

**VINICIUS FERREIRA CHAVES DE SOUZA**

**EROSÃO HÍDRICA INFLUENCIADA PELO USO DA TERRA E  
MANEJO DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Ildegardis Bertol

**LAGES, SC  
2016**

Souza, Vinicius Ferreira Chaves de

Erosão hídrica influenciada pelo uso da terra e  
manejo do solo / Vinicius Ferreira Chaves de Souza.  
- Lages, 2016.

115 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Ildegardis Bertol

Inclui bibliografia

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages,  
2016.

1. Erosão em Semeadura Direta. 2. Erosão em  
Campo Nativo. 3. Erosão em Campo Queimado. I. Souza,  
Vinicius Ferreira Chaves de. II. Bertol, Ildegardis.  
III. Universidade do Estado de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV.  
Título

# VINICIUS FERREIRA CHAVES DE SOUZA

## **EROSÃO HÍDRICA INFLUENCIADA PELO USO DA TERRA E MANEJO DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

### **Banca Examinadora:**

### Orientador:

---

Prof. Dr. Ildegardis Bertol  
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

## Membro:

Prof<sup>a</sup>. Dra. Letícia Sequinatto  
Universidade do  
Estado de Santa Catarina (UDESC)

## Membro

Externo: \_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup>. Dra. Luciane Costa de Oliveira  
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

Aos meus pais.  
Ao meu irmão.  
À minha namorada.  
Aos meus amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e conquistas realizadas.

Aos meus pais, Isaias Silvestre Chaves de Souza e Ruth Ferreira Chaves de Souza, pelo amor e compreensão, e também pelo esforço para me proporcionar a melhor educação e ensinamentos, que ainda recebo e receberei, pelo apoio incondicional, exemplo, e demonstrações de superação, principalmente pelo incentivo à continuidade dos estudos, permitindo-me chegar ao título de Mestre.

Ao meu irmão Leonardo Ferreira Chaves de Souza, pela compreensão, companheirismo nos momentos bons e difíceis da vida e pela eterna amizade que temos apesar de todas as brigas e discussões.

À minha namorada, Morgana Wagner de Souza, pelo apoio incondicional, dedicação, compreensão e companheirismo em todos os momentos. Pelo incentivo aos estudos mesmo que fosse realizado em outro estado. Pelas visitas em Lages.

Ao professor Ildegardis Bertol, pelos ensinamentos que levarei para a vida, pela eficaz e segura orientação que contribuíram para o meu crescimento profissional; e pela ajuda na elaboração da dissertação e resolução de problemas e dúvidas.

Aos professores que, durante a graduação e período de mestrado, de alguma forma, participaram de minha formação por meio de disciplinas ministradas.

Aos familiares que sempre estiveram presentes na minha vida, permitindo convívio e alegria.

Aos colegas de laboratório, técnicos e ajudantes que possibilitaram a realização desta pesquisa da melhor forma possível.

Aos amigos, Rodrigo Daltoé Berci, Hugo Castelani, Wagner Consoni e Douglas Bandeira, que me indicaram para o mestrado e no período de mestrado tive a felicidade de dividir residência e muitas risadas.

Aos amigos Murilo e Matheus Niehues, irmãos, que, conhecidos desde a infância, ainda tive a oportunidade de com eles residir e desenvolver grande amizade durante a vida acadêmica em Lages, dividindo não apenas o mesmo teto, mas momentos bons e difíceis.

Aos amigos da Palhoça e de Lages que sempre se preocuparam comigo e sempre que nos encontrávamos era uma imensa felicidade e os outros amigos que conquistei durante esse período de mestrado, no qual não irei citar nomes pois os mesmos sabem quem são.

A todos, muito obrigado.

## **RESUMO**

SOUZA, Vinicius Ferreira Chaves de. **Erosão hídrica influenciada pelo uso da terra e manejo do solo.** 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, SC, 2016.

A erosão hídrica é o principal fator de degradação do solo, a qual é influenciada pela chuva, solo, relevo, uso da terra e manejo e cobertura e práticas de conservação. O uso da terra, a cobertura e manejo do solo nem sempre é adequado, o que resulta em grande erosão, devido, ainda, à falta de sistemas de cultivo e de práticas conservacionistas adaptadas. Em função disso, as perdas de água e solo pela erosão hídrica foram quantificadas num Cambissolo Húmico alumínico léptico, em dois experimentos. Em um, os tratamentos, sem repetição, foram diferenciados por doses de adubo aplicado na superfície do solo em condição de semeadura direta. Em outro experimento, com uma repetição, os tratamentos consistiram de semeadura direta, campo nativo queimado e campo nativo. Nos tratamentos de semeadura direta foram cultivados nabo forrageiro, feijão preto, ervilhaca comum, milho, aveia preta e soja, em rotação. Os tratamentos com cultivo e os de campo foram comparados a um tratamento testemunha em que o solo foi mantido sem cultivo e sem adubação. O aumento da dose de adubos aplicados na superfície do solo cultivado em condição de semeadura direta aumentou a produção de biomassa vegetal e de grãos e diminui as perdas de água e solo por erosão

hídrica. O aumento da dose de adubos aplicados na superfície do solo cultivado em condição de semeadura direta aumentou o teor de fósforo na superfície do solo e, com isso, aumenta o teor nos sedimentos da erosão, mas diminuiu a quantidade total do elemento perdido por erosão hídrica. As perdas de solo e de água por erosão hídrica se relacionaram exponencialmente, de modo decrescente, com a quantidade de adubos aplicados na superfície do solo em condição de semeadura direta. A perda de solo por erosão hídrica foi modificada com a mudança de uso da terra; foi menor na condição de campo nativo, intermediária em campo nativo submetido ao cultivo anual e maior em campo nativo em que a biomassa da parte aérea é regularmente queimada; as perdas de água não foram modificadas. As perdas de água por escoamento superficial foram menos influenciadas do que as perdas de solo por erosão hídrica, tanto em diferentes condições de manejo do solo, quanto, em distintas formas de uso da terra.

**Palavras chave:** erosão em semeadura direta, erosão em campo nativo, erosão em campo queimado.

## **ABSTRACT**

SOUZA, Vinicius Ferreira Chaves de. **Water erosion influenced by land use and management of soil.** 2016. 115 p. Dissertation (Master in Soil Science) - University of the State of Santa Catarina. Graduate Program in Soil Science, Lages, SC, 2016.

Water erosion is the main soil degradation factor, which is influenced by rain, soil, relief, land use and management and coverage and conservation practices. The land use, coverage and soil management is not always adequate, resulting in significant erosion due also to the lack of cultivation and conservation practices adapted systems. As a result, the water and soil loss by water erosion were quantified in Haplumbrept soil in two experiments. In one, the treatments without replicate were differentiated by doses of fertilizer applied to the soil surface in no-tillage condition. In another experiment, with a replicate, the treatments consisted of no-tillage, burned natural pasture and native pasture. In no-tillage treatments were cultivated radish, black beans, vetch, corn, oats and soybeans in rotation. Treatments with crops, with natural pasture and burned natural pasture were compared to a control treatment where the soil was kept uncultivated and unfertilized. Increases fertilizer dose applied on the soil surface cultivated by direct seeding condition increased the production of plant biomass and grain and reduced water loss and soil erosion by water. Increases fertilizer dose applied on the soil surface cultivated by direct seeding condition increased the phosphorus content in the soil surface and, thus, increased the content of the erosion sediments, but decreased the total amount of the element lost by water

erosion. The loss of soil and water erosion by water related exponentially decreasing manner with the amount of fertilizer applied on the soil surface in no-tillage condition. The loss of soil by erosion is changed with the change of land use; It were lower in the native field condition, intermediate in native pasture submitted to the annual and largest growing native field in which the aerial biomass is regularly burned; water losses are not modified. The water losses by runoff are less influenced than soil loss by water erosion, both in different conditions of soil management, as in different forms of land use.

**Keyword:** erosion of no-tillage, erosion in burned native pasture, erosion in native pasture.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 - Imagem de uma parcela e de duas caixas coletoras com o divisor de enxurrada “Geib”. Fonte: o autor..... 48

Figura 2 - Experimento I com suas unidades experimentais distribuídas e tanques coletores de enxurrada..... 48

Figura 3 - Relação entre as perdas de solo (Ps) e a quantidade de adubos de reposição aplicados no solo (superfosfato triplo – SFT + cloreto de potássio – KCl) durante todo o período experimental (Ad), entre 2003 e 2015, nos tratamentos estudados no experimento I. .... 78

Figura 4 - Relação entre as perdas de água (Pa) e a quantidade de adubos de reposição aplicados no solo (superfosfato triplo – SFT + cloreto de potássio – KCl) durante todo o período experimental (Ad), entre 2003 e 2015, nos tratamentos estudados no experimento ..... 79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Data correspondente ao período de cada cultivo e a data correspondente a cada coleta de sedimentos da erosão, por cultivo .....	55
Tabela 2 - Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) e teores de carbono orgânico do solo (CO), determinados em quatro camadas do solo e nos cultivos no início (ANTES) e ao final da pesquisa no experimento I .....	59
Tabela 3 - Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) e teores de carbono orgânico do solo (CO), determinados em quatro camadas do solo e nos cultivos no início e ao final da pesquisa no experimento II.....	63
Tabela 4 - Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma) e porosidade total (PT) em quatro camadas do solo no Experimento I antes e ao final da pesquisa .....	65
Tabela 5 - Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma) e porosidade total (PT) em quatro camadas do solo no Experimento II antes e ao final da pesquisa .....	68
Tabela 6 - Produção de massa seca na parte aérea do resíduo cultural, taxa de cobertura do solo e produtividade de grãos nos três cultivos no Experimento I .....	70

Tabela 7- Produção de massa seca na parte aérea do resíduo cultural, taxa de cobertura do solo e produtividade de grãos nos três cultivos no Experimento II.....	71
Tabela 8 - Produção de grãos da cultura do feijão preto em todos os tratamentos no experimento I e na SD do experimento II. ....	74
Tabela 9 - Altura de chuva, perdas de solo e perdas de água por erosão hídrica, em cada tratamento e para cada cultivo no experimento I. ....	76
Tabela 10 - Altura de chuva, perdas de solo e perdas de água por erosão hídrica, em cada tratamento e para cada cultivo no experimento II. ....	81
Tabela 11 – Teores de fósforo extraível no solo dos diversos tratamentos antes a semeadura das culturas de nabo, feijão e ervilhaca e nos sedimentos da erosão, no experimento. ....	85
Tabela 12 – Teores de fósforo extraível determinados em amostras do solo coletadas nos diversos tratamentos antes da semeadura das culturas de nabo, feijão e ervilhaca no experimento II. ....	88
Tabela 13 - Perdas totais de P extraível nos sedimentos da erosão referentes ao experimento I. ....	90

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 O USO DA TERRA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.1 Influência do uso da terra nos atributos do solo.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2 Influência do uso da terra na erosão hídrica.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 O MANEJO DO SOLO.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.1 Influência do manejo nos atributos do solo.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2 Influência do manejo do solo na erosão hídrica.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.3 Influência do manejo da adubação nos atributos do solo e na erosão hídrica em semeadura direta....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.4 Influência do manejo da adubação na produção de biomassa vegetal e de grãos em semeadura direta.....</b>	<b>36</b>
<b>3 HIPÓTESES.....</b>	<b>39</b>
<b>4 OBJETIVOS.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>40</b>

<b>5 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	41
5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	41
5.2 CARACTARIZAÇÃO DO SOLO E BREVE HISTÓRICO DE USO DA TERRA E MANEJO DO SOLO.....	41
5.3 TRATAMENTOS.....	43
<b>5.3.1 No experimento (I).....</b>	43
5.4 FORMA DE MANEJO DOS CULTIVOS.....	45
5.5 UNIDADE EXPERIMENTAL E SISTEMA COLETOR DE ENXURRADA.....	47
5.6 ATRIBUTOS DO SOLO ANTES, DURANTE E AO FINAL DA PESQUISA.....	49
<b>5.6.1. Atributos físicos.....</b>	49
<b>5.6.2. Atributos químicos.....</b>	50
5.7 DETERMINAÇÃO DE MASSA SECA AÉREA, DE GRÃOS E DE COBERTURA DO SOLO.....	51
5.8 MONITORAMENTO DAS CHUVAS E CÁLCULO DA EROSIVIDADE.....	51
5.9 QUANTIFICAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO.....	52
5.11 CÁLCULO DAS PERDAS TOTAIS DE SOLO E ÁGUA E DE CO e P.....	56
<b>6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....</b>	57

<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	58
<b>7.1 ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA, CARBONO ORGÂNICO, DESIDADE E POROSIDADE DO SOLO.....</b>	58
<b>7.2 PRODUÇÃO DE MASSA SECA AÉREA E TAXA DE COBERTURA DO SOLO.....</b>	69
<b>7.3. PRODUÇÃO DE GRÃOS.....</b>	72
<b>7.4 PERDAS DO SOLO E ÁGUA.....</b>	74
<b>7.5. TEORES DE FÓSFORO NO SOLO E NOS SEDIMENTOS DA EROSÃO E PERDAS TOTAIS.....</b>	82
<b>7.6 PERDAS TOTAIS DE FÓSFORO NOS SEDIMENTOS DA EROSÃO.....</b>	89
<b>8 CONCLUSÕES.....</b>	91
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	92
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	94

## 1 INTRODUÇÃO

O manejo do solo afeta a cobertura superficial, na medida em que o preparo incorpora totalmente os resíduos culturais como no preparo convencional, ou mantém o resíduo na superfície como na semeadura direta. Além disso, o manejo também atua nas condições físicas da superfície, como a rugosidade superficial, e abaixo da superfície, como a densidade, a porosidade e a estabilidade de agregados em água, com influência sobre a infiltração de água no solo, escoamento superficial e erosão hídrica. Por isso, as perdas de solo e água ocasionadas pela erosão hídrica estão relacionadas com o manejo do solo. A adoção de sistemas conservacionistas como a semeadura direta, reduz substancialmente as perdas de solo em relação ao preparo convencional, enquanto, as perdas de água em geral são menos influenciadas.

A dose de adubos aplicados no solo faz parte do manejo do solo. Ao aumentar a dose de adubos aplicados no solo, aumenta-se a produção de biomassa vegetal, tanto de parte aérea, quanto, de raízes. Como resultado, aumenta a proteção superficial do solo contra a erosão e aumenta a resistência interna do solo à ação da água. Com isso, diminuem as perdas de solo e água, especialmente na semeadura direta. No entanto, o aumento da dose de adubos aumenta a concentração de nutrientes na superfície do solo, no caso da semeadura direta. Com isso, espera-se que os teores de nutrientes presentes na enxurrada da erosão aumentem com o aumento da dose de adubo. Por outro lado, como a erosão diminui com o aumento da dose de adubo devido

ao aumento da biomassa produzida, mais do que o aumento da concentração de nutrientes na enxurrada, as perdas totais de nutrientes pela erosão diminuem com o aumento da referida dose de adubos aplicados no solo. A vegetação natural tem importância fundamental, especialmente no que diz respeito ao ciclo hidrológico, em especial na infiltração de água no solo e no escoamento superficial, portanto, também na erosão hídrica pluvial do solo. A substituição da vegetação natural por outros tipos de uso da terra, como agricultura, ou a queima dessa vegetação, por exemplo, diminui a infiltração de água no solo e aumenta o escoamento superficial e a erosão. Isto se deve à mudança de cobertura superficial e às alterações que ocorrem no solo que modificam suas características e propriedades de superfície e internas. Isto pode potencializar os problemas de escoamento superficial e de erosão, dependendo do tipo de solo, da topografia do terreno, do tipo de vegetação a ser incluída no novo tipo de uso da terra e do sistema de manejo do solo adotado no cultivo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O USO DA TERRA

A atividade do homem no uso da terra afeta a cobertura do solo e a interação desta com a superfície e subsuperfície, pois o uso da terra envolve o destino dado a uma determinada gleba (Lambin et al., 2003). O principal motivo para a maioria das mudanças de uso da terra relaciona-se com o crescimento da população humana e animal, para cujo atendimento é cada vez mais necessário aumentar a pressão sobre o uso da terra, aumentando, assim, a fronteira agrícola (RAMANKUTTY et al., 2002). Para Rosa 2007, a expressão “uso da terra” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. Segundo Novo (1989), por outro lado, o termo “uso da terra” refere-se simplesmente à utilização da terra. A autora exemplifica esta diferenciação, afirmando que “áreas florestais que, embora sejam de um só tipo sob o ponto de vista de cobertura, podem ter diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reservas biológicas etc.”. A capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar em um terreno sem que o solo sofra diminuição de sua produtividade por efeito da erosão do solo, ou seja, tem o propósito de definir o uso com a máxima intensidade com baixo risco de degradação (LEPSCH et al., 1991).

