

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
LUIZ ANTÔNIO ZANCHETT FILHO

**CARBONO ORGÂNICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E  
PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO NO PLANALTO CATARINENSE**

Curitibanos  
2019

**LUIZ ANTÔNIO ZANCHETT FILHO**

**CARBONO ORGÂNICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E PLANTAS DE  
COBERTURA DE INVERNO NO PLANALTO CATARINENSE**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Agrônômica do Centro de Curitibanos da  
Universidade Federal de Santa Catarina como requisito  
para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia  
Agrônômica

Orientador: Prof. Djalma Eugênio Schmitt

Curitibanos  
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Zanchett Filho, Luiz Antônio

Carbono orgânico sob diferentes sistemas de manejo do solo e plantas de cobertura de inverno no Planalto Catarinense / Luiz Antônio Zanchett Filho ; orientador, Djalma Eugênio Schmitt, 2019.

32 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Carbono orgânico. 3. Plantas de cobertura de inverno. 4. Manejo do solo . I. Schmitt, Djalma Eugênio . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia  
Endereço: Illyria dos Gaboardi km3  
CP: 101 CEP: 89030-000 - Curitiba/SC  
TELEFONE (048) 3721-2178 E-mail: agronomia.cba@ufsc.br

Luiz Antônio Zanchett Filho

**Carbono orgânico sob diferentes sistemas de manejo do solo e plantas de cobertura de inverno no planalto catarinense**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitiba, 25 de junho de 2018.

Prof. Dra. Elis Borcioni  
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico esse trabalho a minha família, amigos, que foram essenciais durante a trajetória do curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para alcançar mais esse objetivo.

Agradeço minha família e minha namorada que compartilharam comigo este momento.

A meus amigos da universidade que sempre torceram por mim e me apoiaram no decorrer da universidade.

A todos os professores da Universidade Federal de Santa Catarina, mas principalmente aos meus orientadores Prof. Djalma Eugênio Schmitt e Jonatas Thiago Piva por gentilmente ter me ajudado e me guiado no decorrer deste trabalho, me dando o suporte necessário.

As demais pessoas que acompanharam e contribuíram de alguma forma para minha formação.

“A persistência é o caminho do êxito”.

(Charles Chaplin)

## RESUMO

Os sistemas de manejo do solo com culturas de cobertura é uma estratégia para melhoria das no rendimento das culturas sucessoras e das propriedades do solo. A inclusão de leguminosas em sistemas de rotação de culturas é uma estratégia que também deve ser avaliada em relação ao seu efeito nos estoques de matéria orgânica do solo. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o teor e o estoque de carbono após três anos de cultivo em diferentes sistemas de manejo do solo e plantas de cobertura de inverno em sucessão ao milho no verão no planalto Catarinense. O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina, campus de Curitibanos. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em um sistema com parcelas subdivididas, sendo os sistemas de manejo do solo na parcela principal e as plantas de cobertura do solo na subparcela, com três repetições. Foram utilizados três manejos do solo, sendo plantio direto (PD), manejo convencional (PC) e cultivo mínimo (CM) e três plantas de cobertura de inverno (nabo, aveia e ervilhaca). As sementes de inverno foram implantadas com espaçamento de 17 cm, sem uso de adubação de base e com 30 kg de N em cobertura. Na cultura do milho o espaçamento utilizado foi de 50 cm, com uso de 300 kg de 00-18-18 por ha, sem uso de nitrogênio em cobertura. Foram coletadas amostras de solo através de aberturas no sentido transversal as linhas da cultura, nas camadas de: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-45 cm. Foi determinado o teor de carbono orgânico total e calculado o estoque de COT. O teor e o estoque de COT não foram influenciados pelos sistemas de manejo do solo em todas as camadas analisadas. Já em relação às plantas de cobertura, não houve influencia do teor de COT nas camadas analisadas, mas a aveia preta teve maior estoque de C na camada de 30-45 cm. O sistema de manejo do solo não afetou os teores e estoque de C do solo após três anos de cultivo. O solo sob cultivo da aveia preta teve maior estoque de carbono do que a ervilhaca apenas na camada de 30-45 cm.

