	244	152	151	150	149
Coeficiente de variação%	233	22	23	23	22

Nota: SD/SD: semeadura direta implantada após semeadura direta sem preparo prévio; CM/SD: semeadura direta implantada após cultivo mínimo; PC/SD: semeadura direta implantada após preparo convencional; e SC/SD: semeadura direta implantada após solo descoberto e sem cultivo. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

#### 4.4 RELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS

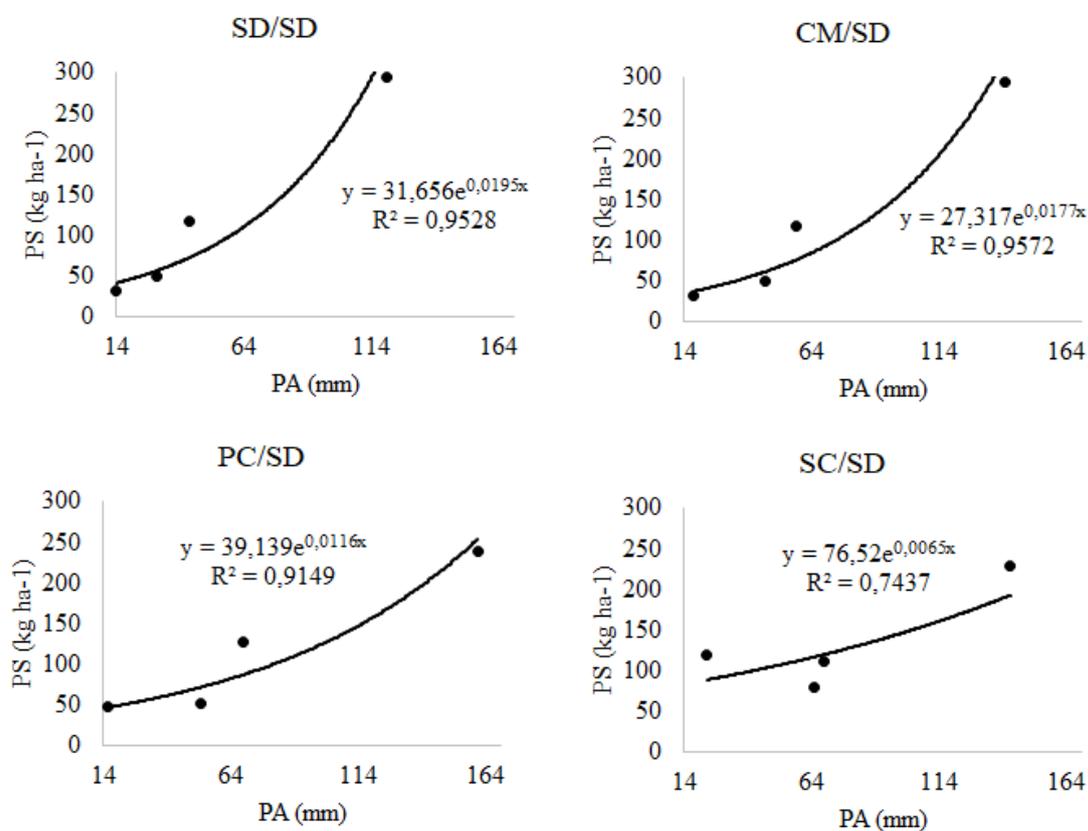
##### 4.4.1 Perda de solo x perda de água utilizando valores absolutos

Considerando as pesquisas recentes e o resultado obtido neste trabalho, expressa a importância de ajustar o fornecimento, da cobertura vegetal ao solo, através de culturas de cobertura, manutenção de resíduos, proporcionalmente nos períodos com maiores eventos de chuva (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Os 4 pontos dos gráficos correspondem aos 4 ciclos de cultivos, o ponto mais alto foi onde teve maiores volumes de chuvas, com a relação exponencial entre PS e PA para os tratamentos já historicamente considerados conservacionistas, SD/SD, CM/SD (Figura 3 SD/SD, CM/SD), com os seguintes coeficientes de determinação ( $R^2$ ) 0,95 e 0,95 mutuamente. Para Schick *et al.* (2000a), a semeadura direta é uma das formas mais resultantes no que concerne nas perdas. Já nos tratamentos com históricos menos conservacionistas o PC/SD (Figura 3) a relação entre os variáveis PS e PA resultou no ajuste de modelo exponencial tendo um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) 0,91 pode ser explicado que 8 anos após a conversão de manejo o solo se estabilizou, para o tratamento SC/SD foi modelo exponencial, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,74 evidenciando maior perda de solo por unidade

de perda de água isso em relação à o que ocorreu nos demais tratamentos, ( Figura 3 e  $R^2$  0,74), este comportamento distinto entre os tratamentos no qual Bertol e Almeida (2000) calcularam pode ser em função da profundidade do perfil desse Cambissolo, onde a tolerância de perda de solo é de 0,9 mm ao ano, proposto de critério da manutenção da capacidade produtiva do solo.

Estes tipos de solos são poucos desenvolvidos, demonstram características do material de origem, com indícios de minerais primários, mas definidos pela presença de horizonte B incipiente isso segundo os critérios estabelecido por SiBCS (Embrapa, 2006). Mesmo com 8 anos após a mudança de manejo nestes experimentos o efeito residual continua demonstrando de condução do experimento dessa magnitude, com isso entender as melhorias e as mudanças no uso do solo.

Figura 3 - Relação entre perda de solo (PS) e perda de água (PA), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), utilizando os valores absolutos (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC.