#### 2.1.1 Influência do uso da terra nos atributos do solo

A substituição do uso atual da terra (normalmente a condição natural) por outros tipos de uso (antrópicos),

como abertura de via de acesso; construção de espaço para recreação; sistematização do terreno para urbanização; manejo e cultivo do solo para agricultura, pecuária e florestamento; dentre outros, não só aumenta os riscos de inundação (urbana e rural), como também os de erosão, principalmente quando a terra é usada para fins agrícolas com culturas anuais em fileira (Van ROMPAEY et al., 2001). Isto se deve às alterações químicas, físicas e biológicas que ocorrem no solo. Nesse caso, a severidade dos danos é potencializada, dependendo da energia dos agentes erosivos (gotas de chuva, vento), do tipo de solo, da topografia do terreno, do tipo de cobertura e manejo do solo e das práticas de controle da erosão (BAGATINI, 2011).

A conversão de ecossistemas naturais em agroecossistemas pode promover alterações nos atributos edáficos, tendo em vista a estreita integração da cobertura vegetal e o sistema físico, químico e biológico do solo. (FERREIRA et al. 2007). Estudos realizados em uma série de solos e diferentes vegetações mostraram que mudanças na vegetação, como desmatamento da floresta, colheita ou mudança de cultura podem ter grandes impactos negativos sobre a matéria orgânica (GRIFFHS; CALDWELL; SOLLINS, 1993; HENROT; ROBERTSON, 1994; CALDWELL; GRIFFTHS; SOLLINS, 1999).

A atividade do homem no uso da terra afeta a cobertura do solo e a interação desta com a superfície e subsuperfície do solo, pois o uso da terra envolve a manipulação dos atributos físicos, químico e biológicos do solo (LAMBIN et al., 2003).

Essa mudança causa redução da quantidade e alteração na qualidade da matéria orgânica do solo que em bom estado é responsável pela agregação e estruturação do

solo, impedindo a erosão, disponibilidade de nutrientes para plantas, armazenamento de água e composição da comunidade microbiana (PANKHURST et al., 2003).

O teor da matéria orgânica presente pode selecionar grupos específicos de microrganismos que possuem as respectivas vias catabólicas necessárias para a sua decomposição. (PATERSON et al., 2008). A comunidade microbiana reage não só ao substrato vegetal adicionado, mas também as condições químicas do solo (BARDGETT; YEATES; ANDERSON, 2005).

Vários estudos mostram que essas mudanças na cobertura da terra, principalmente na conversão da floresta primária, afetam, principalmente, o conteúdo de C e N do solo (MARTINS et al., 1991; FEIGL, 1994), com consequente aumento no pH, nos teores de cátions trocáveis, redução da acidez trocável e na dinâmica dos íons (FALLEIRO et al., 2003). Com o passar do tempo esse processo acarreta em diminuição da fertilidade do solo, sendo o fósforo (P) o nutriente que mais limita o desenvolvimento das plantas (MOREIRA & GONÇALVES, 2006). De acordo com Mendonça-Santos et al. (2008), os solos quando sofrem processo de desflorestamento, normalmente, são caracterizados por alta saturação de alumínio, baixa disponibilidade de nutrientes, MOS e baixa capacidade de troca cátions (CTC) e isso acarreta alta capacidade de lixiviação das bases.

As alterações físicas dos atributos do solo podem ser ocasionadas por diversos fatores. Os mais comumente encontrados são as práticas de lavouras (aração, gradagem, escarificação, etc) e, consequentemente, as práticas advindas da gestão relacionadas ao sistema de manejo. Fatores como a perda do solo por erosão, a redução da matéria orgânica e a compactação

contribuem para a degradação física do solo (BLAINSKI et al., 2008). O efeito do manejo do solo nos atributos físicos é dependente da textura (COSTA et al., 2009), no entanto, a textura do solo é um atributo pouco modificável no tempo e pouco afetada pelo manejo, ela é dependente principalmente dos fatores de formação do solo.

### **2.1.2 Influência do uso da terra na erosão hídrica**

A erosão é uma das principais consequências do uso inadequado do solo, a qual ocasiona a redução de produtividade das culturas. Em muitos casos, pode atingir magnitude que impeça uma propriedade de ser lucrativa, expulsando assim o homem do campo (MOTA et al. 2008).

O uso da terra é um dos fatores chave que influencia a suscetibilidade do solo à erosão, em nível regional (MINELLA et al., 2007). Mudanças provocadas pelo homem na cobertura vegetal natural do solo, e/ou, na sua natural estabilidade estrutural, resultam no aumento da degradação do solo e na fragilidade do mesmo à erosão (CEBECAUER & HOFIERKA, 2008).

Conforme Zachar (1982), a erosão hídrica é, na maior parte do planeta, a mais importante forma de erosão, intensificada quando há substituição da vegetação nativa por áreas de uso agrícola sem planejamento e desrespeitando a capacidade de uso dos recursos naturais envolvidos; por isto se tem, como consequência, alterações significativas no regime hidrológico dos rios havendo aumento das vazões no período de pico de chuvas e redução drástica em períodos de estiagem.

A substituição da vegetação nativa por plantas cultivadas, principalmente as de ciclo anual e, mais ainda, as dispostas em fileiras, normalmente causa desequilíbrio no ecossistema. Isso ocorre devido à mudança no tipo de uso da terra, o que leva invariavelmente a um novo uso com o solo sendo submetido a manejo intenso para adequá-lo às novas culturas. Esse novo sistema modifica as condições químicas, físicas e biológicas do solo, restringe suas funções primárias e, como resultado, ocasiona sua degradação (SCHRÖDER et al., 2002).

O cultivo do solo altera suas propriedades, especialmente quando comparado com a condição natural de campo ou florestas. Tais alterações são mais pronunciadas nos sistemas com preparo intensivo do solo, as quais se manifestam na estabilidade dos agregados do solo, influenciando a infiltração de água, erosão hídrica e desenvolvimento das plantas (BERTOL et al., 2004).

## 2.2 O MANEJO DO SOLO

O manejo do solo consiste num conjunto de operações, que vão desde a preparação inicial do solo até à colheita, realizadas com o objetivo de propiciar condições favoráveis à semeadura, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado. Para que esses objetivos sejam atingidos, é imprescindível a adoção de sistemas de manejo e de práticas conservacionistas. Prioridade deve ser dada ao sistema de manejo semeadura direta, visto que envolve, simultaneamente, a cobertura do solo que é a melhor prática conservacionista de caráter básico.

Alternativamente, poderão ser utilizadas práticas racionais de preparo do solo (EMBRAPA, 2004). O preparo mecânico e a aplicação de corretivos e fertilizantes fazem parte do manejo do solo e, por isso, são operações que assumem importante papel na erosão hídrica. O preparo modifica as características de superfície, tais como resíduos culturais (BERTOL et al., 1997) e rugosidade superficial (CORREA et al., 2012), e de subsuperfície, como a densidade e porosidade (ANDRADE et al., 2010), enquanto, os corretivos e fertilizantes, influenciam a capacidade do solo em produzir biomassa vegetal (BEZERRA et al., 2006; COSTA et al., 2008), dentre outros aspectos.

### **2.2.1 Influência do manejo nos atributos do solo**

O manejo altera os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, com impacto principalmente nas camadas superficiais (BLEVINS et al., 1983; SETA et al., 1993; CORÁ, 1997), determinado principalmente pelo preparo (revolvimento) mecânico.

Segundo Panachuki (2003), quando alguns atributos físicos do solo são modificados pelas práticas de manejo, a taxa de infiltração de água no solo modifica-se também, o que pode ocasionar o aumento do escoamento superficial e consequentemente aumento das perdas de solo e de água, alterando o equilíbrio hidrológico natural do sistema. As principais alterações que podem ocorrer nas propriedades físicas de um solo são evidenciadas pela diminuição do volume de macroporos, do tamanho de agregados e da sua taxa de infiltração de água. Assim, pode ocorrer um aumento da densidade do solo e, consequentemente, da resistência

à penetração de raízes (ALBUQUERQUE et al., 1995; CAVENAGE et al., 1999; UTSET e CID, 2001).

Uma importante característica do sistema semeadura direta é a alta quantidade de resíduos das culturas, consequentemente, alto conteúdo de MO e elevada mineralização na superfície do solo em relação ao solo preparado, justificando os elevados teores de CO nos sedimentos (CASSOL et al., 2002). A adoção de sistemas de manejo sem revolvimento do solo e a manutenção de resíduos vegetais na superfície, como na semeadura direta, favorece o lento e contínuo aporte de CO, o que é fundamental para a manutenção de uma estrutura de boa qualidade (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990). Além do mais, ocorre o maior acúmulo de nutrientes na superfície do solo ao serem liberados pela decomposição dos resíduos vegetais (MCDOWELL & MCGREGOR, 1980) e pelo próprio processo de lixiviação de nutrientes dos tecidos vegetais de plantas vivas (MODEL, 1990).

Os preparamos convencionais rompem os agregados na camada preparada e aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados do solo (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990). Estes sistemas de preparo aumentam o volume de poros dentro da camada preparada (BERTOL & ALMEIDA., 2000), a permeabilidade e o armazenamento de ar e facilitam o crescimento das raízes das plantas nessa camada (BRAUNACK & DEXTER, 1989), em relação à semeadura direta e ao campo nativo. Os aspectos positivos dos preparamos convencionais são perdidos, quando o solo, descoberto pelo efeito do preparo, é submetido às chuvas erosivas, as quais o desagregam na superfície pelo impacto das gotas, diminuem a taxa

de infiltração de água (DULEY, 1939; BERTOL et al., 2001) e aumentam o escoamento superficial e a erosão hídrica (BERTOL et al., 1997).

Gatto et al. (2003), evidenciaram que qualquer técnica de manejo do solo que venha acelerar o processo de mineralização, como a queima e o revolvimento do solo, contribui para a disponibilização mais rápida de nutrientes que poderão ser absorvidos pelas plantas ou, de alguma forma, perdidos do ecossistema.

PERIN et al. (2003) encontraram uma diminuição nos teores de matéria orgânica (MO) do solo com o tempo de uso agrícola quando comparado com solos de florestas. Quando comparado com áreas de campo nativo, o uso agrícola promoveu acréscimos nos teores. Isso confirma que, em ambientes com maiores produções de matéria seca, onde originalmente o teor de MO é mais elevado, a taxa de decomposição da MO pela incorporação do solo ao uso agrícola é maior.

Uma importante característica do sistema semeadura direta é a presença de resíduos das culturas, consequentemente, de decomposição constante e lenta dos resíduos e de mineralização também constante e lenta da MO, na superfície do solo, justificando os elevados teores de carbono orgânico (CO) nos sedimentos (CASSOL et al., 2002). Além do mais, ocorre o acúmulo de nutrientes na superfície do solo, decorrentes das adubações em superfície e por serem os mesmos liberados pela decomposição dos resíduos vegetais (MCDOWELL & MCGREGOR, 1980), bem como pelo próprio processo de lixiviação de nutrientes dos tecidos vegetais de plantas vivas (MODEL, 1990). O aumento na capacidade de troca de cátions do solo, devido ao maior teor de MO, pode proporcionar

concentrações suficientes de cátions trocáveis, mesmo em solo com alta acidez (CAIRES et al., 1998).

A maioria dos trabalhos aponta para um aumento no teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e a CTC do solo na camada mais superficial do solo para o sistema plantio direto (PD) (BAYER & MIELNICZUK, 1997; SOUZA & ALVES, 2003; OLIVEIRA et al., 2004). O maior teor de Ca e Mg em sistemas de culturas anuais podem ser em função da adição de calcário, à reciclagem de cálcio via decomposição de resíduos e ao aumento da CTC efetiva do solo, capaz de reter mais cátions nessa camada (SOUZA & ALVES, 2003). Segundo Almeida et al. (2005), a maior concentração de P e K na superfície dos solos sob sistema de semeadura direta (SD) deve-se, principalmente, ao modo de aplicação dos adubos nesse sistema.

Em sistema de pastagem, a textura do solo, a umidade e a quantidade de resíduos vegetais influenciam a compactação do solo (LANZANOVA et al., 2007). Em áreas de pastagem natural, pastagem degradada e floresta secundária, as áreas de pastagens apresentaram redução na qualidade do solo, como elevados valores de densidade do solo, redução de teor de matéria orgânica e na macroporosidade do solo, de acordo com os autores, o pisoteio dos animais favoreceu a compactação do solo nos dois sistemas de pastagens estudados (SANTOS et al., 2010).

Quanto ao impacto do fogo sobre as propriedades do solo, observa-se que, após a queima, geralmente permanece uma reduzida cobertura vegetal para diminuir o impacto das gotas de chuva (BERTOL et al., 1997; HERINGER e JACQUES, 2002; BARETTA et al., 2005). Como consequências da queima podem ocorrer modificações na taxa de infiltração e evapotranspiração

da água do solo, na porosidade e no aumento do grau de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica e eólica (CASSOL et al., 2004). SHARROW & WRIGHT (1977) constataram redução na infiltração e no armazenamento da água em um solo argiloso, nos Estados Unidos, sob pastagem nativa, quando submetida à queima com gasolina.

Ceddia et al. (1999) estudando queima em lavoura de cana, verificaram que a degradação das propriedades do solo é evidenciada pela redução do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis e pelo aumento da densidade do solo na profundidade de 0-5 cm. Nessas condições, os autores concluíram que pode ocorrer uma diminuição da velocidade de infiltração instantânea da água no solo, semelhante ao que poderia ocorrer nos trabalhos de De Bano et al. (1979) e Heringer et al. (2002). Além disso, as queimadas aceleram a mineralização da MOS, liberam nutrientes, como N e P, para a solução do solo, deixando o N susceptível a perdas por percolação e volatilização (MROZ et al., 1980), eliminam a cobertura vegetal (BERTOL et al., 1997; HERINGER et al. 2002) e facilitam as perdas de solo e nutrientes por erosão hídrica (BERTOL et al., 1997) e eólica.

Nos atributos químicos, a queima também reduz o aporte de matéria orgânica e, consequentemente, altera o ciclo do carbono, contribuindo para a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera. Quanto aos atributos biológicos, a ação do fogo diminui a disponibilidade de alimento para os microrganismos, diminuindo sobretudo a população da mesofauna do solo (REDIN et al., 2011). Em curto prazo, o fogo torna-se agente de mineralização, aumentando a disponibilidade de nutrientes para o crescimento das plantas,

especialmente em profundidades menores que 0,5 cm, devido às cinzas com alta concentração de P, K e Ca (COSTA, 1982).

A queima da massa seca de pastagem nativa aumenta a disponibilidade de nutrientes devido à mineralização da fitomassa ocasionada pelo fogo (BOLDO et al., 2006). É de se esperar, com isso, alterações dos teores de nutrientes no solo e na enxurrada decorrentes dessa queima. Em razão disso, aumenta a disponibilidade de nutrientes na camada superficial do solo no curto prazo (COUTINHO, 1990), enquanto no longo prazo esse efeito é contrário (BOLDO et al., 2006), devido às perdas do excesso de nutrientes, especialmente pela erosão hídrica.

## **2.2.2 Influência do manejo do solo na erosão hídrica**

Sistemas de preparo do solo que mantém a cobertura em contato direto com a superfície dissipam a energia cinética das gotas de chuva e impedem a desagregação do solo, além de constituir-se numa barreira à enxurrada reduzindo sua velocidade e capacidade de transporte de solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

No sistema de semeadura direta, a erosão hídrica do solo é diminuída principalmente devido à dissipação da energia cinética das gotas das chuvas e também à redução da velocidade e volume de enxurrada. Isto diminui a capacidade de desagregação e transporte pela chuva e enxurrada. (FOSTER, 1982). Como a desagregação é diminuída, o selamento superficial também é reduzido, proporcionando a manutenção da infiltração de água no solo em nível relativamente elevado. O aumento da resistência à desagregação do

solo superficial é, por sua vez, função do aumento da estabilidade dos agregados em água e da consolidação do solo (ELTZ et al., 1989). A redução da capacidade do fluxo em transportar materiais se deve a diminuição da sua energia, pela perda de velocidade, em função do aumento da tortuosidade do fluxo devido aos resíduos (BRAIDA, 1994). Ainda, os resíduos servem como obstáculo físico para o aprisionamento ou retenção das partículas desagregadas e em transporte, causando sua deposição.

Estudos relativos à eficácia de sistemas conservacionistas de manejo do solo no controle de perdas de nutrientes indicam que o total de nutrientes perdidos por erosão hídrica decresce quando tais sistemas são utilizados, em relação aos convencionais (SEGANFREDO et al., 1997; SCHICK, 1999; BERTOL et al., 2003; GUADAGNIN, 2003). Esta redução nos sistemas conservacionistas pode ser atribuída aos efeitos combinados do aumento da cobertura do solo com resíduos vegetais e consequente redução das perdas de solo e água, apesar de, em geral, aumentar a concentração dos nutrientes na água e no sedimento perdidos pela erosão hídrica em tais sistemas (McDOWELL & McGREGOR, 1980; SCHICK, 1999).