**Palavras-chave:** Matéria orgânica. Plantio direto. Proteção do solo.

## ABSTRACT

Soil management systems with cover plants is a strategy for improving yields of successor crops and soil properties. The inclusion of leguminous plants in the rotation of culture is a strategy that also should be evaluated in relation to the effect of organic materials in soil stock. This way, the objective of this work was evaluated the level and the stock of carbon after three years of management in different tillage systems with winter cover plants in succession to corn in the summer in the Santa Catarina. The experiment was installed at the Experimental Agricultural Farm of the Federal University of Santa Catarina, Curitiba campus. The experimental design was a randomized block with a subdivided plots system, with soil management system in the main plot and soil cover plants in the subplot, with three replicates. Three soil treatments were used, no tillage (PD), conventional management (PC), minimum cultivation (CM) and winter cover plants (turnip, oats and vetches). The winter seeds were planted with spacing of 17 cm, without use of base fertilization and with 30 kg of N in cover. In the corn crop, the spacing used was 50 cm, using 300 kg of 00-18-18 per ha, without the use of nitrogen in the cover. Soil samples were collected through openings in the transverse direction as culture lines, in the layers of: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-45 cm. The total organic carbon (COT) content was determined and the COT stock calculated. The COT content and stock were not influenced by soil management systems in all the analyzed layers. Regarding the cover plants, there was no influence of the COT content on the analyzed layers, but black oats had a higher C stock in the 30-45 cm layer. The soil management system did not affect soil C contents and stock after two years of cultivation. The soil under cultivation of black oats had a higher carbon stock than the vetch only in the 30-45 cm layer.

**Key words:** Organic matter. No-tillage. Soil protection.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	12
<b>1.2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 CARBONO ORGÂNICO.....	13
2.2 PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM O CARBONO ORGÂNICO.....	14
<b>2.2.1 Temperatura.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2 Umidade.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.3 Características físicas do solo.....</b>	<b>14</b>
2.3 CARACTERÍSTICAS DAS CULTURAS DE INVERNO.....	15
2.4 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO.....	15
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O carbono (C) é um dos principais componentes da matéria orgânica do solo e os seus estoques variam em função das taxas de adição, por resíduos vegetais e animais, e de perda, por erosão e oxidação pelos microrganismos do solo. Em solos sem ação antrópica, o teor e o estoque são determinados basicamente pela temperatura, pela umidade e pelo tipo de solo (BAYER & MIELNICZUK, 1997).

Em sistemas agrícolas, os estoques de C orgânico no solo são também influenciados pelo manejo adotado. Em solos com intenso revolvimento, além das perdas por erosão, ocorre um aumento na atividade microbiana pela maior exposição de resíduos aos microrganismos e suas enzimas. O aumento no estoque de matéria orgânica do solo é proveniente do sequestro de C atmosférico, via fotossíntese, sendo, do ponto de vista ambiental, muito importante na mitigação da emissão de gases do efeito estufa (LOVATO et al., 2004).

As mobilizações intensivas do solo, no sistema de manejo convencional, sob condições inadequadas de umidade e de cobertura vegetal, modificam adversamente a estrutura do solo, afetando basicamente as relações entre as fases sólida, líquida e gasosa. Desta forma, podem transformar a camada arável superficial pulverizada e a subsuperficial compactada. O sistema plantio direto é um sistema de produção agrícola em que a semeadura das culturas é feita sem preparo do solo, mantendo os restos culturais dos cultivos anteriores na superfície (SILVA & MIELNICZUK, 1997).

Esse sistema de manejo é eficaz na proteção da superfície do solo contra agentes erosivos, mas como não há revolvimento do solo, pode ocorrer a formação de camadas compactadas na distribuição das pressões exercidas na superfície do solo pelas máquinas/implementos ou casco de animais, em áreas de integração lavoura-pecuária. O aumento da densidade do solo em lavouras sob este sistema foi verificado por vários autores podendo ser considerado como uma consequência natural do sistema plantio direto (SILVA & MIELNICZUK, 1997).

Além da classe de solo, as condições climáticas, os sistemas de culturas utilizados, o tempo de uso dos diferentes sistemas de manejo e a condição de umidade do solo em que são realizadas as operações de campo determinam a magnitude dos efeitos do manejo sobre as propriedades físicas do solo. Isso explica, em parte, os diferentes resultados obtidos quanto ao efeito dos sistemas de preparo convencional e plantio direto na densidade do solo, na porosidade e na resistência do solo à penetração (BERTOL et al., 2000). Por outro lado, normalmente tem sido observado no solo em plantio direto um aumento no conteúdo de água,

na condutividade hidráulica saturada e na estabilidade de agregados do solo, bem como uma diminuição das temperaturas máximas do solo (BRAGAGNOLLO & MIELNICZUK, 1990).

Os níveis de carbono orgânico (CO) do solo podem ser comprometidos quando usamos o solo para fins agrícolas, rompendo o seu estado estável, com revolvimento e eliminação da sua cobertura. Entretanto, em alguns sistemas como o PD, o balanço entre adição e perda de CO no solo é mais equilibrado (GONÇALVES; CERETTA, 1998).