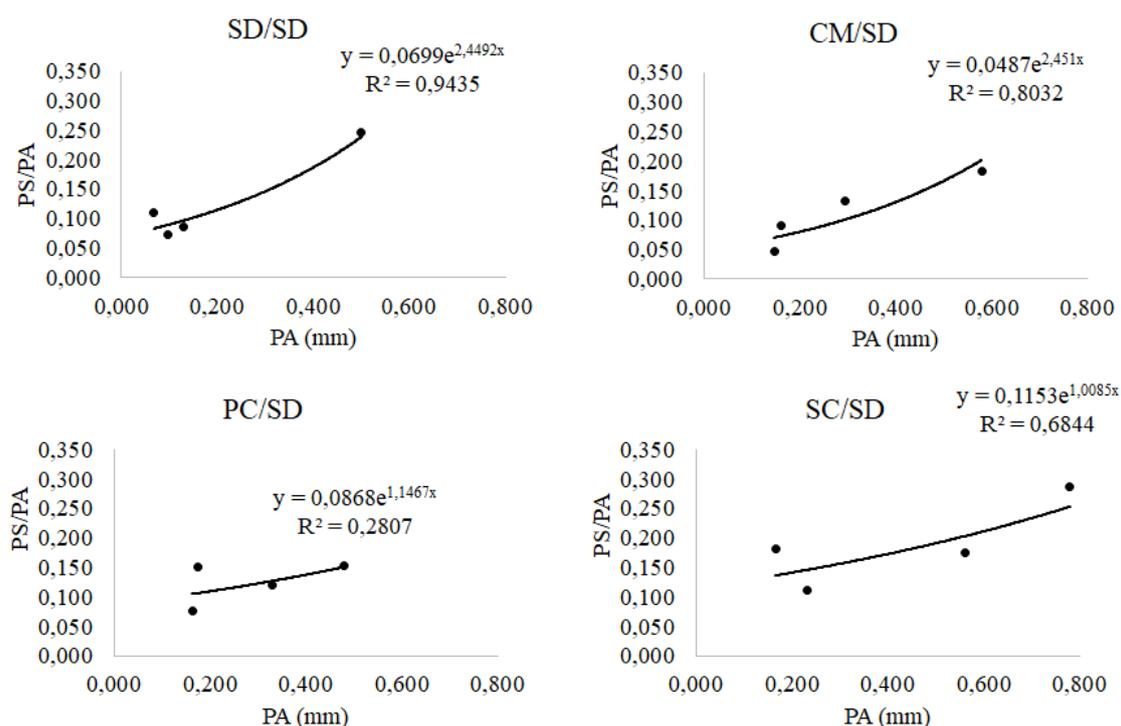


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

#### 4.4.2 Perda de solo x perda de água utilizando valores relativos

Suprimento da cobertura vegetal é de extrema importância principalmente em épocas de maiores chuvas (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Houve uma relação exponencial entre PS e PA com valores relativos para tratamentos com histórico conservacionista, SD/SD e CM/SD (Figura 4), obtendo-se coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de 0,94 e 0,80 respectivamente. Nos tratamentos SC/SD e PC/SD resultou num modelo exponencial convexa com determinação ( $R^2$ ) de 0,28 e 0,60 significando maior taxa de PS por unidade de PA através de escoamento superficial, em relação aos tratamentos com históricos mais conservacionistas (Figura 4).

Figura 4 - Relação entre perda de solo relativa (PS/PA) e perda de água (PA), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

#### 4.4.3 Perda de solo x altura de chuva utilizando valores absolutos

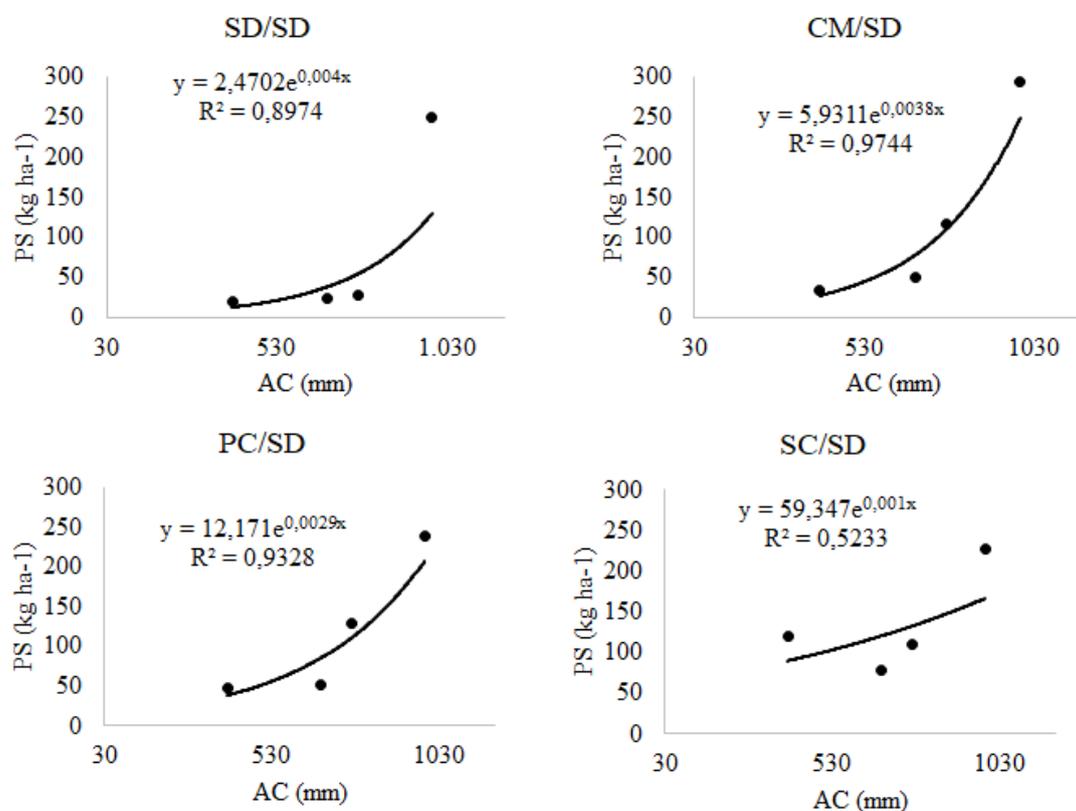
Houve clara tendência de diminuição das PS nos três anos de pesquisa, desde seu início abril de 2021 a 2023 em todos os tratamentos (Tabela 7). No 1º ciclo (26/04/2021 a 22/12/2021), a diferença de PS entre o SD/SD e o SC/SD foi de 4,11 vezes, enquanto