Streck & Cogo (2003) observaram que, quando o campo nativo é substituído por espécies vegetais cultivadas usando o método convencional de preparo com uma aração e duas gradagens, a erosão hídrica aumentou. O efeito residual do uso da terra persistiu, mas por apenas dois anos, em uma diminuição progressiva, após o que, deixou de existir e, então, tanto a erosão quanto a enxurrada estabilizaram. Já com culturas anuais em fileira seguindo culturas anuais em fileira, implantadas em semeadura direta por três anos e, então, voltando-se

a preparar o solo com uma aração e duas gradagens, o efeito do uso anterior da terra na erosão hídrica foi bem menor (cerca de seis meses), conforme estudo realizado por Volk & Cogo (2008).

A permanência dos resíduos culturais na superfície do solo é de fundamental importância porque eles atuam na dissipação (parcial ou total, dependendo do grau de cobertura) da energia cinética das gotas da chuva rente à superfície do solo, não permitindo dessa forma reaquisição de energia no processo e, em consequência, evitando ou minimizando a desagregação inicial de suas partículas e a formação de selos e, ou, crostas superficiais, resultando em aumento da infiltração da água da chuva e em diminuição da enxurrada (BAGATINI et al., 2011; SCHICK, 2014; RAMOS, 2015). Além desses benefícios, a cobertura superficial do solo, seja ela constituída por resíduos culturais ou plantas vivas (rasteiras), irá atuar como barreira física na diminuição da velocidade da enxurrada e, concomitantemente a isso, irá filtrar e induzir a deposição das partículas desagregadas do solo que se encontram sob processo de transporte no próprio local de ocorrência do fenômeno (COGO, 1981; COGO et al., 1984, 2003).

Estudando a eficácia da cobertura do solo na redução da erosão hídrica, vários autores obtiveram perdas de solo cerca de 80 % menores em cultivos com resíduos culturais mantidos na superfície, em relação às do preparo convencional (COGO et al., 1984; BERTOL, 1994; HERNANI et al., 1987; SCHICK, 1999). BERTOL et al. (1989) concluíram que uma cobertura por resíduos culturais de 60 % da superfície resulta em acentuada redução da velocidade do escoamento superficial da

água e em eficaz controle das perdas de solo, quando comparada à ausência de cobertura.

### **2.2.3 Influência do manejo da adubação nos atributos do solo e na erosão hídrica em semeadura direta**

A aplicação de corretivos e fertilizantes faz parte do manejo do solo e, por isso, é uma operação que assume importante papel na erosão hídrica. Os corretivos e fertilizantes influenciam a capacidade do solo para produzir biomassa vegetal (BEZERRA et al., 2006; COSTA et al., 2008), dentre outros aspectos.

Estudando o efeito de diferentes doses de adubo mineral aplicado em capim citronela (*Cymbopogon nardus*), Seixas (2012) verificou resposta positiva do aumento da dose do adubo na altura das plantas, no número de folhas e na produção de biomassa da parte aérea da cultura. O peso seco da parte aérea do chambá (*Justicia pectoralis*), foi avaliado por Bezerra et al. (2006) sob diferentes doses de adubo orgânico e mineral, tendo sido constatada resposta positiva da dose dos adubos na massa seca da parte aérea das plantas. Estudo semelhante foi conduzido por Costa et al. (2008), avaliando a resposta de adubo inorgânico e orgânico na produção de biomassa de capim-limão, verificando que o esterco avícola respondeu com maior eficácia na produção de biomassa seca da parte aérea da cultura, em relação aos demais tipos de adubos. Em estudo realizado com cultivo de soja, Santos et al. (2009) observaram resposta positiva da aplicação de doses de dejeto líquido de suínos na produção de biomassa da parte aérea e de raízes das plantas.

Bertol et al. (2007) verificaram maior erosão hídrica em solo adubado com dejeto líquido de suínos do que com

adubo mineral, sob chuva simulada, enquanto, Bagatini et al. (2011) verificaram que a aplicação de adubo orgânico e mineral reduziu as perdas de solo em relação à ausência dos adubos, pelo fato de ter influenciado a biomassa da parte aérea e de raízes, sem influência sobre as perdas de água, no cultivo de sorgo. Gilles et al. (2009), em trabalho sob chuva simulada, verificaram melhoria nos atributos do solo pela aplicação de adubo mineral e orgânico, pelo aumento na produção de biomassa de raízes e da parte aérea de milho, o que reduziu as perdas de água e solo por erosão hídrica.

Ao avaliar as propriedades químicas de um Cambissolo Húmico em diferentes sistemas de manejo do solo, Almeida et al. (2005) e Andrade et al. (2012) observaram aumento significativo do teor de carbono orgânico na camada de 0-0,025 m e dos teores de fósforo e potássio na camada de 0-0,1 m de solo cultivado sob semeadura direta em comparação ao preparo convencional. Segundo os autores, isso ocorreu devido à aplicação de adubos na superfície do solo e ausência de revolvimento ao longo dos anos, na semeadura direta. No preparo convencional, a adubação e os resíduos culturais foram incorporados à camada arável do solo, o que reduziu os teores de nutrientes nos sedimentos transportados pelo escoamento superficial (Bertol et al., 2007). Schick et al. (2000) e Leite (2003), trabalhando em Cambissolo Húmico e Nitossolo Bruno, respectivamente, observaram correlação linear e positiva dos teores de fósforo, potássio e carbono orgânico nos sedimentos erodidos e na camada de 0-2,5 cm de solo de origem da erosão. Dessa forma, as concentrações de nutrientes e carbono orgânico existentes nos sedimentos são dependentes do sistema de preparo e cultivo do solo.

A aplicação de adubos e corretivos durante longo tempo nas lavouras tende a elevar as concentrações de nutrientes no solo, especialmente na camada superficial e, consequentemente, elevar suas concentrações na enxurrada (POTE et al., 1996; SCHICK et al., 2000b; BERTOL et al., 2003; LEITE, 2003). O modo e a forma de aplicação de adubos e corretivos também afetam a concentração de nutrientes na enxurrada (CASSOL et al., 2002). Nos sistemas conservacionistas de manejo do solo os teores de nutrientes e de carbono orgânico nos sedimentos da erosão são enriquecidos em relação ao solo de onde eles vieram originalmente (BERTOL et al., 2004). Isto tem sido atribuído, em parte, aos sedimentos de menor diâmetro e densidade transportados pelo escoamento, os quais apresentam maiores teores de silte e principalmente de partículas de argila, do que o solo onde os sedimentos foram removidos (LANGDALE et al., 1985). Além disso, a fração coloidal e a matéria orgânica são os primeiros constituintes a serem removidos pela erosão hídrica, devido a sua baixa densidade, o que justifica o maior teor de carbono orgânico nos sedimentos da erosão do que na camada superficial original do solo (BARROWS & KILMER, 1963; SILVA et al., 2005).

A forma de aplicação de calcário e o tipo de manejo do solo interferem diretamente no efeito da calagem em termos de neutralização da acidez, disponibilidade de nutrientes e resposta das culturas, especialmente em condição de semeadura direta, caracterizada pelo baixo revolvimento do solo e a aplicação superficial de corretivos e adubos. Neste caso, a baixa solubilidade do calcário dificulta a mobilidade de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  ao longo do perfil (TISSI et al., 2004). O aumento do pH do solo altera a disponibilidade de nutrientes, causando

aumentos na absorção de N (GOODROAD & JELLUM, 1988), P, K, Ca e Mg (LUTZ JR. et al., 1972). Em alguns casos a correção da acidez pode ocorrer na subsuperfície, (MELLO et al., 2003; CAIRES et al., 2006), mas essa maior eficiência em profundidade depende de fatores, a saber: tipo de corretivo, dosagem, atributos físicos e químicos do solo, regime hídrico de cada região e do manejo das espécies vegetais de cobertura (ALLEONI et al., 2005).

Outros estudos, nos quais foram avaliadas camadas mais profundas do solo, abaixo dos 20 primeiros centímetros, verificou-se que o calcário aplicado na superfície, em sistema de semeadura direta, proporcionou melhoria nas condições de acidez do solo não só nas camadas superficiais, como também nas inferiores (OLIVEIRA & PAVAN, 1996; CAIRES et al., 2000, 2008).

#### **2.2.4 Influência do manejo da adubação na produção de biomassa vegetal e de grãos em semeadura direta**

A busca de alternativas de manejo de menor custo e maior produtividade que possibilite, pelo menos, a substituição parcial dos fertilizantes químicos por outros de natureza diversa deve ser constante (KLIEMANN et al., 2006, TEIXEIRA et al., 2010). A manutenção da palhada formada por resíduos culturais sobre o solo e sua posterior decomposição é uma medida importante para tomada de decisão em programas de adubação de alta precisão e eficácia. Em adição, os resíduos vegetais contêm macro e micronutrientes em forma orgânica lável, que podem se tornar disponíveis para a cultura subsequente, mediante a mineralização, contribuindo

para uma redução na adubação química (CALEGARI, 2004; CARVALHO et al., 2004).

A manutenção de restos culturais na superfície em um sistema de rotação de culturas é um importante fator para melhorar a estrutura do solo. Isto se reflete de maneira eficaz no incremento da infiltração de água, na redução da temperatura superficial, no aumento da estabilidade dos agregados e na disponibilidade de nutrientes e água e no estímulo das atividades microbiológicas. Como consequência, ocorre redução nas perdas por erosão do solo e água e um aumento gradativo da produtividade das culturas e a redução dos custos de produção (FLOSS, 2000).

Com o calcário previamente incorporado, a resposta das culturas à calagem tem sido semelhante nos plantios direto e convencional (ARSHAD & GILL, 1996), sendo que os métodos de preparo do solo não afetaram o pH e a distribuição de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis no perfil do solo (KLEPKER & ANGHINONI, 1995). Por sua vez, a adição superficial de manutenção de calcário ao solo com o sistema plantio direto tem sido efetiva em melhorar as condições de acidez da camada subsuperficial e aumentar a produtividade de grãos de soja (OLIVEIRA & PAVAN, 1996).

Pöttker & Ben (1998) constataram que a aplicação superficial de calcário corrige a acidez do solo, principalmente na camada de 0–5 cm, mas, mesmo assim, observaram aumentos na produtividade de grãos de soja e cevada, possivelmente devido às condições não muito drásticas da acidez na camada subsuperficial do solo. Segundo Caires et al. (1998), a ação neutralizante do calcário aplicado na superfície de áreas já cultivadas vai atingindo gradativamente as camadas mais profundas no perfil do

solo, o que faz com que essa prática produza resultados benéficos com o tempo de cultivo.

A calagem superficial propicia melhorias no ambiente radicular e, ressalvadas as situações de impedimento físico por compactação ou selamento de poros, também propicia alterações de atributos químicos em profundidade, comparáveis à calagem incorporada pelo revolvimento do solo, especialmente em solos menos argilosos e com menor acidez potencial (CAÍRES et al., 1998; AMARAL, 2002; GATIBONI et al., 2003).

### 3 HIPÓTESES

- O aumento da dose de adubos aplicados na superfície do solo cultivado em condição de semeadura direta aumenta da produção de biomassa vegetal e de grãos e diminui as perdas de água e solo por erosão hídrica.
- O aumento da dose de adubos aplicados na superfície do solo cultivado em condição de semeadura direta aumenta o teor de fósforo na superfície do solo e, com isso, aumenta o teor nos sedimentos da erosão, mas diminui a quantidade total do elemento perdido por erosão hídrica.
- As perdas de solo e de água por erosão hídrica se relacionam exponencialmente, de modo decrescente, com a quantidade de adubos aplicados na superfície do solo em condição de semeadura direta.
- A perda de solo erosão hídrica é modificada com a mudança de uso da terra; é menor na condição de campo nativo, intermediária em campo nativo submetido ao cultivo anual e maior em campo nativo em que a biomassa da parte aérea é regularmente queimada; as perdas de água não são modificadas.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar as perdas de água, solo e fósforo por erosão hídrica em diferentes tratamentos de manejo de adubação em condição de semeadura direta e de forma de uso da terra.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar a massa de resíduos culturais remanescentes na superfície e sua equivalente percentagem de cobertura do solo, bem como a produtividade de grãos das culturas comerciais, relacionando massa dos resíduos com as perdas de solo e água em condição de semeadura direta.
- Quantificar o teor de fósforo no solo e nos sedimentos da erosão e calcular as quantidades do elemento perdido por erosão, e relacionar os teores no solo com a dose de adubos aplicados na superfície em condição de semeadura direta.
- Quantificar as perdas de água e solo e os teores e perdas totais de fósforo por erosão hídrica, em três condições de uso da terra: campo nativo, campo nativo queimado regularmente e cultivo anual regular implantado sobre campo nativo.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A área experimental constituiu-se em dois experimentos situados no campus do Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages (SC), Universidade do estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), localizada entre 27° 49' latitude Sul e 50° 20' longitude Oeste, a 923 m de altitude, na região do Planalto Sul Catarinense. O clima é do tipo Cfb segundo a classificação de Köeppen (WREGE et al., 2011), com precipitação média anual de 1.533 mm no local (SCHICK, 2014). O terreno no local apresenta declividade média de 0,102 m m<sup>-1</sup> e o solo é um Cambissolo Húmico alumínico léptico, argiloso, com predomínio de siltito no substrato, descrito por Guadagnin (2003).

### 5.2 CARACTARIZAÇÃO DO SOLO E BREVE HISTÓRICO DE USO DA TERRA E MANEJO DO SOLO

Em ambos os experimentos, antes de instalar os tratamentos, o solo apresentava as seguintes características na camada de 0-0,2 m: 110; 70; 420; e 400 g kg<sup>-1</sup> de areia fina, areia grossa, silte e argila, respectivamente; 40 g kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico (CO); e 2,54 g cm<sup>-3</sup> de densidade de partículas. A densidade era de 0,91; 1,29; 1,29; e 1,26 Mg m<sup>-3</sup> nas camadas de 0-5; 5-10; 10-15; e 15-20 cm, sem variação entre os locais onde seriam instalados os tratamentos e, nas mesmas camadas, o volume de macroporos era respectivamente

de 0,15; 0,07; 0,07; e 0,07 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, enquanto, o de microporos era respectivamente 0,47; 0,42; 0,42; e 0,42 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

Ao iniciar o experimento (I), em 2003, fez-se o seguinte manejo do solo antes de instalar os tratamentos. O terreno foi sistematizado mecanicamente com uma aração ainda em novembro de 2002, seguida de três gradagens destorroadoras em fevereiro de 2003 e, esta, seguida de mais uma aração. Em março realizaram-se mais duas gradagens, uma destorroadora e outra niveladora, seguidas de uma escarificação, uma aração e uma gradagem niveladora em maio. Na área onde seriam instalados os tratamentos com cultivo do solo (T1, T2, T3, T4 e T5), aplicaram-se, a partir de 2003, calcário e fósforo (P) na forma de superfosfato triplo (SFT) para correção de pH e de nível de P no solo, nas quantidades e modos de aplicação, enquanto, na área do futuro T6, nada foi aplicado, como descrito a seguir.

Em T1: 12 kg de calcário e 12,9 kg de P por parcela (total da dose recomendada em CQFS RS/SC, 2004), incorporados ao solo no momento da instalação do experimento.

Em T2: 2,4 kg de calcário e 2,58 kg de P por parcela por ano (1/5 da dose por ano), durante cinco anos, a partir do momento da instalação do experimento em 2003, aplicados na superfície do solo.

Em T3: 4 kg de calcário e 4,3 kg de P por parcela por ano (1/3 da dose por ano), durante três anos, a partir do momento da instalação do experimento em 2003, aplicados na superfície do solo.

Em T4: 6 kg de calcário e 6,45 kg de P por parcela por ano (1/2 da dose por ano), durante dois anos, a partir do momento da instalação do experimento em 2003, aplicados na superfície do solo.

Em T5: 6 kg de calcário e 6,45 kg de P por parcela apenas no momento da instalação do experimento em 2003, aplicados na superfície do solo.

Em T6: O solo foi mantido sem calcário e P desde o momento da instalação do experimento em 2003.

Para iniciar o experimento II, em 2012, foi usada uma área de campo nativo que estava isolada e sem uso há mais de 10 anos, sem pastejo e sem qualquer outro tipo de manejo do solo e da pastagem. O experimento II consistiu em 3 tratamentos com 1 repetição. A sistematização da área onde seriam instalados os tratamentos (SD, QM e CN) foi feita como segue.

Em SD: a massa vegetal do campo foi roçada em março, a qual foi retirada da área das parcelas e colocada de lado. Em seguida, aplicaram-se em cada parcela 50,7 kg de calcário dolomítico+2,57 kg de adubo SFT (1,16 kg de  $P_2O_5$ ); juntamente, aplicou-se 80 kg  $ha^{-1}$  de semente de ervilhaca comum+100 kg  $ha^{-1}$  de aveia preta. Em seguida, a massa vegetal do campo que havia sido separada, foi retornada sobre o solo nas parcelas para cobrir o calcário, o adubo e as sementes.

Em QM: a massa vegetal do campo nativo foi roçada e queimada.

Em CN: foi mantida a vegetação de campo nativo tal qual se encontrava naquele momento.