A escolha da espécie de cobertura de solo a ser utilizada é importante, sendo que espécies leguminosas tem capacidade diferenciada em adicionar carbono ao sistema agrícola. Em condições naturais, o solo encontra-se em estado estável, apresenta uma cobertura vegetal nativa e um equilíbrio entre as taxas de adição e perda de carbono (SANCHEZ, 1976).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Uma estratégia que deve ser avaliada é a inclusão de leguminosas em sistemas de rotação de culturas, gerando resultados nos estoques de matéria orgânica do solo. Transcorridos um longo período de tempo, comprova-se que estoque de CO aumenta em solo com o uso de leguminosas como cobertura, sendo mais eficiente na estrutura de agregados (AMADO et al., 2001).

Com a mudança do preparo convencional para o plantio direto, foi possível recuperar de 50 a 75% do CO perdido em regiões temperadas e nas regiões subtropicais, a adoção do PD com elevada adição de resíduos, promove uma recuperação dos teores de matéria orgânica do solo em um período de tempo mais curto (BAYER & MIELNICZUK, 1997; AMADO, 1999).

Solos com intenso revolvimento rompem agregados, promovendo uma desestabilização da matéria orgânica, tornando-a suscetível à decomposição microbiana. Essa redução no teor de matéria orgânica ocasiona novos decréscimos na agregação, associados ao estoque de CO no solo. O PD mantém o resto culturais no solo, diminuindo riscos a erosão e principalmente a perda de nutrientes ocasionados pela lixiviação. Também o PD controla a temperatura graças à quantidade de resíduos mantida no solo, diminuindo o impacto das gotas. Diante deste problema, espera-se sugerir melhores estratégias de plantas de cobertura e sistemas de manejo para a cultura do milho visando melhor acúmulo de CO tanto nas camadas mais superficiais quanto nas mais profundas.

## 1.2 OBJETIVOS

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Avaliar o teor e o estoque de carbono em um Cambissolo Háplico sobre diferentes plantas de cobertura de inverno (aveia, nabo e ervilhaca), associadas a diferentes manejos do solo (plântio direto, preparo convencional e cultivo mínimo) na região do planalto Catarinense.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 CARBONO ORGÂNICO**

A entrada de carbono orgânico (CO) no solo depende da entrada de material orgânico através da senescência de certos componentes da biomassa acima e abaixo do solo, queda das folhas, resíduos da exploração e animais mortos, com suas respectivas taxas de decomposição (KIEHL, 2008). O clima, a textura e a estrutura do solo e as formas de manejo controlam os níveis de C no solo, especialmente quando há a conversão de ecossistemas nativos em áreas agrícolas (SCHLESINGER, 2000).

Para uma mesma produção e deposição de biomassa vegetal ao solo, o teor de matéria orgânica (MO) pode variar de solo para solo, tendo em vista a influência de diversos fatores sobre a microbiota do solo e sobre a taxa de decomposição. A baixa disponibilidade de nutrientes dificulta a ação dos microrganismos decompositores (Resende et al., 2002), e o resultado disso é que a adição de material orgânico passa a ser maior do que a mineralização, com o conseqüente acúmulo de matéria orgânica.

O CO é um indicador de qualidade de solo tendo influencia física, química e biológica do solo, sendo sensível as variações climáticas, a pressão biológica e principalmente em atividades de manejo. Ao longo do desenvolvimento de atividades produtivas (diferentes manejos do solo), ocorrem modificações na distribuição de CO. Além disso, o aumento do C orgânico no solo afeta a estrutura do solo, fazendo com que esses fiquem mais estáveis (Costa et al., 2008). Embora não seja considerado em si um fator de crescimento para as plantas, exerce influência na disponibilidade de água e ar às raízes das, no suprimento e no desenvolvimento do sistema radicular (PALMEIRA et al., 1999).

Neste sentido, segundo Resende et al. (2002), a baixa temperatura, a deficiência em água, a falta de aeração e os baixos teores de nutrientes no solo inibem a ação dos microrganismos, podendo favorecer acúmulo de MO e conseqüentemente maiores teores de carbono orgânico principalmente nas camadas mais superficiais.