no 4º ciclo (06/12/2022 a 03/04/2023), essa diferença diminuiu para 3,29 vezes. O que significa que já no primeiro ciclo de cultivo do presente trabalho houve uma melhoria na proteção do solo, o solo que a 8 anos passou a ser usado com cultivos de cobertura e milho no verão com o manejo a semeadura direta, ressaltando que a essa parcela SC/SD vinha ao longo dos anos sendo usado como solo descoberto e sem cultivo. A sucessão de culturas, que foi implementada na pesquisa foi eficaz na melhoria do solo nos tratamentos, Bertol *et al.* (2014) mostraram que altas perdas de solo é explicado pela falta de cultivo no local ou da cobertura do solo, sem essa proteção ao solo, evitando os impactos das gotas da chuva sobre o solo e escoamento superficial.

A relação entre as PS e os volumes de chuva (VC), considerando os valores médios por ciclo de cultivo de cada uma dessas variáveis, na média dos tratamentos, está apresentada na (Figura 5). O aumento das PS por escoamento superficial relaciona-se com o aumento do VC, demonstrando que o as PS dependem do volume do escoamento superficial de água no solo. Isto significa que, quanto maior a altura de chuva, maior o risco de erosão hídrica, conforme verificado por Bertol *et al.* (2014).

Observa-se pelas médias de PS que um menor valor de altura AC é necessário para causar arraste de solo nos tratamentos PC/SD e SC/SD em relação a SD/SD e CM/SD.

Figura 5 - Relação entre perda de solo (PS) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), utilizando os valores absolutos (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

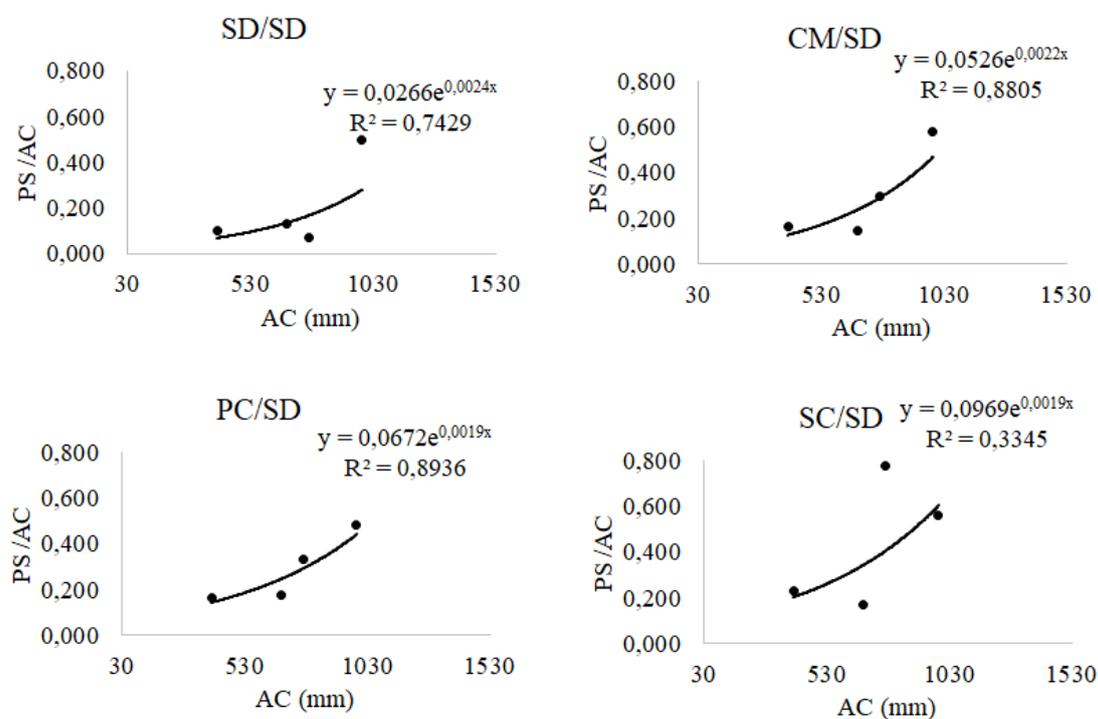
As perdas de solo por ciclo de cultivo em diferentes tratamentos avaliados são apresentadas entre os anos 2021 e 2023 (figura 5) após a conversão de diferentes sistemas de manejo para SD. No decorrer desta pesquisa, as PS tiveram muitas variações entre os tratamentos, isso devido a infiltração, o estágio de desenvolvimento das culturas de cobertura, a umidade que pode influenciar a infiltração no solo, (SCHICK, 2014). A situação encontrada por vários estudos (SCHICK *et al.*, 2000; COGO *et al.*, 2003; BEUTLER *et al.*, 2003). Com isso a importância de condução de um experimento de longa duração no campo, a diminuição de perda de solo por erosão hídrica pluvial, especificadas pela mínima mobilização do solo, cobertura do solo, melhorando as propriedades físicas do solo, a semeadura direta consolidada (SD/SD) foi o tratamento com mais eficácia em relação a variável PS com a média de 80 kg ha<sup>-1</sup>, o que se for estimada seria 3,3 kg ha<sup>-1</sup> mensal, vale ressaltar que durante as coletas as vezes as perdas de solo são zero (0) devido a cobertura, o tratamento que foi menos eficiente com relação

variável perda de solo foi o solo sem cultivo (SC/SD), com média de 135 kg ha<sup>-1</sup> durante os dois anos de pesquisa, equivalente a 6 kg ha<sup>-1</sup> mensal, os 4 pontos do gráficos representam os ciclos de cultivos, aqueles que estão acima da linha de regressão exponencial (Figura 5) indicam o ciclo com maiores volumes das chuvas consequentemente causando as maiores perdas, vale lembrar que a erosão vem da energia cinética das gotas das chuvas (WISCHMEIER & SMITH, 1958). Com a cobertura do solo esse impacto de diminui (SCHICK *et al.* 2017).