## 5.3 TRATAMENTOS

### 5.3.1 No experimento (I)

No solo dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aplicaram-se a adubação anual de reposição nos cultivos de primavera/verão a partir de 2003, enquanto, no T5, essa adubação foi aplicada a partir de 2014, conforme CQFS

RS/SC (2004), para as culturas de soja, milho e feijão, em todos os anos, com P na forma de STF e K na forma de KCl, nas doses por cultivo para cada tratamento, aplicadas na superfície do solo, como a seguir descrito.

T1: 100% da dose ( $55,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de SFT +  $94,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl);

T2: 75% da dose ( $34,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de SFT +  $54,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl);

T3: 50% da dose ( $27,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de SFT +  $47,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl);

T4: 25% da dose ( $19,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de SFT +  $40,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl);

T5: 25% da dose ( $19,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de SFT +  $40,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl);

T6: o solo foi mantido permanentemente sem adubo.

No T5, o solo permaneceu sem adubação e com cultivo entre 2003 e 2008, foi mantido sem adubação e sem cultivo até 2013 e, a partir do início de 2014 voltou a ser cultivado com adubação de reposição anual de P e K equivalente a 25% daquela aplicada no T1.

### **5.3.2 No experimento (II)**

Os tratamentos neste experimento relacionaram-se a formas de uso da terra e de manejo da pastagem e do solo, como a seguir descrito.

SD: aplicaram-se a adubação anual de reposição nos cultivos de primavera/verão, soja, milho e feijão, conforme CQFS RS/SC (2004), nas seguintes doses por parcela:  $55,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de SFT +  $94,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl;

QM: a massa vegetal do campo nativo foi roçada e queimada uma vez ao ano, no mês de agosto, de acordo com o manejo praticado pelos fazendeiros tradicionais da região, sem adubação;

CN: foi mantida a vegetação do campo nativo tal qual se encontrava naquele momento, sem ADUBAÇÃO.

## 5.4 FORMA DE MANEJO DOS CULTIVOS

Nos tratamentos com cultivo T1, T2, T3, T4, T5 do experimento I e SD do experimento II, o cultivo do solo envolveu a seguinte rotação: aveia preta (*Avena strigosa*), soja (*Glycine max*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*), milho (*Zea mays*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), e feijão preto (*Phaseolus vulgaris*). As culturas de primavera-verão (soja, milho e feijão) recebiam a adubação de reposição com P e K, enquanto, as de outono-inverno (aveia, ervilhaca e nabo forrageiro), eram semeadas sem essa reposição, mas recebendo adubação em cobertura com uréia como fonte de N, conforme recomendação descrita em CQFS RS/SC (2004).

As culturas de soja, milho e feijão foram semeadas manualmente com auxílio de “saraquá”, em linhas no sentido paralelo ao declive, espaçadas respectivamente 0,45; 0,7; e 0,45 m entre si e as covas em cada linha espaçadas de 0,2 m, para as três culturas. As culturas de aveia, ervilhaca e nabo forrageiro foram semeadas manualmente a lanço na superfície do solo. Para esta pesquisa, nos dois experimentos foram consideradas as culturas de aveia preta, soja e ervilhaca comum em rotação.

A pesquisa foi iniciada no dia 29/04/2014, com o nabo forrageira, feijão-preto e ervilhaca comum as culturas cultivadas durante a pesquisa. A primeira cultura foi o nabo, seguido do feijão e finalizando a pesquisa com a cultura da ervilhaca.

O primeiro cultivo foi o nabo forrageiro, que teve se iniciou no dia 29/04/2014 e permaneceu nas unidades experimentais até o dia 30/08/2014, onde foi roçado e deixado sobre as parcelas como cobertura vegetal para

o próximo cultivo que veio a ser o feijão-preto. Durante o cultivo do nabo forrageiro foi realizado duas aplicações do herbicida “Poast” (1,25L ha<sup>-1</sup> ou 140 ml para cada bomba costal de 20 litros) para o controle de plantas daninhas na em todas as unidades experimentais do experimento I e no tratamento SD no experimento II.

No dia 18/08/2014 foi realizada a roçada da massa vegetal dos tratamentos QM no experimento II. Após deixou-se a massa vegetal sobre a parcela para posterior queimada, sendo a queimada da massa vegetal realizada no dia 23/08/2014.

No dia 29/10/2014 foi realizada uma aplicação de glifosato em todo em todas as unidades experimentais cultivadas do experimento I e no tratamento SD no experimento II para dessecação das plantas de nabo forrageiro e da vegetação espontânea para que posteriormente fosse feito a semeadura do feijão preto.

O cultivo do feijão preto foi compreendido do dia 10/11/2014 até 06/03/2015 em ambos os experimentos nos respectivos tratamentos, sendo no dia 11/11/2014 foi realizada uma adubação nitrogenada com uréia seguindo a recomendação do Manual de Adubação, no experimento I cada tratamento recebeu doses diferentes conforme explicado anteriormente.

No experimento II foi realizada a adubação completa recomendada nas unidades experimentais do tratamento SD, seguindo a mesma recomendação. No dia 24/11/2015 foi realizada outra adubação nitrogenada com ureia em ambos os experimentos seguindo a recomendação do Manual de Adubação.

Durante todo o ciclo do cultivo do feijão foi realizada o arranquio de plantas daninhas contidas dentro das unidades experimentais de ambos os experimentos, com

o intuito de diminuir a interferência das mesmas sobre o desempenho do cultivo do feijão preto.

A colheita das culturas de verão ocorreu de forma manual; no caso feijão as plantas foram arrancadas totalmente e manualmente do solo, depois foram trilhadas e os grãos separados, seus resíduos voltaram para a área de forma bem distribuída ao longo das parcelas. Para as culturas de inverno o manejo foi a roçada manual.

No dia anterior a colheita do feijão preto 05/03/2015 foi realizada a semeadura da cultura da ervilhaca. Na cultura da ervilhaca foi realizado o controle das plantas daninhas através do arranquio das mesmas nas parcelas do experimento I e II, assim como foi realizado no cultivo do feijão.

## 5.5 UNIDADE EXPERIMENTAL E SISTEMA COLETOR DE ENXURRADA

A parcela tinha dimensões de 22,1 m x 3,5 m ( $77,35\text{ m}^2$ ), delimitada nas laterais e na extremidade superior por chapas galvanizadas de 2 x 0,2 m, cravadas no solo em torno de 10 cm e, na extremidade inferior, por uma calha coletora de enxurrada, seguindo os critérios da Equação Universal de Perda de Solo – USLE (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Na extremidade inferior de cada parcela foi instalado um sistema coletor de enxurrada, composto de uma calha para receber o material erodido, conectada por um cano de PVC a um 1º tanque de 750 litros, de sedimentação, com capacidade de armazenagem de 650 litros, situado 6 m abaixo da parcela. Este, por sua vez, era ligado, através de um divisor de enxurrada tipo “Geib”, a um 2º tanque de mesmo volume e capacidade de

armazenagem do 1º. O divisor “Geib” permitia a passagem de 1/9 da enxurrada do 1º para o 2º tanque.

Figura 1- Imagem de uma parcela e de duas caixas coletoras com o divisor de enxurrada “Geib”. Fonte: o autor.



Figura 2 – Experimento I com suas unidades experimentais distribuídas e tanques coletores de enxurrada.



## 5.6 ATRIBUTOS DO SOLO ANTES, DURANTE E AO FINAL DA PESQUISA

### 5.6.1. Atributos físicos

Antes do início da pesquisa e imediatamente após o término de cada cultivo (verão e inverno), foram coletadas amostras alteradas e preservadas do solo, nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; e 10-20 cm, as amostras eram coletadas na parte central da unidade experimental e na entrelinha dos cultivos. Nas amostras preservadas foi determinada a densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, enquanto, nas alteradas determinou-se a estabilidade de agregados em água, de acordo com a metodologia proposta por Embrapa (1997). As amostras com estrutura preservada foram coletadas utilizando anéis metálicos com bordas cortantes, com volume de 46,76 cm<sup>3</sup> (4 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura) nas duas camadas superficiais, e com volume de 97,63 cm<sup>3</sup> (4 cm de diâmetro e 5 cm de altura) nas duas camadas inferiores. A decisão de separar as duas primeiras camadas a cada 2,5 cm se deveu ao fato de que, tratando-se de erosão hídrica do solo na escala de parcela com essas dimensões, os efeitos da erosão sobre o solo são mais pronunciados nos primeiros centímetros de solo.

A densidade foi determinada pela relação massa/volume, em base seca a 105 °C, determinada pelo método do anel volumétrico conforme Blake & Hartge (1986). O volume de microporos foi determinado por meio de retenção de água após saturação da amostra do solo e submetida à tensão de 6 kPa em mesa de tensão de areia, conforme descrito em Embrapa (1997). O volume

total de poros foi calculado pela relação entre densidade do solo e densidade de partículas, conforme está descrito em Embrapa (1997) e de acordo com a equação que segue.

$$Pt = 1 - (Ds / Dp), \text{ onde: (1)}$$

Pt = porosidade total ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );

Ds = densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ );

O volume de macroporos foi obtido pela diferença entre o volume total de poros e o de microporos. A densidade do solo foi determinada através da planilha utilizada para cálculos de porosidade, onde a Ds foi calculada através da fórmula: (solo seco a 105°C menos o peso do anel menos o peso do tule com borracha) dividido pelo volume do anel.

Para a determinação da estabilidade de agregados em água, as amostras foram secas ao ar e peneiradas. Os agregados de solo que passavam na peneira de 8 mm e ficavam retidos na peneira de 4,75 mm eram usados para esta determinação (aproximadamente 100 gramas de agregados do solo). Este teste foi determinado pela agitação vertical de agregados em água nas peneiras de 4,76, 2, 1 e 0,25 mm, segundo Yoder (1936), e os resultados foram expressos em diâmetro médio ponderado (DMP) segundo Kemper & Chepil (1965).

### **5.6.2. Atributos químicos**

O teor de P disponível no solo e nos sedimentos da erosão foi extraído pelo método do extrator duplo ácido (Mehlich 1) com solução ácida de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>, e determinado com leitura da

absorbância em espectrofômetro UV-VIS, seguindo a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

## 5.7 DETERMINAÇÃO DE MASSA SECA AÉREA, DE GRÃOS E DE COBERTURA DO SOLO

Após o término de cada um dos cultivos, nabo forrageiro, feijão e ervilhaca comum, uma amostra dos resíduos culturais foi coletada em uma área de 0,24 m<sup>2</sup> (0,4 m x 0,6 m), para quantificação da massa seca do resíduo. As amostras foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 50º C e finalmente pesadas, sendo os resultados expressos em Mg ha<sup>-1</sup>.

A produção de grãos foi determinada apenas para o feijão preto, cujas quantidades foram expressas em base seca, na unidade de kg ha<sup>-1</sup>.

A cobertura do solo pelos resíduos culturais foi realizada imediatamente ao final do ciclo de cada cultivo, após a operação de semeadura da cultura seguintes. Para tanto, utilizou-se o método da corda marcada, descrito por Hartwing & Laflen (1978), sendo os resultados expressos em %.

## 5.8 MONITORAMENTO DAS CHUVAS E CÁLCULO DA EROSIVIDADE

As chuvas foram monitoradas por meio de leituras diárias em pluviômetro e pluviógrafo instalados a 600 metros da área experimental. Para a determinação do fator de erosividade (EI<sub>30</sub>) das chuvas foram usados pluviogramas diários modelo IH-01-01, com amplitude de registro de 10 mm de precipitação e de 24 horas de duração, com unidades de 0,2 mm para o volume, e de

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

Nos pluviogramas diários, as chuvas erosivas foram cotadas manualmente em segmentos de intensidade uniforme, e registradas em planilhas. Posteriormente, utilizou-se o programa “Chuveros”, desenvolvido pelo prof. Elemar Antonino Cassol (UFRGS), para calcular a energia cinética segundo Wischmeier & Smith (1978). No referido programa, as unidades das equações de energia cinética foram convertidas para o Sistema Internacional de Unidades, de acordo com Foster et al. (1981).

## 5.9 QUANTIFICAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO

Após a ocorrência de cada evento de chuva erosiva ou de chuvas acumuladas, os sedimentos eram retirados de dentro dos tanques (quando a sua quantidade assim permitia) e pesados. Em amostras de sedimentos dos tanques, coletadas em potes de alumínio, secas em estufa com temperatura de 55 – 60º C corrigia-se a massa de sedimentos para a base de solo seco.

Após, foram registradas as alturas de enxurrada dentro dos tanques e, em seguida, a enxurrada foi homogeneizada e, dela, coletadas amostras utilizando-se frascos de vidro numerados, com capacidade de 300

mL, em número de três (repetições) por tanque. O produto da altura de enxurrada dentro dos tanques pela área dos tanques forneceu o volume de enxurrada. Nas amostras de enxurrada se determinava a concentração e a massa de sedimentos existentes na suspensão. Para isso, no laboratório, eram adicionadas de 3 a 5 gotas de ácido clorídrico (2,5 N) em cada frasco contendo a enxurrada, com a finalidade de precipitar os sedimentos em suspensão. O sobrenadante era retirado de dentro dos frascos 24 a 48 horas após, sifonando-o com uma mangueira de borracha, deixando-se uma lâmina de cerca de 1 cm de água sobre os sedimentos no fundo dos frascos. Os frascos eram então levados à estufa com circulação de ar, na temperatura de 55 – 60º C, até que atingissem massa constante.

A partir das amostras de sedimentos secos nos frascos de vidro, era calculada a massa de solo contida em suspensão nos tanques, relacionando-se com o volume de enxurrada dos mesmos. Estes valores foram adicionados aos de massa de solo seco e volume de água contida nos sedimentos, permitindo obter as perdas totais de solo ocorridas em cada chuva. A coleta e processamento das amostras de suspensão para os cálculos das perdas de solo e água seguiu a metodologia sugerida por Cogo (1978).

Os dados de perdas 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), utilizando a equação:

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

S = fator grau do declive; e  
θ = ângulo do declive.

Posteriormente, esses dados foram agrupados separados em cada um dos cultivos aos quais pertenciam. As perdas de solo e agua são referentes aos períodos de cada cultura separadamente.

#### 5.10 COLETA, PROCESSAMENTO E ANÁLISE QUÍMICA DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS E ÁGUA DA ENXURRADA

No cultivo do nabo, as amostras de sedimentos da erosão foram agrupadas e homogeneizadas, perfazendo uma única amostra para cada parcela, durante o cultivo. Nos cultivos seguintes ao nabo forrageiro (feijão preto, ervilhaca) as amostras foram submetidas ao mesmo procedimento. Após o término de cada cultivo as amostras de solo agrupadas foram enviadas para o laboratório de rotina. Por exemplo: para o nabo forrageiro, as amostras de sedimentos da erosão coletadas nas datas de 06/05/2014 e 20/10/2015 foram misturadas, por parcela, perfazendo a amostra 1. O mesmo procedimento foi realizado para as demais amostras de cada cultivo.

Tabela 1 - Data correspondente ao período de cada cultivo e a data correspondente a cada coleta de sedimentos da erosão, por cultivo.

Cultivo de nabo forrageiro			
Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
09/05/2014	22/05/2014	13/06/2014	01/10/2014
18/10/2014	18/10/2014	05/11/2014	

Cultivo de feijão preto			
22/12/2014	09/01/2015	22/01/2015	16/03/2015

Cultivo de ervilhaca			
30/03/2015	29/05/2015	15/06/2015	18/06/2015
10/07/2015	28/08/2015	18/09/2015	28/09/2015
14/10/2015			

Fonte: o autor.

## 5.11 CÁLCULO DAS PERDAS TOTAIS DE SOLO E ÁGUA E DE CO e P

Para a determinação das perdas totais de CO e do nutriente P nos sedimentos da erosão, multiplicou-se o teor de cada elemento encontrado nos sedimentos pela quantidade total de sedimentos.

## 6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

As unidades experimentais do experimento I foram distribuídas de maneira inteiramente casualizada na área, sem repetição de campo, por isso, os optou-se por apresentar apenas o coeficiente de variação. No experimento II, com duas repetições de campo para os tratamentos, foi realizada a análise de variância e, quando os tratamentos diferiram entre si, as médias foram testadas por Duncan ( $p\leq 0,05$ ).

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA, CARBONO ORGÂNICO, DESIDADE E POROSIDADE DO SOLO

Na tabela 2 estão apresentados os valores absolutos de diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) e carbono orgânico do solo (CO), referentes aos tratamentos do Experimento I. Em geral, os valores de DMP que representam a estabilidade dos agregados do solo em água, podem ser considerados altos nos tratamentos com adubação, independentemente da dose de adubo aplicado e do momento da avaliação (antes ou ao final da pesquisa). Isto é comum em solos de textura argilosa e com alto teor de carbono orgânico ou matéria orgânica como o da presente pesquisa, conforme constatado também por Barilli (2005), Almeida et al. (2005) e Andrade et al. (2010).

Tabela 2 - Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) e teores de carbono orgânico do solo (CO), determinados em quatro camadas do solo e nos cultivos no início (ANTES) e ao final da pesquisa no experimento I. (continua)

Tratamento	Antes	Ao final	Antes	Nabo	Feijão	Ervilhaca
	DMP (mm)			CO ( $\text{g kg}^{-1}$ )		
----- 0 – 2,5 cm -----						
T1	5,6	5,7	31,8	32,4	33,1	34,5
T2	5,5	5,6	30,6	31,2	32,9	33,4
T3	5,4	5,4	29,7	30,5	31,1	32,0
T4	5,3	5,4	24,9	25,3	26,0	26,8
T5	2,9	4,3	19,4	20,8	21,5	22,2
T6	2,3	2,2	13,3	12,9	12,6	11,7
CV (%)	30,3	25,5	26,7	27,0	28,0	29,6
----- 2,5 – 5 cm -----						
T1	5,6	5,7	22,8	23,4	23,8	25,0
T2	5,5	5,6	21,6	21,8	22,4	22,9
T3	5,3	5,4	20,1	21,1	21,3	21,7
T4	5,3	5,4	16,8	17,2	17,8	18,2
T5	1,8	4,5	14,1	15,0	15,6	16,3
T6	1,5	1,4	12,7	12,6	12,3	12,1
CV (%)	43,0	31,8	20,9	20,9	21,3	22,4

Tabela 3 - Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) e teores de carbono orgânico do solo (CO), determinados em quatro camadas do solo e nos cultivos no início (ANTES) e ao final da pesquisa no experimento I. (conclusão)

	5 – 10 cm					
T1	5,5	5,7	20,1	22,0	22,2	23,9
T2	5,5	5,6	19,8	21,1	21,7	22,5
T3	5,5	5,5	19,0	20,6	20,9	21,1
T4	5,4	5,5	16,1	16,7	17,2	17,8
T5	1,9	4,3	13,7	14,2	14,9	15,3
T6	1,6	1,6	12,6	12,4	12,1	11,9
CV (%)	41,4	31,2	17,5	20,4	20,6	15,6
	10 – 20 cm					
T1	5,5	5,6	19,9	20,6	21,1	21,4
T2	5,3	5,4	19,7	20,1	20,7	21,0
T3	5,3	5,4	19,0	20,3	21,0	21,3
T4	5,4	5,4	15,9	16,5	17,0	17,1
T5	2,0	4,7	13,3	13,9	14,2	14,4
T6	1,8	1,8	12,5	12,3	12,3	12,1
CV (%)	38,5	27,8	18,0	19,0	19,7	20,4

T1: 100% da dose de adubos a partir de 2003; T2: 75% da dose a partir de 2003; T3: 50% da dose a partir de 2003; T4: 25% da dose a partir de 2003; T5: 25% da dose a partir de 2014; T6: o solo foi mantido permanentemente sem adubo.

CV: coeficiente de variação. Fonte: o autor.

De acordo com Bronick & Lal (2005) e Andrade et al. (2010), a agregação resulta do rearranjo de partículas, floculação e cimentação mediado pelo C orgânico do solo, biota, ponte iônica, argila e carbonatos, sendo o C, ao mesmo tempo, agente de ligação e núcleo na formação dos agregados. Nos tratamentos em que o solo recebeu a adubação química, os valores de DMP tenderam aumentar com a dose de adubo aplicado. Nos tratamentos com maior dose de adubo houve aumento de biomassa vegetal que resultou em aumento do teor de CO, em decorrência da matéria orgânica, o que influenciou positivamente a agregação do solo. Isto se confirma comparando-se os tratamentos T1 e T5, por exemplo, em que, o DMP foi 1,69 vezes maior no T1 do que no T5, na média das camadas e dos momentos de coleta (Tabela 1). A Comparação dos momentos de coleta entre si, antes e ao final da pesquisa, também comprova essa tendência, pois, o DMP foi 1,11 vezes maior no final de três cultivos do que no início da pesquisa, na média das camadas e dos tratamentos, segundo verificado também por Alleoni et al. (2005) e Andrade et al. (2010).

Ao comparar o DMP dos tratamentos T1 e T6, é possível verificar que no T1 o valor foi 3,12 vezes maior que no T6, na média das camadas e dos momentos de coleta das amostras (Tabela 1). Isto comprova mais uma vez que a adição de adubo proporciona maior biomassa vegetal, aumenta o teor de matéria orgânica do solo e, com isso, influencia positivamente a agregação do solo (Albuquerque et al., 1995; Andrade et al., 2010). Por isso, este fato fica mais evidente ao comparar o tratamento em que o solo foi cultivado com aquele em que o solo foi mantido completamente sem cultivo

durante todo o período experimental (desde 2003) incluindo o período de tempo desta pesquisa.

Ao comparar os teores de CO nos tratamentos do experimento I após os três cultivos, é possível afirmar que o teor de CO no T1 foi o maior entre os tratamentos que receberam adubação no período do experimento. No T1 foi 1,53 vezes maior do que no T5 e duas vezes maior quando se comparam com o T6. Ao se comparar apenas a camada mais superficial do solo (0-2,5 cm), esses resultados são ainda mais expressivos, pois o teor de CO no T1 foi 1,57 maior do que no T5 e 2,61 vezes maior do que no T6.

Na tabela 3 estão apresentados os valores absolutos de diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) e carbono orgânico do solo (CO), referentes aos tratamentos do Experimento II. Comparando-se os momentos de coleta entre si, antes e ao final da pesquisa, verifica-se que valor do DMP foi numericamente igual.

Ao comparar as médias dos DMP dos tratamentos, é possível verificar que a maior média foi do campo nativo (CN), sendo 1,02 vezes maior do que a média do campo queimado (QM), sendo este o tratamento com menor média de DMP. Os teores de CO foram maiores no tratamento do campo nativo (CN) e menores para o tratamento campo nativo queimado (CN). O comparar as médias do teor de CO dos tratamentos, CN obteve maior média, sendo 1,04 vezes maior que no SD, e 1,08 maior que no QM.

Os resultados obtidos de DMP e CO do experimento II seguiram a mesma tendência do experimento I, onde o teor de CO influenciou positivamente na estabilidade de agregados do solo, aumentando os valores de DMP.

Tabela 4 - Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) e teores de carbono orgânico do solo (CO), determinados em quatro camadas do solo e nos cultivos no início e ao final da pesquisa no experimento II.

Tratamento	Antes	Ao final	Antes	Nabo	Feijão	Ervilhaca
	DMP (mm)				CO ( $\text{g kg}^{-1}$ )	
0 – 2,5 cm						
SD	5,56	5,60	31,5	31,9	32,4	32,6
QM	4,78	4,83	32,0	31,0	29,1	30,2
CN	5,65	5,66	33,1	33,4	33,5	33,9
CV (%)	7,0	7,0	2,0	3,0	5,9	4,7
2,5 – 5 cm						
SD	5,55	5,59	22,3	22,9	23,1	23,7
QM	5,43	5,46	21,8	21,8	20,2	23,1
CN	5,69	5,72	23,6	23,7	24,2	24,9
CV (%)	1,9	1,9	3,3	3,4	7,4	3,1
5 – 10 cm						
SD	5,61	5,63	21,4	22,0	22,8	23,1
QM	5,56	5,60	21,1	21,6	21,5	21,8
CN	5,64	5,66	22,2	22,9	23,0	23,3
CV (%)	0,5	0,4	2,1	2,4	2,9	2,9
10 – 20 cm						
SD	5,54	5,60	21,0	21,5	21,9	22,1
QM	5,52	5,50	20,9	21,1	21,4	21,7
CN	5,58	5,58	21,9	22,3	22,4	22,7
CV (%)	0,4	0,7	2,1	2,3	1,8	1,8

SD: Semeadura direta; QM: campo queimado; CN: campo nativo; CV: coeficiente de variação. Fonte: o autor.

Na tabela 4 estão apresentados os dados referentes a densidade do solo, macroporosidade e porosidade total em quatro camadas do solo do

Experimento I. Em geral, os valores de Ds, macroporosidade e porosidade total que representam a física do solo, podem ser considerados altos em todos os tratamentos, com destaque para T6 que apresentou os maiores calores e T1 que apresentou os menores valores.

Ao comparar os valores de macroporosidade e porosidade total, observa-se um aumento nos valores de macroporosidade e porosidade total entre o início da pesquisa e o seu término nas duas camadas iniciais do solo (0-2,5 cm e 2,5-5 cm), com exceção do T6 (solo descoberto). Este comportamento pode ser atribuído a ação das raízes das plantas que estavam presentes em maior número nessas primeiras camadas e que contribuíram para melhorar a estruturação do solo. Este efeito pode ser atribuído também a cobertura do solo na semeadura direta como visto anteriormente por Albuquerque et al. (1995), Silva et al. (2006) e por Andrade et al. (2010).

Tabela 5 - Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma) e porosidade total (PT) em quatro camadas do solo no Experimento I antes e ao final da pesquisa. (continua)

Tratamentos	Antes	Ao final	Antes	Ao final	Antes	Ao final
	Ds (g cm <sup>-3</sup> )		Macroporosidade (%)		Prosidade total (%)	
0- 2,5						
T1	1,23	1,13	13,4	16,7	52,0	57,8
T2	1,26	1,24	10,2	16,3	43,9	55,9
T3	1,30	1,26	12,7	15,5	43,3	51,6
T4	1,31	1,27	12,8	14,2	43,9	47,5
T5	1,38	1,31	6,2	11,9	38,2	46,3
T6	1,40	1,35	12,6	10,2	36,0	37,8
CV (%)	4,6	5,4	22,1	16,7	11,8	13,4
2,5 – 5 cm						
T1	1,26	1,22	10,5	17,8	50,2	55,2
T2	1,28	1,23	8,3	15,4	47,0	51,6
T3	1,29	1,24	9,9	12,3	43,4	50,4
T4	1,30	1,25	8,8	12,7	40,9	46,8
T5	1,31	1,29	7,7	11,2	41,1	45,1
T6	1,39	1,36	7,1	6,9	35,3	37,9
CV (%)	3,1	3,7	13,6	26,7	11,0	11,8

Tabela 6 - Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma) e porosidade total (PT) em quatro camadas do solo no Experimento I antes e ao final da pesquisa. (conclusão).

	5 – 10 cm					
T1	1,24	1,22	8,8	17,8	48,3	50,0
T2	1,25	1,20	7,2	15,9	43,4	45,6
T3	1,30	1,29	8,7	16,7	41,5	43,2
T4	1,36	1,32	8,5	14,8	39,8	41,4
T5	1,49	1,45	9,7	17,5	36,8	38,8
T6	1,33	1,38	10,8	9,7	34,6	31,3
CV (%)	6,7	6,8	12,4	17,7	10,9	13,9
	10 – 20 cm					
T1	1,29	1,24	5,1	18,4	40,0	45,2
T2	1,35	1,34	7,3	16,3	39,3	41,7
T3	1,64	1,54	7,1	15,5	37,2	39,4
T4	1,66	1,61	6,8	14,3	36,2	37,3
T5	1,68	1,63	5,6	13,6	34,3	35,6
T6	1,69	1,71	11,7	9,5	36,2	29,4
CV (%)	10,6	11,0	29,4	18,8	5,2	13,0

T1: 100% da dose de adubos a partir de 2003; T2: 75% da dose a partir de 2003; T3: 50% da dose a partir de 2003; T4: 25% da dose a partir de 2003; T5: 25% da dose a partir de 2014; T6: o solo foi mantido permanentemente sem adubo.

CV: coeficiente de variação. Fonte: o autor.

Nas camadas subsequentes (5-10 cm e 10-20 cm) ocorreu também um aumento da macroporosidade e porosidade total entre o início e o término da pesquisa, seguindo a tendência das camadas mais superficiais do solo, o que pode ser atribuído ao teor de CO e matéria orgânica presentes nessas camadas (Andrade et al., 2010).

A adubação e correção da acidez se pode afirmar que em todos os tratamentos com cultivo do solo tiveram efeito positivo sobre as propriedades físicas do solo e na Ds, como aumento da porosidade total e da macroporosidade, e diminuição da Ds, segundo constatado também por Andrade et al. (2012).

Na tabela 5 estão apresentados os valores absolutos de Ds, macroporosidade e Porosidade total do solo, referentes aos tratamentos do Experimento II. Em geral, os valores de macroporosidade e porosidade total podem ser considerados altos em todos os tratamentos, com destaque para o campo nativo CN que apresentou os maiores valores para Ma.

Ao comparar todos os tratamentos entre si, verifica-se que a macroporosidade do CN foi 1,16 vezes maior que o SD, e 1,3 vezes maior que o QM, na média das camadas e ao final da pesquisa. Ao comparar as médias de macroporosidade dos tratamentos, é possível averiguar que a média do CN foi superior as médias dos outros tratamentos, sendo 1,19 vezes maior que a do SD e 1,34 a do QM.

Se comparar separadamente apenas SD e CN, verifica-se que a macroporosidade do SD foi maior 1,12 vezes que QM, na média das camadas e ao final da pesquisa, seguindo assim a mesma tendência quando se comparou CN com QM.

A D<sub>s</sub> seguiu a mesma tendência do experimento I, onde a D<sub>s</sub> apresentou valores absolutos menores ao final da pesquisa nas duas camadas iniciais do solo quando comparada com o início da pesquisa independente do tratamento.

Tabela 7 - Densidade do solo (D<sub>s</sub>), macroporosidade (M<sub>a</sub>) e porosidade total (P<sub>T</sub>) em quatro camadas do solo no Experimento II antes e ao final da pesquisa.

Tratamentos	Antes	Ao final	Antes	Ao final	Antes	Ao final						
Ds (g cm <sup>-3</sup> )												
Macroporosidade (%)												
----- 0- 2,5 -----												
SD	1,25	1,23	15,5	18,5	49,4	57,0						
QM	1,19	1,16	13,6	16,8	43,3	59,7						
CN	1,14	1,15	17,1	20,6	51,4	56,6						
CV (%)	3,7	1,4	9,2	8,3	7,1	2,3						
----- 2,5 - 5 -----												
SD	1,27	1,24	9,8	13,0	48,7	55,5						
QM	1,22	1,17	9,9	11,6	42,1	49,2						
CN	1,14	1,15	16,1	18,8	47,8	51,8						
CV (%)	7,5	5,5	24,6	21,5	6,3	4,9						
----- 5 - 10 -----												
SD	1,58	1,54	11,1	14,6	48,1	54,4						
QM	1,66	1,59	8,8	11,8	42,1	49,2						
CN	1,63	1,57	13,0	15,3	51,0	55,0						
CV (%)	2,0	1,3	15,6	10,8	5,6	3,8						
----- 10 - 20 -----												
SD	1,61	1,57	9,3	11,3	41,7	45,7						
QM	1,60	1,59	7,9	11,2	38,8	45,4						
CN	1,66	1,65	10,8	11,6	45,8	48,9						
CV (%)	1,6	2,5	12,6	1,4	6,8	3,3						

SD: Semeadura direta; QM: campo queimado; CN: campo nativo;  
CV: coeficiente de variação. Fonte: o autor.

## 7.2 PRODUÇÃO DE MASSA SECA AÉREA E TAXA DE COBERTURA DO SOLO

Na tabela 6 são apresentados os valores da produção de massa seca na parte aérea das culturas e de cobertura (%) referentes ao experimento I. Em todos os cultivos, quanto maior a dose de adubo aplicado maior foi a produção de massa seca na parte aérea do resíduo cultural, bem como, maior foi a cobertura do solo, concordando com Seixas (2012). Este autor verificou resposta positiva do aumento da dose do adubo na altura das plantas, no número de folhas e na produção de biomassa da parte aérea da cultura do capim citronela (*Cymbopogon nardus*). O tratamento T1 apresentou maiores valores do que os demais, destacando-se principalmente em relação ao tratamento T5. Isto é atribuído ao fato do T1 ter recebido 100% da dose recomendada de adubos químicos para reposição das culturas, enquanto, os demais tratamentos receberam regressivamente menores doses. Assim, o T5 recebeu apenas ¼ da dose de adubos em relação ao T1.

Em decorrência da maior produção de massa seca e de cobertura do solo no T1, houve menor perda de água solo por erosão hídrica, o que contribuiu para a ocorrência de maior teor de matéria orgânica no solo, com consequente maior disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Tabela 8 - Produção de massa seca na parte aérea do resíduo cultural, taxa de cobertura do solo e produtividade de grãos nos três cultivos no Experimento I.

Tratamentos	Taxa de cobertura %	Produção de MS
		Kg ha <sup>-1</sup>
Nabo		
T1	99	5.820
T2	96	5.550
T3	92	4.830
T4	89	4.200
T5	48	2.550
Média	85	4.590
CV (%)	22,1	25,4
Feijão		
T1	99	5.790
T2	97	5.520
T3	95	4.900
T4	87	3.740
T5	46	2.860
Média	85	4.562
CV (%)	23,4	24,2
Ervilhaca		
T1	99	5.600
T2	98	5.330
T3	97	4.150
T4	85	3.640
T5	42	2.410
Média	84	4.226
CV (%)	25,8	27,5

T1: 100% da dose de adubos a partir de 2003; T2: 75% da dose a partir de 2003; T3: 50% da dose a partir de 2003; T4: 25% da dose a partir de 2003; T5: 25% da dose a partir de 2014; T6: o solo foi mantido permanentemente sem adubo.