#### **4.4.4 Perda de solo x altura de chuva utilizando valores relativos**

As perdas de solo por ciclo de cultivo nos diferentes tratamentos, 8 anos após conversão de manejo para SD são apresentados na (Figura 6) com valores relativos. As perdas médias anuais entre 2015 e 2017 foram 0,1; 0,5; 1,1 e 1,5 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para os tratamentos SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD (SCHICK, 2017). De 2018 a 2020 as perdas anuais foram de 0,01; 0,13; 0,32 e 0,53 Mg ha<sup>-1</sup> (WOLSCHICK,2018) para os mesmos tratamentos, já em 2021 a 2023 as perdas médias por ciclo de cultivo foram de 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 portanto houve uma redução em relação a períodos anteriores principalmente nos tratamentos SC/SD. As perdas de solo nos tratamentos SC e PC, apresentaram comportamento muito semelhante em relação a erosividade, com maiores concentrações nos cultivos de inverno (Tabela 9 e Gráfico 6). A justificativa dessa condição se deve ao elevado grau de mobilização nestes tratamentos e sem cobertura vegetal antes de conversão de manejo para SD, assim suscetível o maior efeito da erosividade das chuvas (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Figura 6 - Relação entre perda de solo relativa (PS/AC) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC.



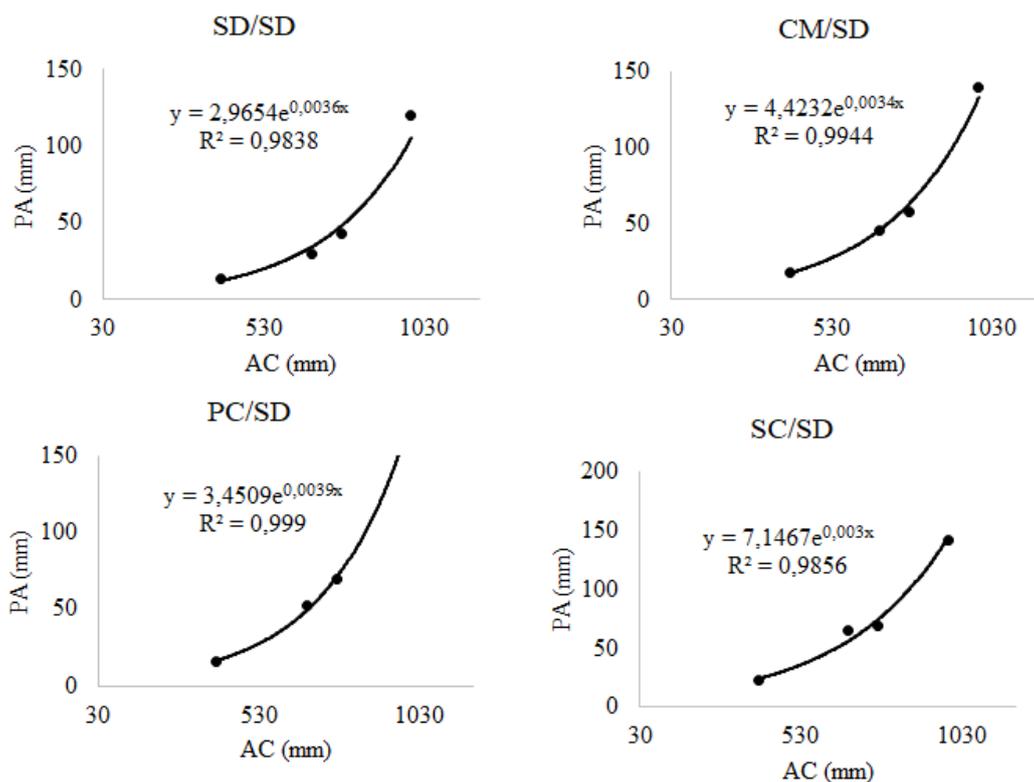
Fonte: autor (2023).

#### 4.4.5 Perda de água x altura de chuva utilizando valores absolutos

A relação entre PA e AC, considerando os valores médios de cada ciclo de cultivo dessas variáveis, na média dos tratamentos, está apresentada na Figura 5. O aumento das PA por escoamento superficial relacionou-se significativamente com o aumento de AC, demonstrando que o escoamento superficial é dependente da infiltração de água no solo, cuja variável, portanto, é uma característica do solo que regula sua capacidade de infiltração (KOHNKE, 1968). Isto significa que, quanto maior a altura de chuva, maior o risco de erosão hídrica pluvial em virtude do aumento do escoamento (BERTOL *et al.*, 2014). Nos tratamentos com históricos não conservacionistas (PC/SD e SC/SD) foi verificado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,99 e 0,98, respectivamente (Figura 7 PC/SD, SC/SD). Nestes tratamentos quanto maior a altura de chuva maior as PA, confirmando a influência exercida pelo efeito residual no uso do solo e manejo, em 2018

o coeficiente de regressão encontrado foram de 0,82 2 0,76 WOLSCHICK (2018), para mesma condição com 4 anos de pesquisa.

Figura 7 - Relação entre perda de água (PS) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), utilizando os valores absolutos (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC.