CV: coeficiente de variação. Fonte: o autor.

Na tabela 7 estão apresentados os dados de cobertura do solo e de massa seca na parte aérea produzida pelos resíduos culturais referentes ao experimento II. Nesta tabela estão apenas os dados de produção de massa seca das plantas cultivadas em condição de semeadura direta, pois, não foi determinada a produção de massa seca do campo nativo e do campo nativo queimado.

Tabela 9- Produção de massa seca na parte aérea do resíduo cultural, taxa de cobertura do solo e produtividade de grãos nos três cultivos no Experimento II.

Tratamentos	Taxa de cobertura	Produção de MS
	%	Kg ha <sup>-1</sup>
Nabo		
SD	94	5.495
QM	97	-
CN	100	-
CV (%)	2,5	-
Feijão		
SD	94	5.480
QM	91	-
CN	100	-
CV (%)	3,9	-
Ervilhaca		
SD	96	4.985
QM	97	-
CN	100	-
CV (%)	1,7	-

SD: semeadura direta; QM: campo nativo queimado; CN: campo nativo. CV: coeficiente de variação. Fonte: o autor.

Como pode se observar na tabela 6, a maior taxa de cobertura foi a do campo nativo em seu estado natural, sem ter sofrido nenhuma influência antrópica. Isto pode ser atribuído ao fato do campo, nesta condição, não ter sofrido nenhuma ação antrópica e, assim, sua vegetação já se encontrava bem estabelecida e formada, em equilíbrio, proporcionando elevada taxa de cobertura do solo, alto teor de matéria orgânica, gerando um solo melhor estruturado que proporcionou menores perdas de agua, solo e nutrientes.

Ao comparar a semeadura direta com o campo nativo queimado, é possível observar que antes da queima do campo nativo (23/08/2014), a taxa de cobertura do solo entre estes tratamentos era muito similar. Após a queima do campo nativo a taxa de cobertura do solo neste tratamento diminuiu em relação à semeadura direta com a cultura do feijão, porém na cultura seguinte, ervilhaca, o tratamento Campo queimado já se havia restabelecido a vegetação e com isso, a cobertura do solo voltou a ser superior ao tratamento semeadura direta.

Em relação a matéria seca o cultivo do nabo foi o que teve maior produção de MS, seguido do feijão e ervilhaca respectivamente, sendo a produção de MS do cultivo nabo foi 1,1 vezes maior quando comparada com a ervilhaca.

### 7.3. PRODUÇÃO DE GRÃOS

Na tabela 8 estão os dados referentes a produção de grãos da cultura do feijão preto, em ambos os experimentos, I e II. No experimento I, a produção de grãos seguiu a mesma tendência da produção de MS. Assim, o tratamento T1 apresentou a maior produção de

grãos e o T5 apresentou a menor produção, visto que T1 foi o que recebeu a maior dose, diminuindo progressivamente até o tratamento T5. Assim, a partir de 2008 o tratamento T5 recebeu a mesma dose de adubo que T4, porém, o T5 permaneceu cinco anos sem cultivo do solo, o que afetou negativamente sua produção em relação ao T4. Isto ocorreu devido a menor quantidade de nutrientes aplicados no solo o que concorreu para sua degradação. A produção de grão, maior de acordo com a maior dose de adubação de reposição, vai de acordo com Melém Júnior et al. (2011) que também relataram aumento na produtividade de grãos em feijão-comum em função do aumento da dose de fertilizantes aplicados no solo.

No experimento II a produção de grãos foi superior quando comparada com o tratamento T1 do experimento I que recebeu a mesma dose. Este fato pode estar relacionado à condição do solo que, no experimento II, apresentada, em sua superfície, cascalhos que podem ter dificultado a emergência e desenvolvimento das plantas de feijão, em comparação ao T1 do experimento I que o solo nada de cascalho apresentava.

Tabela 10 - Produção de grãos da cultura do feijão preto em todos os tratamentos no experimento I e na SD do experimento II.

<b>Experimento I</b>	
Tratamentos	Produção de grãos (Kg ha <sup>-1</sup> )
T1	2.590
T2	2.242
T3	1.817
T4	1.331
T5	975
CV (%)	32,7
<b>Experimento II</b>	
SD	2.201

T1: 100% da dose de adubos a partir de 2003; T2: 75% da dose a partir de 2003; T3: 50% da dose a partir de 2003; T4: 25% da dose a partir de 2003; T5: 25% da dose a partir de 2014; T6: o solo foi mantido permanentemente sem adubo. CV: coeficiente de variação. Fonte: o autor.

## 7.4 PERDAS DO SOLO E ÁGUA

As perdas de solo e água referentes ao experimento I são apresentadas na tabela 9. Houve grande variação nas perdas de solo entre os tratamentos para cada cultivo, principalmente, com menor variação entre os cultivos para cada tratamento. Assim, entre os tratamentos com cultivo do solo (T1 a T5), a variação foi de 80 vezes, na média dos cultivos. Isto era esperado, pois, o aumento da dose de fertilizantes do tratamento T5 para o T1 proporcionou aumento da produção e biomassa e de cobertura do solo (Quadro 6), tanto na parte aérea quanto internamente no solo (raízes). Como consequência, a biomassa da parte aérea protegeu a superfície do solo contra os agentes erosivos, impacto das gotas das chuvas e escoamento superficial,

enquanto, a biomassa de raízes aumentou a resistência do solo á erosão por meio do aumento da consistência mecânica do solo da melhoria dos atributos físicos (BERTOL et al., 2014). Comparando-se o tratamento T6 com a média dos tratamentos com cultivo, a variação de perdas de solo foi de 12,8 vezes, na média dos cultivos. Isto também era esperado, devido às mesmas razões recém-discutidas quando se comparou os tratamentos com cultivo entre si, ou seja, devido à influência da biomassa produzida em T1, T2, T3, T4 e T5 e total ausência em T6. Resultados semelhantes a estes foram observados também por outros autores (COGO et al., 2003; BEUTLER et al., 2003; SILVA et al., 2009; BERTOL et al., 2014; SCHICK, 2014), embora com variações de tratamentos, de solos e de condições climáticas.

A variação de perdas de solo entre os cultivos, menor do que entre os tratamentos (Tabela 9), pode ser relacionada à variação de altura de chuva e de teor de água no solo antecedente às chuvas devido às variações climáticas ocorridas. Resultados semelhantes a estes foram observados também por outros autores (COGO et al., 2003; BEUTLER et al., 2003; SILVA et al., 2009; BERTOL et al., 2014; SCHICK, 2014), embora com variações com diferentes tratamentos, solos e condições climáticas em relação a este experimento.

Tabela 11 - Altura de chuva, perdas de solo e perdas de água por erosão hídrica, em cada tratamento e para cada cultivo no experimento I.

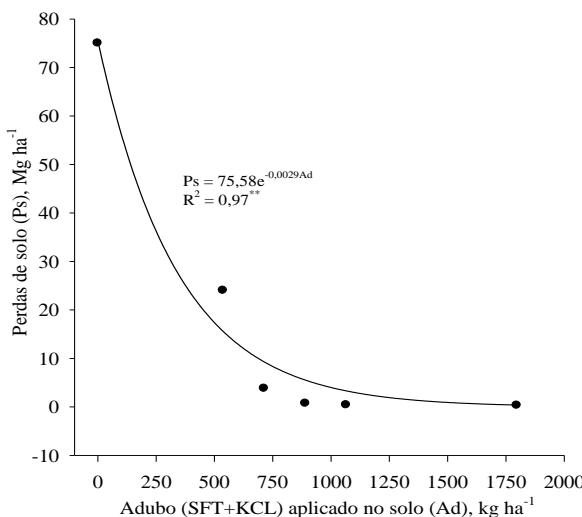
Tratamento		T1	T2	T3	T4	T5	T6		
	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )			Perdas de solo (Mg ha <sup>-1</sup> )					
Nabo	2.714	0,42	0,56	1,13	10,17	39,01	96,19		
Feijão preto	1.715	0,25	0,38	0,49	0,65	23,72	49,41		
Ervilhaca	1.387	0,44	0,55	0,62	0,83	11,33	80,21		
Média	1.938	0,37	0,49	0,78	3,88	24,68	75,21		
	Altura de chuva (mm)			Perdas de água (% da chuva)					
Nabo	918	11	18	32	48	60	71		
Feijão preto	507	3	3	4	9	37	62		
Ervilhaca	499	19	27	42	48	55	74		
Média	641	11	16	26	35	51	69		

T1: 100% da dose de adubos a partir de 2003; T2: 75% da dose a partir de 2003; T3: 50% da dose a partir de 2003; T4: 25% da dose a partir de 2003; T5: 25% da dose a partir de 2014; T6: o solo foi mantido permanentemente sem adubo.

CV: coeficiente de variação. Fonte: o autor.

Ocorreu variação também nas perdas de água no experimento I, porém em outra escala comparada às perdas de solo, entre os tratamentos. Essa variação foi da ordem de 3% a 74% em relação à altura de chuva precipitada, dependendo do tratamento e do ciclo de cultivo (Tabela 8). Na média dos ciclos de cultivo, essa variação foi entre 11% e 69% da chuva precipitada. A variação nas perdas de água se explica também pelo efeito dos cultivos, entre tratamentos, e pelo clima que variou sazonalmente entre as estações climáticas, do mesmo modo como discutido para o caso das perdas de solo. No entanto, a menor variação de perdas de água em relação às perdas de solo, explica-se pelo limite que o solo apresenta para infiltrar água, em especial mediante precipitações de grande volume principalmente quando o solo já se encontra encharcado. Este fato fez com que os tratamentos se tornassem semelhantes entre si quanto à geração de escoamento superficial, como demonstrado por Kohnke (1968). Dados semelhantes a estes foram verificados por Bertol (1994), Schick et al. (2000), Cogo et al. (2003), Beutler et al. (2003); Bertol et al. (2014) e Schick et al. (2014).

Figura 3 - Relação entre as perdas de solo (Ps) e a quantidade de adubos de reposição aplicados no solo (superfosfato triplo – SFT + cloreto de potássio – KCl) durante todo o período experimental (Ad), entre 2003 e 2015, nos tratamentos estudados no experimento I.

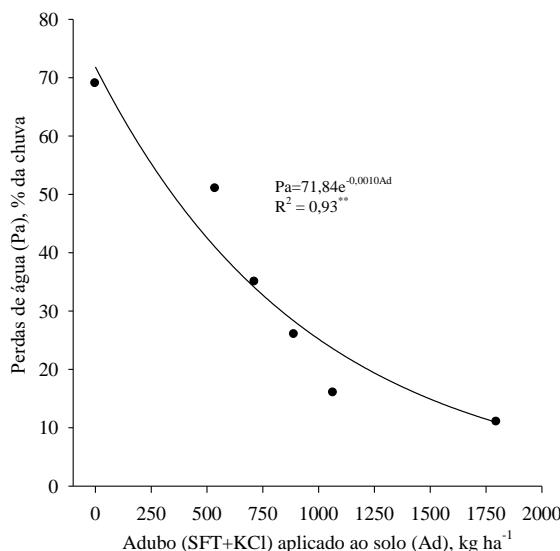


Fonte: o autor.

As perdas de solo foram explicadas em 97% pela adubação de reposição às culturas aplicadas no solo durante o período experimental compreendido entre 2003 (instalação do experimento) e 2015 (final desta pesquisa) no experimento I, como se verifica na figura 1. Assim, as maiores doses de adubos aplicados no solo estimularam a produção de biomassa vegetal que aumentou a proteção do solo e, com isso, houve diminuição da erosão, em comparação às menores doses e, estas, em comparação à total ausência de adubos aplicados no solo, conforme verificado também por Bertol et al. (2014).

As perdas de água foram igualmente bem explicadas (em 93%) pela adubação de reposição às culturas aplicadas no solo durante o período experimental compreendido entre 2003 (instalação do experimento) e 2015 (final desta pesquisa) no experimento I, como se verifica na figura 2, assim como ocorreu com as perdas de solo. As mesmas explicações dadas para o ajuste do modelo aos dados de perdas de solo servem para o ajuste do mesmo modelo aos dados de perdas de água, segundo Bertol et al. (2014).

Figura 4 - Relação entre as perdas de água (Pa) e a quantidade de adubos de reposição aplicados no solo (superfosfato triplo – SFT + cloreto de potássio – KCl) durante todo o período experimental (Ad), entre 2003 e 2015, nos tratamentos estudados no experimento



Fonte: o autor.

As perdas de solo e água referentes ao experimento II são apresentadas na tabela 10. Assim como no experimento I, neste experimento também houve variação na perda de solo, porém no experimento II, a variação foi menor, podendo atribuir esse acontecimento, ao fato de que o solo se manteve coberto em todos os tratamentos. Entre os tratamentos do experimento II a variação foi de quatro vezes, na média dos cultivos. Com 100% da adubação recomendada no tratamento SD, houve produção de resíduos e cobertura do solo maior que o que foi verificado no tratamento com a menor dose de adubação do experimento I.

Essa menor variação de perdas de solo no experimento II era esperada, pois, como em todos os tratamentos o solo apresentava biomassa na parte aérea e internamente no solo (raízes), este fator lhe conferiu maior proteção contra os agentes erosivos, impacto das gotas das chuvas e escoamento superficial e conferiu ao solo maior resistência à erosão, devido a melhoria dos atributos físicos e aumento da consistência mecânica do solo, independente do uso e manejo utilizado.

Comparando-se o CN com o tratamento SD, a variação de perdas e solo foi de 1,4 vezes, e quando comparado com o QM a variação foi maior, igual a 5 vezes. Este fato pode ser explicado pelo fato de que o SD manteve a cobertura do solo em todo período da pesquisa, sendo que no QM o solo ficou descoberto na época da queima do campo, em todos os anos, o que reduziu, e até mesmo eliminou, a cobertura do solo, contribuindo para a suscetibilidade do solo a erosão.

A variação de perdas de solo entre os cultivos, menor do que entre os tratamentos (Tabela 10), seguiu a tendência das perdas de solo do experimento I. Isto pode ser explicada pela variação de altura de chuva e de teor

de água no solo antecedente às chuvas (não determinado) devido às variações climáticas ocorridas.

Tabela 12 - Altura de chuva, perdas de solo e perdas de água por erosão hídrica, em cada tratamento e para cada cultivo no experimento II.

Cultura	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Perdas de solo (Mg ha <sup>-1</sup> )		
		SD	QM	CN
Nabo	2.714	1,76	1,54	0,31
Feijão	1.715	0,71	2,05	0,37
Ervilhaca	1.387	0,33	0,51	0,24
Média	1.938	0,93	1,36	0,30
	Altura de chuva (mm)		Perdas de água (% da chuva)	
Nabo	918	14	15	12
Feijão	507	10	22	8
Ervilhaca	499	19	21	16
Média	641	14	12	12

SD: Semeadura direta; QM: campo queimado; CN: campo nativo; CV: coeficiente de variação. Fonte: o autor.

As perdas de água neste experimento seguiram a mesma tendência das perdas de solo, com uma variação menor quando comparada com a variação do experimento I. Entre os tratamentos a variação foi desta vez menor que entre os cultivos, sendo a variação entre cultivos 1,5 vezes, enquanto entre tratamentos a variação foi de 1,2 vezes.

## 7.5. TEORES DE FÓSFORO NO SOLO E NOS SEDIMENTOS DA EROSÃO E PERDAS TOTAIS

Na tabela 11 estão apresentados os teores de fósforo em amostras do solo em quatro camadas antes da semeadura das culturas do nabo, feijão e ervilhaca e os mesmos teores determinados nos sedimentos da erosão durante o ciclo das referidas culturas no experimento I.

No cultivo do nabo, os maiores teores de fósforo no solo (P) foram encontrados na camada mais superficial (0-2,5 cm) em todos os tratamentos (Tabela 11), sendo este comportamento considerado normal, devido à baixa mobilidade do P no solo. Os altos teores de P encontrados na camada mais superficial do solo são explicados pela adubação química superficial e pela mineralização do nutriente decorrente da decomposição dos resíduos culturais que liberaram o elemento regularmente para o solo (ANDRADE et al., 2012).

Na camada superficial do solo, onde os teores de P foram maiores, o teor no T1 foi 5,7 vezes maior do que T5. Ao comparar o T1 com o T6, nota-se uma diferença de 14,4 vezes na camada de 0-2,5 cm do solo. Ao comparar-se a média dos tratamentos com adubação química com o T6, (sem adubação), a referida diferença foi de 7,9 vezes.

Nas camadas do solo inferiores à superficial, houve, naturalmente, tendência de maior teor de P em T1 do que nos demais tratamentos, mas, com menor diferença entre as camadas quando se compara esse teor especialmente nos tratamentos com menor dose de adubação aplicada, no cultivo da ervilhaca.