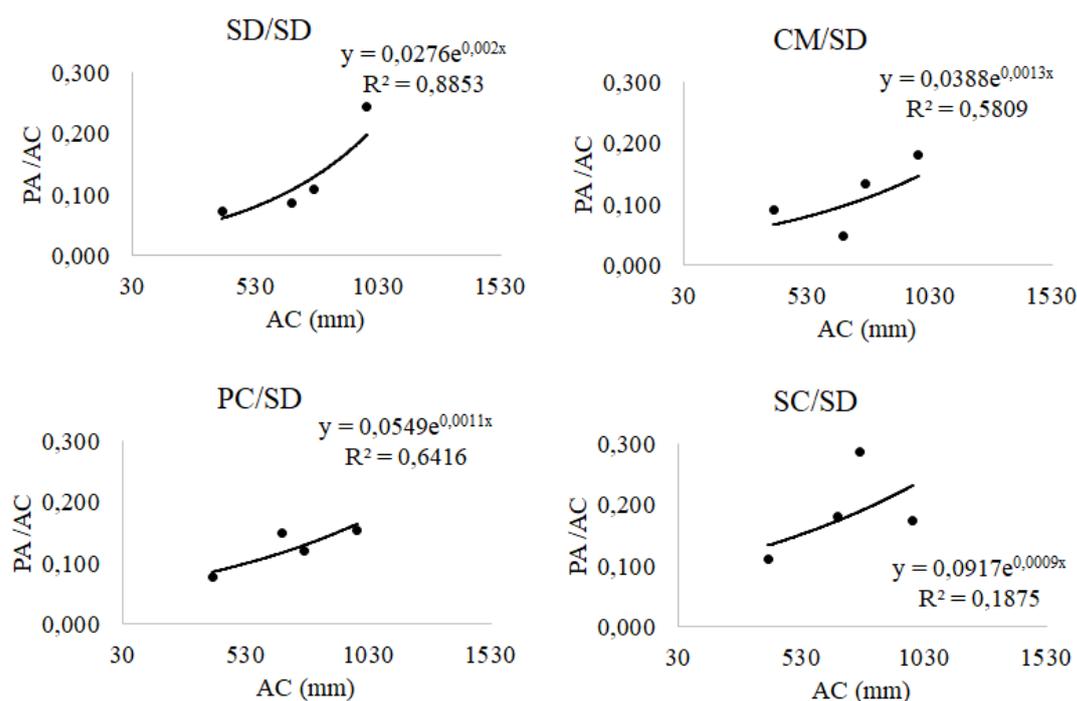
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

#### 4.4.6 Perda de água x altura de chuva utilizando valores relativos

As chuvas com maiores volumes, acaba ocorrendo maior escoamento superficial, conforme a variação de tipo de solo, assim temos variação na infiltração, Bertol *et al.* (2015) determinaram 6,6 mm há-1 a taxa constante de infiltração para cambissolo, por meio de chuvas simuladas, sem depender de tipo de manejo, nem intensidade das chuvas. Foi avaliado a infiltração no mesmo solo, através do método anéis, Wolschick *et al.* (2018b) encontraram valores similares, e esses valores foram confirmadas pela condutividade hidráulica saturada calculada. Um dos fatores que exercem influência na perda de água é a umidade do solo no ato da chuva. A saturação do solo por chuvas anteriores, o solo pode perder cerca de 80% da água da chuva por escoamento superficial, no entanto o teor da água, não afeta taxa de infiltração final, o tempo de saturação em

solos mais secos é mais demorado. Segundo o Bertol *et al.* (2014), quanto for maior o tempo de início de escoamento superficial as perdas totais na forma de enxurrada são menores, até parar a chuva à um aumento no teor de água no solo, levando em conta o início da chuva (Figura 8).

Figura 8 - Relação entre perda de água relativa (PA/AC) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC.

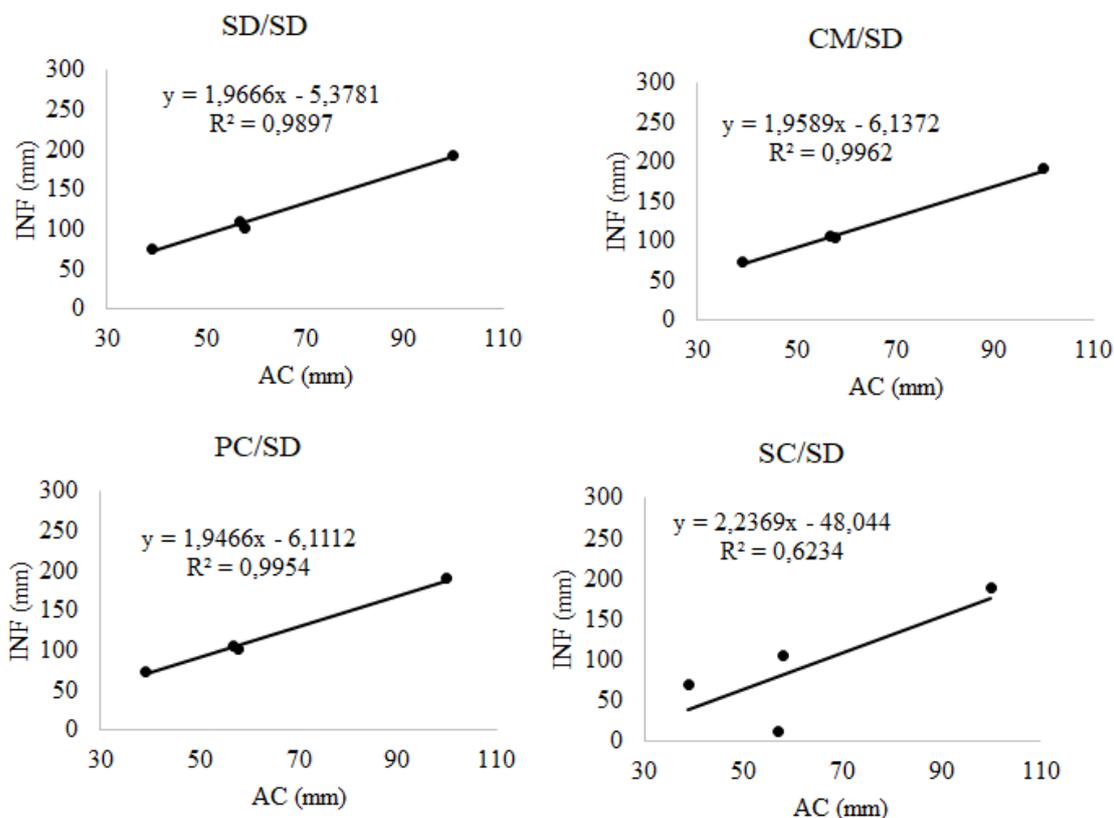


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

#### 4.4.7 Infiltração de água no solo estimada x altura de chuva

A infiltração segue a mesma tendência com os demais onde a infiltração ocorre mais nos tratamentos SD/SD e CM/SD em relação ao demais, isso devido os atributos físicos do solo com exceção se de tratamento SC/SD, PRAZERES (2021) não encontrou valores de macroporos restritivos, ou seja, menores que 10%, até a camada de 2,5 - 5 cm para SD/SD e CM/SD até a camada de 10 - 20 cm, os indicadores físicos do solo promovem aumento da infiltração de água nos tratamentos mencionados.

Figura 9 - Relação entre infiltração de água no solo (INF) e altura de chuva (AC), valores totais nos quatro ciclos de cultivo, por tratamento (SD/SD, CM/SD, PC/SD e SC/SD), utilizando os valores absolutos (média das repetições e dos eventos de chuva erosiva) entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC.



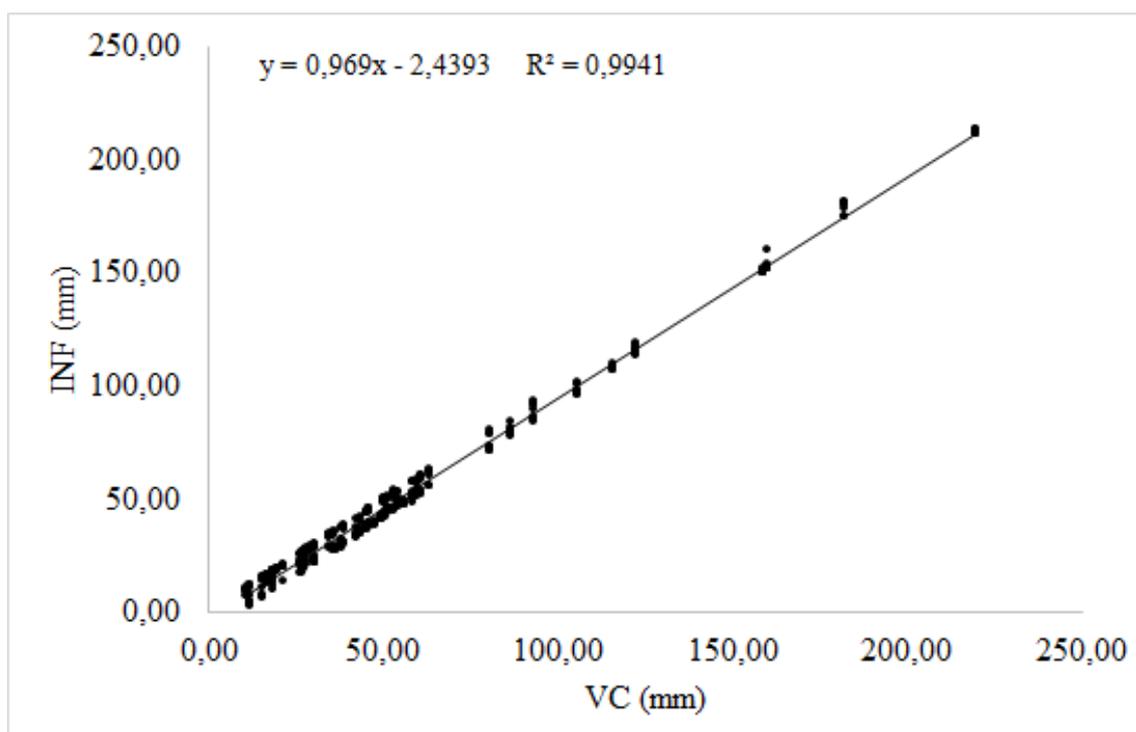
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Processo de infiltração ocorre quando as gotas das chuvas atingir a superfície do solo, a água das chuvas pode escoar na superfície do solo de acordo com a gravidade ou penetrar pela superfície do solo. O processo de infiltração tem grande importância por ser o responsável direto pela porcentagem da água que irá escoar e possivelmente causar erosões e inundações. O aumento da taxa de infiltração ocasiona benefícios hídricos (CECÍLIO *et al.*, 2013). A infiltração inicia com o acúmulo de água na superfície do solo, aumentando a umidade superficial. A presença da Cobertura vegetal ele reduz os impactos causados pela chuva servindo de proteção ao solo, dificultando o escoamento superficial, com isso usar plantas de cobertura é um grande aliado para o aumento de taxa de infiltração (ABRANTES; LIMA; MONTENEGRO, 2015).

Ouve uma relação linear entre a infiltração de água no solo (INF) e a altura de chuva (AC), nos tratamentos SD/SD, CM/SD e PC/SD obtendo coeficiente de

determinação ( $R^2$ ) de 0,99 respectivamente, já no tratamento considerado a de menor eficiência o SC/SD o coeficiente de determinação foi de ( $R^2$ ) 0,62.

Figura 10 - Relação entre infiltração de água no solo estimada (TNF) e altura de chuva (AC), utilizando os valores absolutos individuais das duas repetições de cada tratamento, dos quatro ciclos de cultivo e de todos os eventos de chuva erosiva, entre os anos de 2021 e 2023 em Lages – SC



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O desencadeamento de processos hidrológicos como o escoamento superficial, a erosão e o transporte de solutos são controlados pela variabilidade da infiltração de água no solo. Segundo Langhans *et al.* (2010), a dinâmica espacial e a temporal dos fatores controladores da infiltração incorpora, na sua representatividade espaço-temporal, alto grau de incertezas. Com a demanda de informações em relação a dinâmica de infiltração de água no solo em trabalhos que envolvam a infiltração, estimativa da erosão do solo (BORSELLI *et al.*, 2001), produção de sedimentos (HOLDEN; BURT, 2002; NADAL-ROMERO; REGÜÉS, 2009), transferência de solutos na paisagem (CHAPLOT; POESEN, 2012), disponibilidade de água para as plantas (ANDERSON *et al.*, 2009), evapotranspiração (LIMA *et al.*, 2001), o processo de infiltração é influenciado pelas condições da superfície do solo e pela precipitação pluvial. Segundo Pott e De Maria (2003), podemos destacar que vários fatores condicionam a infiltração de água no solo, como porosidade, densidade do solo, cobertura do solo, matéria orgânica. Os valores

observados na (figura 7) em relação os valores individuais de altura da chuva e infiltração, teve coeficiente de determinação de 95% o que significa que houve uma grande eficiência durante 2 anos de pesquisa, conseqüentemente a diminuição na perda de solo e perda de água.