No cultivo do feijão ocorreu a mesma tendência, em que os maiores teores de fósforo foram encontrados na camada mais superficial do solo. Ao comparar os tratamentos com adubação química, verifica-se que o teor de P em T1 foi 5,6 vezes maior do que em T5 na camada de 0-2,5 cm (Tabela 11). Comparando o mesmo atributo na mesma camada, no T1 o teor de P foi 16,8 vezes maior do que no T6.

Ao realizar essa comparação para no cultivo da ervilhaca, constata-se a mesma tendência dos cultivos anteriores. Sendo a camada de 0-2,5 cm aquela onde os teores de P foram mais elevados (Tabela 10). No T1 foi 4,7 vezes maior do que no T5 e 17,2 vezes maior do que no T6.

Ao se comparar os teores de P contidos na camada superficial do solo (0-2,5 cm) com os teores nos sedimentos da erosão, verifica-se que nos sedimentos a concentração do elemento foi 100% maior do que no solo, na média dos cultivos. Este resultado mostra uma altíssima taxa de enriquecimento em P nos possíveis locais de depósito dos sedimentos da erosão em comparação aos locais de onde os sedimentos se originaram pela erosão. Isto compromete negativamente o ambiente, em especial se esse material vier a ser depositado em mananciais de água, principalmente se os mananciais tiverem caráter lento. Resultados semelhantes a estes, mas levemente menores, numericamente, foram encontrados por Bertol et al. (2016).

Na tabela 12 são apresentados os teores de fósforo determinados em amostras do solo em quatro camadas do solo antes da semeadura das culturas do nabo, feijão e ervilhaca no experimento II.

No cultivo do nabo, nota-se que os maiores teores de P foram encontrados nas camadas mais superficiais do solo (Tabela 12), seguindo a mesma tendência do experimento I. Ao se comparar os tratamentos, constata-se que na SD ocorreram os maiores teores de P na camada de 0-2,5cm, sendo seu teor 9,2 vezes maior do que no tratamento CN. Pode-se explicar este comportamento devido à adubação química realizada na superfície do solo na SD, além da mineralização do P decorrente da decomposição dos resíduos culturais que ocorreu de modo mais intenso neste tratamento do que nos demais (ANDRADE et al., 2012).

Tabela 13 – Teores de fósforo extraível no solo dos diversos tratamentos antes a semeadura das culturas de nabo, feijão e ervilhaca e nos sedimentos da erosão, no experimento.

Tratamentos	Camada do solo (cm)				Sed	
	0-2,5	2,5-5	5-10	10-20		
-----Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )-----						
Nabo						
T1	48,1	11,2	3,4	3,0	73,5	
T2	23,2	5,1	3,1	2,7	60,4	
T3	21,4	5,0	2,9	2,4	57,3	
T4	13,8	3,8	2,4	2,3	32,1	
T5	8,4	2,4	1, 9	1,7	11,1	
T6	2,9	3,1	2,1	2,0	5,2	
Média	19,6	5,1	2,6	2,3	39,9	
CV (%)	73,9	56,7	20,5	18,1	53,4	
Feijão						
T1	52,1	12,3	4,1	3,8	81,0	
T2	27,8	6,2	3,8	3,2	64,3	
T3	22,9	5,4	3,1	2,8	59,7	
T4	15,0	4,1	2,7	2,3	34,4	
T5	9,3	3,3	2,0	1,7	10,3	

T6	3,1	2,9	2,2	2,0	5,3
Média	21,7	5,7	2,9	2,8	45,8
CV (%)	73,0	55,5	25,9	20,9	54,8
Ervilhaca					
T1	49,9	11,1	3,9	3,9	73,0
T2	24,3	6,4	3,7	3,3	59,8
T3	23,4	5,8	3,3	3,4	57,1
T4	16,1	4,0	2,9	2,4	41,2
T5	10,6	3,7	2,6	2,0	27,8
T6	2,9	2,9	2,4	1,4	5,8
Média	24,8	6,2	3,1	2,7	44,1
CV (%)	54,2	42,8	17,5	31,8	50,6

T1: 100% da dose de adubos a partir de 2003; T2: 75% da dose a partir de 2003; T3: 50% da dose a partir de 2003; T4: 25% da dose a partir de 2003; T5: 25% da dose a partir de 2014; T6: o solo foi mantido permanentemente sem adubo.

O teor de P no tratamento SD foi 7,2 vezes maior do que no QM (Tabela 12) explicado pelo fato de que, na SD ter-se adubado o solo para os cultivos, enquanto, no QM, além dessa adubação não ter sido feita, ainda realizou-se a queima da massa vegetal regularmente. No cultivo do feijão ocorreu a mesma tendência, sendo que o teor de P foi 7,7 vezes maior na SD do que no CN e 8,5 vezes maior do que no QM. Ao compararem-se o CN com QM, vê-se que no CN o teor deste elemento foi 30% maior.

No cultivo da ervilhaca o teor de P no tratamento SD foi 7,4 vezes maior do que no QM, e 7,7 vezes maior que CN, na camada mais superficial do solo (Tabela 12). Ao compararem-se os valores dos cultivos, para cada tratamento, na camada mais superficial do solo, pode-se verificar que na SD o teor de P foi 8,4 vezes maior do que no QM, e 7,5 vezes maior do que no CN.

O comportamento dos teores de P no solo do Experimento II pode ser atribuído aos mesmos fatores do experimento I, já discutidos. No caso da queima do resíduo vegetal no tratamento QM no experimento II, esta diminui drasticamente a massa de resíduos vegetais. Os referidos resíduos, ao serem decompostos e mineralizados normalmente pelos organismos do solo, poderiam disponibilizar mais nutrientes do que fez a queima. Além disso, possivelmente, a queima facilitou a perda de nutrientes via água da enxurrada (dados não apresentados aqui).

Tabela 14 – Teores de fósforo extraível determinados em amostras do solo coletadas nos diversos tratamentos antes da semeadura das culturas de nabo, feijão e ervilhaca no experimento II.

Tratamentos	Camada do solo (cm)			
	0-2,5	2,5-5	5-10	10-20
Fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ )				
		Nabo		
SD	54,2	14,5	5,1	3,9
QM	5,9	5,7	4,0	4,0
CN	7,5	4,8	3,7	2,8
Média	22,5	8,3	4,5	3,5
CV (%)	99,4	52,5	12,0	15,2
		Feijão		
SD	43,2	12,7	4,8	3,5
QM	5,1	4,1	3,3	3,1
CN	5,6	4,3	3,3	2,4
Média	17,9	7,0	38,0	3,0
CV (%)	99,3	56,9	18,6	15,1
		Ervilhaca		
SD	39,1	13,4	5,3	4,0
QM	5,3	3,6	3,4	3,0
CN	5,1	3,8	2,9	2,7
Média	16,5	6,9	3,8	3,2
CV (%)	96,8	65,9	26,7	17,1

CV: coeficiente de variação; SD: semeadura direta; QM: campo nativo queimado; CN: campo nativo. Fonte: o autor.

## 7.6 PERDAS TOTAIS DE FÓSFORO NOS SEDIMENTOS DA EROSÃO

Na tabela 13 estão apresentados os valores de perdas totais de fósforo nos sedimentos da erosão durante o ciclo das culturas referidas no experimento I.

No cultivo do nabo, constata-se que as maiores perdas de P via sedimentos da erosão ocorreram no tratamento T6 (parcela descoberta), explicadas pelas maiores perdas totais de solo ocorridas neste tratamento (Quadro 9). Ao comparar entre si os tratamentos que receberam adubação química de reposição para a cultura, nota-se que, apesar dos sedimentos da erosão do T1 conterem as maiores concentrações de P, o T5 foi o tratamento que apresentou a maior perda total de P nos sedimentos. Neste tratamento as perdas totais de P adsorvido aos sedimentos da erosão foram 14,7 vezes maior do que no T1.

Essa elevada perda total de P adsorvido aos sedimentos da erosão oriundos do tratamento T6, e maiores em T5 quando comparado com os outros tratamentos que receberam adubação química, explica-se pela maior perda de solo ocorrida nos tratamentos T6 e T5 em relação aos demais tratamentos (BARBOSA et al., 2015). Isto ocorreu mesmo considerando-se que as concentrações de P nos sedimentos da erosão nos tratamentos com maior dose de adubos tenham sido maiores do que nos demais (Tabela 11).

No cultivo do feijão ocorreu a mesma tendência, em que as maiores perdas totais de fósforo foram encontradas em T6 e T5. Ao comparar os tratamentos com adubação química, verifica-se que a perda total de P em T5 foi 14,6 vezes maior que do que em T1 (Tabela

13). Comparando o mesmo atributo do T6 com T1, a perda total de P em T6 foi 16 vezes maior do que em T1.

Ao realizar as mesmas comparações para o cultivo da ervilhaca, verifica-se que a tendência dos cultivos anteriores persiste, sendo o T6 aquele tratamento onde as perdas totais de fósforo foram mais elevadas (Tabela 13). No T6 foi 15,8 vezes maior do que no T1, e no T5 foi 10,4 vezes maior do que no T1.

Tabela 15 - Perdas totais de P extraível nos sedimentos da erosão referentes ao experimento I.

Cultura	T1	T2	T3	T4	T5	T6
----- g ha <sup>-1</sup> -----						
Nabo	29,4	30,2	57,3	321,0	432,9	499,2
Feijão	16,2	19,3	23,9	20,6	236,9	259,7
Ervilhaca	29,2	29,9	34,3	32,9	305,8	464,0
Média	24,9	26,4	38,5	124,8	325,2	407,6
Total	74,8	79,4	115,5	374,5	975,6	1.222,9

T1: 100% da dose de adubos a partir de 2003; T2: 75% da dose a partir de 2003; T3: 50% da dose a partir de 2003; T4: 25% da dose a partir de 2003; T5: 25% da dose a partir de 2014; T6: o solo foi mantido permanentemente sem adubo.

## 8 CONCLUSÕES

- O aumento da dose de adubos aplicados na superfície do solo cultivado em condição de semeadura direta aumenta a produção de biomassa vegetal e de grãos e diminui as perdas de água e solo por erosão hídrica.
- O aumento da dose de adubos aplicados na superfície do solo cultivado em condição de semeadura direta aumenta o teor de fósforo na superfície do solo e, com isso, aumenta o teor nos sedimentos da erosão, mas diminui a quantidade total do elemento perdido por erosão hídrica.
- As perdas de solo e de água por erosão hídrica se relacionam exponencialmente, de modo decrescente, com a quantidade de adubos aplicados na superfície do solo em condição de semeadura direta.
- A perda de solo por erosão hídrica é modificada com a mudança de uso da terra; é menor na condição de campo nativo, intermediária em campo nativo submetido ao cultivo anual e maior em campo nativo em que a biomassa da parte aérea é regularmente queimada; as perdas de água não são modificadas.
- As perdas de água por escoamento superficial são menos influenciadas do que as perdas de solo por erosão hídrica, tanto em diferentes condições de manejo do solo, quanto, em distintas formas de uso da terra.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Estas duas pesquisas foram realizadas em condição de chuva natural, por apenas três ciclos de cultivo (aproximadamente 18 meses). Como tal, os resultados podem não terem representado adequadamente o efeito das condições climáticas da região, no que se refere à comparação dos dados estacionais. Isto, provavelmente, ocorreu pelo fato da erosividade ( $EI_{30}$ ) das chuvas do período ter sido de  $1.938 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , decorrente de 641 mm de chuva, na média por cultivo, com variação sazonal de  $1.327 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  para a o  $EI_{30}$  e de 419 mm para a altura de chuva, entre os menores e maiores valores. O  $EI_{30}$  médio sazonal das chuvas apresentou valor equivalente a 77% do valor médio sazonal de uma série histórica de 22 anos estudada por SCHICK et al. (2014) que foi de  $2.517 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , enquanto, a altura de chuva foi equivalente a 84% da série histórica que foi de 767 mm estudada por esses autores. Portanto, recomenda-se que pesquisas como esta sejam conduzidas por período de tempo maior, de modo a abranger as condições climáticas médias do local e, assim, melhor representar o efeito do padrão climático nos resultados. Mesmo assim, os dados mostraram tendência comportamental compatível com a tendência da série histórica de dados publicada por SCHICK e t al. (2014).

- Ao compararem-se os resultados de perdas de solo e água obtidos no experimento I, verifica-se uma tendência muito clara e convincente no comportamento dos dados, fortemente embasada em preceitos teóricos de teoria de erosão, apesar ter sido conduzido com apenas uma

repetição de campo e por apenas três ciclos de cultivo. Portanto, em experimentos como este fica claro que a repetição de campo não é necessária, pois, a estatística clássica em nada contribuiria para o tratamento e análise dos resultados, podendo-se, assim, perfeitamente concluir sobre os resultados sem o suporte estatístico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FLORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. & FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:115-119, 1995.
- ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. & CAIRES, E.F. Atributos químicos de um Latossolo de Cerrado sob plantio direto de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:923-934, 2005.
- ALMEIDA, J.A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A.J. & ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. *R. Bras. Ci. Solo*, 29: 437-445, 2005.
- AMARAL, A.S. Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 107p. (Tese de Doutorado).
- ANDRADE, A.P.; MAFRA, A.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*, 42: 815-821, 2012.

ANDRADE, A.P.; MAFRA, A.L.; BALDO, G.R.; DELA PÍCCOLLA, C.; BERTOL, I. & ALBUQUERQUE, J.A. Physical properties of a humic cambissol under tillage and cropping systems after 12 years. *R. Bras. Ci. Solo*, 34: 219-226, 2010.

ARSHAD, M.A; GILL, K.S. Field pea response to liming of na acid soil under two tillage systems. *Canadian Journal of Soil Science*, v.76, p.549-555, 1996.

ASSISTAT 7.6 beta. Assistência Estatística. Responsável Dr. Francisco de Assis Santos e Silva . DEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande -PB, Brasil, Registro INPI 0004051-2. Disponível em :<http://assistat.com/indexp.html>. Acesso em 05/04/2015.

BAGATINI, T.; COGO, N.P.; GILLES, L.; PORTELA, J.C.; PORTZ, G. & QUEIROZ, H.T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. *R. Bras. Ci. Solo*, 35: 999-1011, 2011.

BARBOSA, F.T.; BERTOL, I.; AMARAL, A.J. & WERNER, R.S. Variáveis hidrológicas e fósforo solúvel na enxurrada em duas formas de semeadura direta com aplicação de dejeto suíno. *Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages*, v. 35, n. 2, p. 162-168, 2015.

BARDGETT, R.D. *The Biology of Soil: A Community and Ecosystem Approach*, Oxford University Press, 2005.

BARETTA, D. et al. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo

no planalto sul catarinense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.29, p.715-724, 2005.

BARILLI, J. Atributos de um latossolo vermelho sob aplicação de resíduos de suínos. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2005. 75p. (Tese de Doutorado).

BARROWS, H.L. & KILMER, V.J. Plant nutrient losses by soil from water erosion. In: Normann, A.G. (Ed.), Advances in Agronomy, vol. 15. Academic Press, New York, pp. 303–316, 1963.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, 21:105-112, 1997.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. R. Bras. Ci. Solo, 24: 657-668, 2000.

BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. R. Bras. Ci. Solo, 13:373-379, 1989.

BERTOL, I.; BARBOSA, F.T.; MAFRA, A.L. & FLORES, M.C. Soil water erosion under different cultivation systems and different fertilization rates and forms over 10 years. R. Bras. Ci. Solo, 38:1918-1928, 2014.

BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparamos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência dos resíduos culturais. *R. Bras. Ci. Solo*, 21: 409-418, 1997.

BERTOL, I. Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparamos do solo e rotação de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.267-271, 1994b.

BERTOL, I.; ENGEL, F.L.; MAFRA, A.L.; BERTOL, O.J. & RITTER, S.R. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. *Soil Tillage Res.*, 94: 142-150, 2007.

BERTOL, I.; LEITE, D.; GUADAGNIN, J.C. & RITTER, S.R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. II – perdas de nutrientes e carbono orgânico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.1045-1054, 2004.

BERTOL, I.; MELLO, E.L.; GUADAGNIN, J.C.; ZAPAROLLI, A.L.V. & CARRAFA, M.R. Nutrient losses by water erosion. *Sci. Agric.*, 60:581-586, 2003.

BERTOL, I. Perdas de nutrientes e carbono orgânico, taxa de enriquecimento e custo da erosão hídrica. *R. Bras. Ci. Solo*, 2016. (plero).

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, p. 509-517, 2003.

BEZERRA, A.M.E.; NASCIMENTO JUNIOR, F.T.; LEAL, F.R & MELO CARNEIRO, J.G. Rendimento de biomassa, óleo essencial, teores de fósforo e potássio de chambá em resposta à adubação orgânica e mineral. R. Ci. Agron., 37: 124-129, 2006.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. & GUIMARÃES, R.M.L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. R. Bras. Ci. Solo, 32:975-983,2008.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.363-375.

BLEVINS, R.L.; SMITH, M.S. & FRYE, W.W. Changes in soil properties after 10 years of no-tillage and conservation tilled corn. Soil Till. Res., 3:135-146, 1983.

BOLDO, E.L.; BRUNETTO, A.; SIMIONI, G.L.; SARTORI, M.; UTZKE, A.; SPECHT, A.; LOVATEL, J.L.; SCUR, L. & WASUM, R.A. O uso do fogo como prática agropastoril na microrregião homogênea dos campos de cima da serra: análise da situação atual e busca de um modelo sustentável. R. Bras. Agroec. 1:875-878, 2006.

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

- BRAUNACK, M.V. & DEXTER, A.R. Soil aggregation in the seedbed: a review. I - Properties of aggregates and beds of aggregates. *Soil Tillage Res.*, 14:259-279, 1989.
- BRONICK, C.J.; & LAL, R. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124:3-22, 2005.
- CABEDA, M.S.V. **Computations of storms EI values.** West Lafayette, Purdue University, 1976. 6p. (Não Publicado).
- CAIRES, E.F.; CORRÊA, J.C.L.; CHURKA, S.; BARTH, G. & GARBUIO, F.J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. *Sci. Agric.*, 63:502- 509, 2006.
- CAIRES, E.F; BANZATTO, D.A.; DA FONSECA, A.F; Calagem superficial em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.161-169, 2000.
- CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, n.1, p.27-34, 1998.
- CAIRES, E.F.; PEREIRA FILHO, P.R.S.; ZARDO FILHO, R.; FELDHAUS, I.C. Soil acidity na aluminium toxicity affected by surface limming and cover oat residues under a no-till system. *Soil Use and Management*, v.24, p. 305-309, 2008b.

CALDWELL, B.A.; GRIFFHS, R.P.; SOLLINS, P. Soil enzyme response to vegetation disturbance in two lowland Costa Rican soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 31, p. 1603-1608, 1999.

CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, v.80, n.1, p. 62-70, 2004.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregados e qualidade de agregados de um latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.14, p.99-105, 1990.

CARVALHO-PUPPATTO, J.G.; BÜLL, L.T. & CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz com a aplicação de escórias. Pesq. Agropec. Bras., 39:1213-1218, 2004.

CASSOL, E.A., LEVIEN, R., ANGHINONI, I. & BADELUCCI, M.P. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo. 26: 705-712, 2002.

CASSOL, E.A.; MARTINS, D.; ELTZ, F.L.F. & FALLEIRO, R.M. Erosividade das chuvas em Taquari, RS, determinada pelo índice  $El_{30}$ , no período de 1963 a 1999. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA; MANEJO: INTEGRANDO A CIÊNCIA DO SOLO NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, 15., Santa Maria, 2004. Resumos

expandidos. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2004b. CD-ROM

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. L. M.; BUZATTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob diferentes culturas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, p.997-1003, 1999.

CEBECAUER, T.; HOFIERKA, J. The consequences of land-cover changes on soil erosion distribution in Slovakia. Geomorphology, v.98, p.187-198, 2008.

CEDDIA, M.B.; ANJOS, L.H.C.; LIMA, E.; RAVELLI NETO, A. & SILVA, L.A. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico Amarelo no Estado do Espírito Santo. Pesq. Agropec. Bras., 34:1467-1473, 1999.

COGO, N.P. Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope lenght on erosion and related parameters. Indiana, USA, 1981, 346p. Thesis (Ph.D. – Soil science) Purdue Univercity,

COGO, N.P.; LEVIEN, R. & SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade. R. Bras. Ci. Solo, 27: 743-753, 2003.

COGO, N.P.; MOLDENHAUER, W.C. & FOSTER, G.R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. Soil Sci. Soc. Am. J., 48:368-373, 1984.

COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de erosão em condições de chuva natural. I.

Sugestões gerais, medição dos volumes, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada (1<sup>a</sup> aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. **Anais**. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. p.75-98.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: SBCS: NRS: UFRGS, 2004. 400 p.

CORÁ, J.E. The potential for site-specific management of soil and yield variability induced by tillage. East Lansing, Michigan State University, 1997. 104p. (Tese de Doutorado).

CORREA, I.M.C.; BERTOL, I.; RAMOS, J.C. & TAKIZAWA, M.M. Rugosidade da superfície de um Cambissolo Húmico relacionada com o preparo e compactação do solo sob chuva natural. R. Bras. Ci. Solo, 36:567-576, 2012.

COSTA, B.M. Queima e roçagem do capimcolonião (*Panicum maximum* Jacq.): seus efeitos no solo e nas plantas, 1982. 122f. (Tese Doutorado em Zootecnia). UFV, Viçosa, MG.

COSTA, L.C.B.; ROSAL, L.F.; PINTO, J.E.B.P. & BERTOLICCI, S.K.V. Efeito da adubação química e orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.). R. Bras. PL. Med., 10: 16-20, 2008.

COSTA, S.E.V.G.A.; SOUZA, E.D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C.; CAO, E.G. & HOLZSCHUH, M.J. Phosphorus and root distribution and corn growth related to longterm tillage systems and fertilizer placement. R. Bras. Ci. Solo, 33:1237-1247, 2009.

COUTINHO, L.M. O Cerrado e a ecologia do fogo. Ci. Hoje, 12:22-30, 1990.

DeBANO, L.; EBERLEIN, G. & DUNN, P. Effects of burning on Chaparral soils: I – Soil Nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J., 43:504-509, 1979.

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

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, Campinas, v.13, n. 2, p. 259-267, maio/ago. 1989.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA (2004) Tecnologia de Produção de Soja. Disponível em:  
<http://www.cnpsso.embrapa.br/producaosojaPR/manejo.html> Acesso em: 25 de fevereiro de 2016.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L.

Influência dos sistemas de pregaro nas propriedades químicas e físicas do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.1097-1104, 2003.

FEIGL, B.J. Dinâmica da matéria orgânica do solo na sucessão floresta/pastagem na Amazônia (Rondônia). 1994. 68p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERREIRA, I.C.M.; COELHO, R.M.; TORRES, R.B.; BERNACCI, L.C. Solos e vegetação nativa remanescente no Município de Campinas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 9, p. 1319-1327, 2007.

FLOSS, E.L. Cobertura de inverno visando alto rendimento de culturas de verão. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO, 2., 2000, Ijuí. Resumos... Passo Fundo, 2000, p.29-43.

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

FOSTER, G.R.; JOHNSON, C.B., MOLDENHAUER, W.C. Hydraulics of failure of unanchored cornstalk and wheat straw mulches for erosion control. Trans. of the ASAE, p. 940-947, 1982.

HENROT, J.; ROBERTSON, G.P. Vegetation removal in two soils of the humid tropics: effect on microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 31, p. 111-116, 1994.

GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; KAMINSKI, J. & RHEINHEIMER, D.S. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado.

Ci. Rural, 33:282-290, 2003.

GATTO, A.; BARROS,. N.F.; NOVAIS, R.F.; COSTA, L.M.; NEVES,J.C.C.; Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. R. Árvore, Viçosa-mg, v;27,n.5, p.635-646, 2003.

GUADAGNIN, J.C.; BERTOL, I.; CASSOL, P.C. & AMARAL, A.J. Perdas de nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo em um Cambissolo Húmico alumínico léptico. R. Bras. Ci. Solo, 2003.

GILLES, L; COGO, N.P.; BISSANI, C.A.; BAGATINI, T. & PORTELA, J.C. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área do campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. R. Bras. Ci. Solo, 33: 1427-1440, 2009.

GOODROAD, L.L.; JELLUM, M.D. Effect of N fertilizer rate and soil pH on N efficiency in corn. Plant Soil, Dordrecht, v.106, p.85-89, 1988.

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

HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Acumulação de Forragem e Material Morto em Pastagem Nativa sob Distintas Alternativas de Manejo em Relação às Queimadas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.31, p.599-604, 2002.

HERNANI, L. C. et al. Influência de métodos de limpeza de terreno sob floresta secundária em Latossolo amarelo do Vale do Ribeira, SP. II. Perdas por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 215-219, 1987.

KEMPER, W. D. & CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARCK, F.E., eds. *Methods of soil analysis. Part 1*, Madison: American Society of Agronomy,, p. 499-510, 1965.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características químicas e físicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, p.395-401, 1995.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférreo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 36, n. 01, p. 21-28, 2006.

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

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical

regions. **Annual Review Environment Resources**, v.28, p.205-241, 2003.

LANGDALE, G.W.; LEONARD, R.A. & THOMAS, A.W. Conservation practices effects on phosphorus losses from Southern Piedmont watersheds. *J. Soil Water Cons.*, 40:157-160, 1985.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F; AMADO, T.J.C. & REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*. 31:1131-1140, 2007.

LARSON, W.E. & GILL, W.R. Soil physical parameters for designing new tillage systems. In: NATIONAL CONSERVATION TILLAGE CONFERENCE, Ankeny, 1973. Proceedings. Ankeny, Soil Consevation Society of America, 1973. p.13-22.

LEITE, D. Erosão hídrica sob chuva simulada em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes manejos. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2003. 100p. (Dissertação de Mestrado).

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4<sup>a</sup> aproximação. Campinas: SBCS, 1991, 175p.

LUTZ Jr., J.A.; GENTER, C.F.; HAWKINS, G.W. Effect of soil pH on element concentration and uptake by maize: I. P,

K, Ca, Mg and Na. *Agronomy Journal*, Madison, v.64, p.581-583, 1972.

MARTINS, P.F. da S.; CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; ANDREUX, F.; CHAUVEL, A. Consequences of clearing and tillage on the soil of a natural Amazonian ecosystem. *Forest Ecology and Management*, v.38, p.273-282, 1991.

McDOWELL, L.L. & McGREGOR, K.C. Nitrogen and phosphorus losses in runoff from no-till soybeans. *Trans. of the ASAE*, 23: 643-648, 1980.

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

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; SANTOS, D. R. dos. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1637-1646, 2007.

MODEL, N. S. Rendimento de milho e aveia e propriedades do solo relacionados ao modo de aplicação de fósforo e potássio e técnicas de preparo de solo. Porto alegre, UFRGS, 1990. 115p. (Dissertação de mestrado).

- MOREIRA, A.; GONÇALVES, R.P. Available phosphorus and potassium status of soils of Amazonas State. *Better Crops with Plant Food*, 90(1): 30-32, 2006.
- MROZ, G. et al. Effects of fire on nitrogen in forest floor horizons. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.44, p.235-242, 1980.
- MOTA, A. R. P.; CARDOSO, M. E. S.; SANTOS, D. H. Erosão e Conservação dos Solos na Microrregião do Córrego do Veado. *Colloquium Agrarie: Presidente Prudente*, v. 4, n. 1, p. 09-17, 2008.
- NOVO, Evelyn Márcia L. de Moraes. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.
- OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-till system for soybean production. *Soil Till. Res.*, 38:47- 57, 1996
- OLIVEIRA G.C., DIAS JUNIOR M.S., RESCK D.V.S., CURI N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após 20 anos de manejo e cultivo do solo. *Rev Bras Cienc Solo*, v.28, p. 327-36, 2004.
- PANACHUKI, E. Infiltração de água no solo e erosão hídrica, sob chuva simulada, em sistema de integração agricultura-pecuária. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal)–Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2003.
- PANKHURST, C.E.; MAGAREY, R.C.; STIRLING, G.R.; BLAIR, B.L.; BELL, M.J.; GARSIDE, A.L. Management practices to improve soil health and reduce the effects of

detrimental soil biota associated with yield decline of sugarcane in Queensland, Australia. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.72, n.2, p.125-137, 2003.

PATERSON, E.; OSLER, G.; DAWSON,L.A; GEBBING, T.; SIM,A.; ORD, D. Labile and recalcitrante plant fractions are utilized by distinct microbial communities in soil: independente of the presence of roots and mycorhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, p. 1103-1113, 2008.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.791-796, 2003.

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.675-684, 1998.

POTE, D.H., T.C. DANIEL, A.N. SHARPLEY, P.A. MOORE, Jr., D.R. EDWARDS, and D.J. NICHOLS. 1996. Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff . *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:855–859.

RAMANKUTTY, N., J.A. FOLEY, J. NORMAN, and K. McSWEENEY. The global distribution of cultivable lands: current patterns and sensitivity to possible climate change. *Global Ecology and Biogeography*. 11: 377-392, 2002a.

RAMOS, J.C. Cobertura e rugosidade da superfície na proposição de indicadores de qualidade de um Cambissolo Húmico relacionados ao controle da erosão. Lages, Centro de Ciências Agroveterinárias-Universidade para o Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina, 2015. 200p. (Tese de Doutorado).

REDIN, M. et al. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Ciência Florestal, v. 21, n. 2, p. 381-392, 2011.

ROSA, R. Introdução ao sensoriamento remoto. Uberlândia: Editora UFU, 2007. 248 p.

SANTOS, C.J.L.; MENEZES, J.F.S.; GONÇALVES JUNIOR, D.; GONÇALVES, M.E.M.P. & SILVA, T.R. Produção de massa seca da parte aérea e de raízes da soja adubada com dejeto líquido de suínos. I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais. Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante. 11 a 13 de março de 2009, Florianópolis, SC, Brasil.

SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T. Efeito de sistemas de produção com cereais de inverno sobre a fertilidade química do solo, sob plantio direto. In: Santos, H.P. dos; Fontaneli, R.S.; Spera, S.T. (Eds.). Sistemas de produção para cereais de inverno sob plantio direto no Sul do Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. p.117-139

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O. & BALBINOT JÚNIOR., A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e

cultivo do solo. II - Perdas de nutrientes e carbono orgânico. R. Bras. Ci. Solo, 24:437-447, 2000b.

SCHICK, J. Erosão hídrica em cambissolo húmico álico submetido a diferentes sistemas de manejo e cultivo do solo. Lages, Centro de Ciências Agroveterinárias- Universidade para o Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina, 1999. 114p. (Dissertação de Mestrado).

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, Centro de Ciências Agroveterinárias- Universidade para o Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina, 2014. 149. (Tese de Mestrado).

SCHRÖDER, P. et al. Land use and sustainability: FAM research network on agroecosystems. Geoderma, Amsterdam, 105:155-166, 2002.

SEGANFREDO, M.L.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 21:287-291, 1997.

SEIXAS, P.T.L. Efeito da adubação mineral na produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial e fungitoxicidade *in vitro* do capim-citronela. Gurupi, Universidade Federal do Tocantins, 2012. 89p. (Dissertação de Mestrado).

SETA, A.K.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. & BARFIELD, B.J. Reducing soil erosion and agricultural chemical

losses with conservation tillage. *J. Environ. Qual.*, 22:661-665, 1993.

SHARROW, S.H., and H.A. WRIGHT. 1977a. Effects of fire, ash, and litter on soil nitrate, temperature, moisture and tobosagrass production in the rolling plains. *J. Range Manage.* 30:266-270.

SILVA, A.M.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; LIMA, J.M.; AVANZI, J.C. & FERREIRA,M.M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. *Pesq. Agropec. Bras.*, 40: 1223-1230, 2005.

SILVA, F. de A.S. e. & AZEVADO, C.A.V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, F. de A.S. e. & AZEVADO, C.A.V. de. A New Version of The Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. P.393-396.

STRECK, E.V. & COGO, N.P. Reconsolidation of the soil surface after tillage discontinuity, with and without cultivation, related to erosion and its prediction with RUSLE. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:141-152, 2003.

SOUZA, Z.M. & ALVES, M.C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob

diferentes usos e manejos. Rev. Bras. Ci. Solo, v.27, n.1, p.133-139, 2003.

TEDESCO, M.J.; IANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J.T6G5Análise de solos, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.; SILVA, C.A.; ANDRADE, M.J.B.; PEREIRA, J.M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-deporco sob cultivo de feijão. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.497-505, 2010.

TISSI, J.A. et al. Efeito da calagem em semeadura direta de milho. Bragantia, v.63, p.405-413, 2004.

UTSET, A. & CID, G. Soil penetrometer resistance spatial variability in a Ferralsol at several soil moisture conditions. Soil Till. Res., 61:193-202, 2001.

VAN ROMPAEY, A.J.J.; GOVERS,G.; PUTTEMANS, C. Modelling land use changes and their on soil erosion and sediment supply to rivers. Earth Surface Process, Malden, v.27 n.5, p. 481-494, 2002.

Van ROMPAEY, A., VERSTRAETEN, G., Van OOST, K., GOVERS, G. and POESEN, J. (2001). Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. Earth Surface Processes and Landforms 26 (11): 1221-1236.

VOLK, L.B.S. & COGO, N.P. Inter-relação biomassa vegetal subterrânea-estabilidade de agregados-erosão

hídrica em solo submetido a diferentes formas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 32:1713-1722, 2008.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. J. Am. Agron., 28:337-351, 1936.

ZACHAR, D. Soil erosion. (Developments in Soil Science 10). Forest Research Institute, Zvolen. Tchecoslovaquia, 1982 548 p.

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

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