## 5 CONCLUSÃO

Transcorridos oito anos após a conversão dos manejos cultivo mínimo, preparo convencional e solo sem cultivo e descoberto para semeadura direta, as perdas de solo continuam sendo maiores no preparo convencional e solo sem cultivo e descoberto do que no cultivo mínimo, e principalmente do que na semeadura direta continuada (testemunha). Nesse período, as perdas de água não são influenciadas pela conversão de manejo. Isso significa que a conversão de manejo ainda não é suficientemente positiva para eliminar a diferença de perda de solo entre esses sistemas de manejo. Assim, não é possível, ainda, caracterizar essa conversão de manejo como alternativa positiva para a conservação do solo no preparo convencional e, principalmente no solo sem cultivo e descoberto. Em relação aos dois períodos anteriores à conversão de manejos, no entanto, nesta pesquisa ocorre substancial diminuição das perdas de solo no preparo convencional e principalmente no solo sem cultivo e descoberto. Isso quer dizer que do ponto de vista do histórico da erosão, a conversão de manejos não conservacionistas (preparo convencional e solo sem cultivo e descoberto) em conservacionista (semeadura direta), resulta em elevado benefício quanto às perdas de solo. Com a conversão dos manejos à semeadura direta, obtém-se maior massa seca da parte aérea nos cultivos de aveia+ervilhaca+nabo forrageiro e de milho e maior produtividade de grãos do milho no cultivo mínimo do que nos demais sistemas de manejo. A menor produção de massa seca e de produtividade de grãos é obtida no solo sem cultivo convertido à semeadura direta, em comparação aos demais sistemas de manejo convertidos.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, J. R. C.; LIMA, J. L. M. P.; MONTENEGRO, A. A. A. Desempenho da modelagem cinemática do escoamento superficial para chuvas intermitentes em solos com cobertura morta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, v.19, n.2, p. 166-172, 2015.
- AL-KAISI, M.M. *et al.* Soil carbon and nitrogen changes as affected by tillage system and crop biomass in a corn - soybean rotation. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v.30, n.3, p.174-191, 2005.
- ALCÂNTARA, F. A. D.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. D.; MESQUITA, H. A. D.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, p. 277-288, 2000
- ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933-942, 1999
- ANDRADE, A. P.; MAFRA, Á. L.; PICOLLA, C. D.; ALBUQUERQUE, J. A.; BERTOL, I. Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 814-821, 2012.
- ANDRADE, A. P. Atributos físicos e químicos de um Cambissolo Húmico sob dois sistemas de manejo após doze anos de cultivo. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, 2009. 68p. (Dissertação de Mestrado)
- ANDERSON, S.H.; UDAWATTA, R.P.; SEOBI, T. & GARRETT, H.E. Soil water content and infiltration in agroforestry buffer strips. *Agrofor. Syst.*, 75:5-16, 2009.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 687-694, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 105-112, 1997.
- BANDEIRA, D. H. Sistemas de manejo do solo sob aplicação de dejetos líquidos de suínos: propriedades físicas e químicas do solo e erosão hídrica. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, 2015. 138 p. (Dissertação de Mestrado).
- BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 509-517, 2003.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 2012. *Conservação do solo*. 8. ed. São Paulo: Ícone.

BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; BARBOSA, F. T. Erosão do solo: fases no processo de erosão eólica. In: BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; BARBOSA, F. T. Manejo e Conservação do Solo e da Água. 1. Ed. Viçosa: SBCS, 2019. P. 453-455.

BERTOL, I. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de cultura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 267-271, 1994.

BERTOL, I.; GONZÁLEZ, A. P.; E VÁZQUEZ, E. V. Rugosidade superficial do solo sob diferentes doses de resíduo de milho submetido à chuva simulada. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, DF, v. 42, n.1, p.103-110, jan. 2007a.

BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; BARBOSA, F. T. Erosão do solo: fases no processo de erosão eólica. In: BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; BARBOSA, F. T. Manejo e Conservação do Solo e da Água. 1. Ed. Viçosa: SBCS, 2019. P. 453-455.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. Scientia Agricola, São Paulo, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.

BERTOL, I.; GOBBI, E.; BARBOSA, F. T.; PAZ-FERREIRO, J.; GEBLER, L.; RAMOS, J. C.; SOUZA WERNER, R. D. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, p. 1421-1430, 2011.

BORSELLI, L.; TORRI, D.; POESEN, J. & SANCHIS, P.S. Effects of water quality on infiltration, runoff and interrill erosion processes during simulated rainfall. Earth Surf. Proc. Land., 26:329-342, 2001.

CABEDA, M.S.V. Computation of storms EI30 values. West Lafayette: Purdue University, 1976. 6p. (não publicado).

CECÍLIO, R. A. *et al.* Modelo para estimativa da infiltração de água e perfil de umidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 2, p. 411-421, 2013.

CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. Agricultura e aquecimento global. B. Inf. SBCS, 23:40-44, 2007.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 11 ed. Porto Alegre, 2016

COGO, N.P. Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters. West Lafayette, Purdue University, 1981. 346p. (Tese de Doutorado)

COGO, N. P.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. Soil Science Society of America Journal, v. 48, n. 2, p. 368- 373, 1984.

- DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.
- CHAPLOT, V. & POESEN, J. Sediment, soil organic carbon and runoff delivery at various spatial scales. *Catena*, 88:46-56, 2012.
- DULEY, F. L. Surface Factors Affecting the Rate of Intake of Water by Soils. *Soil Science Society of America Journal*, v. 4, n. C, p. 60-64, 1940.
- ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.
- ELLISON, W. D. Studies of raindrop erosion. *Agricultural Engineering*, v. 25, n. 4, p. 131- 136, 1947.
- ERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, C.; LUCIANO, R. V. Water infiltration in two cultivated soils in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 39, p. 573-88, 2015.
- FAO – Food and Agriculture Organization. **Soil erosion: the greatest challenge to sustainable soil management**. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Rome. 2019. 100p. Disponível: <https://www.fao.org/documents/card/fr/c/ca4395en/>. Acesso: 10/06/2023
- FENTON, T. E, KAZEMI M, LAUTERBACH-BARRETT M A. Erosional impact on organic matter content and productivity of selected Iowa soils. *Soil Tillage Res*, 2005, 81(2): 163– 171.
- FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. Leguminosas Forrageiras Perenes de Inverno. In: FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. Forrageiras para Integração Lavoura Pecuária Floresta na Região Sul-Brasileira. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. Cap. 11. p. 321-334.
- FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In.: BASSELMAN, J.A., ed. *Hydrologic modeling of small watersheds*, p. 297-300, 1982.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. 2009. *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 4. ed. Rio de Janeiro. Bertand Brasil.
- GUADAGNIN, J. C. *et al.* Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, p. 277-286, 2005.
- 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, v. 21, p. 667-676, 1997.
- HOLDEN, J. & BURT, T.P. Infiltration, runoff and sediment production in blanket peat catchments: Implications of field rainfall simulation experiments. *Hydrol. Process.*, 16:2537-2557, 2002.

- HUDSON, N.W. Soil conservation. 3.ed. Ithaca, Cornell University Press, 1995. 392p.
- KAMINSKI, J. Acidez do solo e a fisiologia das plantas. In: KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, J. & BECKER, F.C. SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., Santa Maria, 1989. Seminário... Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1989. p. 39-61.
- Krishanan *et al.*, 2007 P. Krishnan, D.K. Oliveira, B.; Chandra Bhaskar, Reino Unido Nayak, R.N. Traço Impacto do CO<sub>2</sub> e da temperatura elevados na produtividade do arroz e métodos de adaptação avaliados por estudos de simulação de culturas.
- LANZANOVA, M. E. *et al.* Residual effect of soil tillage on water erosion from a typicpaleudalf under long-term no-tillage and cropping systems. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 37, p. 1689-1698, 2013.
- LANGHANS, C.; GOVERS, G.; DIELS, J.; CLYMANS, W. & van den PUTTE, A. Dependence of effective hydraulic conductivity on rainfall intensity: Loamy agricultural soils. Hydrol. Process., 24:2257-2268, 2010.
- LIMA, J.E.F.W.; SILVA, C.L. & OLIVEIRA, C.A.S. Comparação da evapotranspiração real simulada e observada em uma bacia hidrográfica em condições naturais de cerrado. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 5:33-41, 2001.
- LOPES, P.R.C.; CASSOL, E.A. & COGO, N.P. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade de enxurrada e na distribuição de tamanho de sedimentos transportados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.11, p. 193-197, 1987.
- MEYER, L. D.; FOSTER, G. R.; NIKOLOV, S. Effect of flow rate and canopy on rill erosion. Transactions of the ASAE, v. 18, n. 5, p. 905-0911, 1975.
- ORLANDO FILHO, J.; BITTENCOURT, V.C.; CARMELLO, Q.A.C.; BEAUCLAIR, E.G.F. Relações K, Ca e Mg de solo Areia Quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. Stab, Açúcar Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 14, n. 5, p. 13-17, 1996.
- PANACHUKI, E. *et al.* Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo vermelho sob sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 3, p. 1777-1785, 2011.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo vermelho sob sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, p. 1777-1785, 2011.
- PITOL, C.; SALTON, J.C. Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg): opção para cobertura do solo. Maracaju: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 1993.
- PRAZERES, M.S. conversão de sistemas de manejo à semeadura direta após longo tempo de erosão hídrica num cambissolo húmico. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2021. 100p. (Tese de Doutorado).

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência Ambiental*, 27: 29-48, 2003.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, p. 1931-1935, 2006.

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

Roudies *et al.*, 2011 P. Roudier, B.; Sultão, P.; Quirion, A.; Berg, o impacto das futuras mudanças climáticas na produtividade das culturas da África Ocidental.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P. D.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 1033-1040, 2006.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 353 p.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, p. 427-436, 2000.

SCHICK, J. Fatores r e k da usle e perdas de solo e água em sistemas de manejo sobre um Cambissolo Húmico em Lages, SC. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2014. 149p. (Tese de Doutorado).

SCHICK, J. *et al.* Water Erosion in a Long-Term Soil Management Experiment with a Humic Cambisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 41, e0160383, 2017.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M.L.; SILVA, A.A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 3, p.1011-1020, 2006.

SOBRINHO, T. A., VITORINO, A. C., DE SOUZA, L. C., GONÇALVES, M. C., & CARVALHO, D. F. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 7, p. 191-196, 2003.

TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M. & MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 18, p. 207-214, 1994.

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

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

WOLSCHICK, N.H. Reflexos na erosão hídrica e nos atributos físicos e químicos de um Cambissolo Húmico após a conversão de sistemas de manejo para a semeadura direta. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2018. 138p. (Tese de Doutorado).

WOLSCHICK, N. H. *et al.* Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 15, n. 2, p. 134- 143, 2016.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F. dos; MUZEKA, L. M. Plantas de cobertura do solo e seus efeitos na produtividade de milho e soja. Scientia Agraria Paranaenses, Marechal Cândido Rondon, v. 19, n. 2, abr./jun., p. 151-160, 2020.