## 2.2 PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM O CARBONO ORGÂNICO DO SOLO

### 2.2.1 Temperatura

A MO é toda substância que apresenta em sua composição o C, sendo a superfície do solo a camada que apresentam maior quantidade de material orgânico, proveniente de folhas, raízes, caules, frutas, excretas, animais e microrganismos. Este material orgânico se decompõe liberando nutrientes pelo processo de mineralização. Em condições de boa aeração e temperatura elevada, ocorre rápida mineralização da MO, liberando os nutrientes essenciais para as plantas de forma mais rápida. Assim, em regiões de clima quente, geralmente ocorre um aumento da atividade microbiana e um solo mais pobre em MO (LEPSCH, 2002). Já em regiões mais frias a ciclagem de nutrientes e a decomposição se torna mais lenta diminuindo a atividade dos microrganismos.

### 2.2.2 Umidade

A umidade influencia a decomposição da MO. Quando ocorre o encharcamento do solo a atividade microbiana é reduzida devido a falta de oxigênio e em caso de dessecação a atividade microbiana é reduzida pela falta de água, sendo necessário um equilíbrio no teor de água do solo. A taxa de decomposição é influenciada pela umidade e a temperatura do solo e as maiores taxas de decomposição são observadas com o aumento da umidade e temperatura. (COSTA & SANGAKKARA, 2006).

A MO do solo se transforma em húmus após a decomposição ocorrendo a liberação de nutrientes. O húmus pode elevar a capacidade de retenção de umidade de um solo absorvendo ele mesmo, grande quantidade de água ou promovendo a granulação das partículas minerais. As altas precipitações pluviométricas afetam o solo ocorrendo alterações químicas, lixiviando os nutrientes essenciais, favorecendo o surgimento dos nutrientes benéficos (MELLO, 1976). Além disso, teores constantes de umidade do solo são favoráveis a biota do solo, fazendo com que o resíduo seja transformado em húmus no solo. A perda de MO do solo por erosão hídrica é aumentada pela utilização de máquinas agrícolas com a aração ou gradagem. (BAYER et al., 1999).

### 2.2.3 Características físicas do solo

O C contido no solo é fortemente influenciado pelas características do solo como a textura, a densidade e a macroporosidade, sendo que em solos que apresentam um maior teor de argila acometem a maiores taxas de acúmulo do CO ao longo do tempo.

Os mecanismos de formação das diferentes classes de tamanhos dos agregados são influenciados pelo CO e sua quantidade irá permitir maior ou menor agregação tendo como resultado menor ou maior perda de solo e o aumento crescente dos índices de agregação é causado pelo aumento CO (CASTRO FILHO et al., 1998).

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DAS CULTURAS DE INVERNO

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus L*) é uma planta da família das Brassicas, sendo muito utilizada na adubação verde, pois suas raízes descompactam o solo, permitindo um preparo biológico do mesmo na rotação de culturas e na alimentação animal. Apresenta elevada capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, tornando-se uma espécie importante na rotação de culturas como algodão, feijão, milho e soja. É uma espécie tolerante à seca e geada, sendo uma opção de cultivo para outono e inverno (COSTA et al., 1992).

A ervilhaca (*Vicia sativa*) é uma planta de clima temperado, anual e precoce, com razoável desenvolvimento em clima subtropical. Essa planta pode ser aproveitada como adubação verde, na melhoria da fertilidade do solo, como fonte de nitrogênio, como forragem verde, feno, silagem, ou como grãos secos e tostados (triturados), na alimentação animal. Como as demais leguminosas, necessita de inoculante específico (SANTOS, 2012). Esta espécie desenvolve-se em solos corrigidos ou já cultivados, com bons teores de cálcio, fósforo e sem problemas de acidez, podendo ser empregada com forrageira para animais ou como planta de cobertura (EMBRAPA, 2006).

A aveia preta (*Avena strigosa*) caracteriza-se por crescimento vigoroso e tolerância à acidez nociva do solo, causada pela presença de alumínio. É a forrageira anual de inverno mais usada para pastejo no inverno, no Sul do Brasil. É espécie mais precoce do que a maioria dos cereais de inverno. Pode ser pastejada ou conservada como feno ou silagem ou, ainda, cortada mecanicamente para fornecimento em cochos. É cultura adequada para uso em sistemas de rotação de culturas com cevada, trigo, centeio e triticale, pois diminui a população de alguns patógenos que afetam esses cereais. É uma espécie rústica, pouco exigente em fertilidade de solo, que tem se adaptado bem nos estados do Paraná, de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul, de São Paulo e do Mato Grosso do Sul (SANTOS, 2012).

### 2.4 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

O plantio convencional (PC) consiste na aração e gradagem necessários para o controle de ervas daninhas. A aração, normalmente é feita a profundidade de

aproximadamente 15 cm com o arado de discos. A gradagem tem por finalidade o destorroamento do solo e nivelamento após o preparo primário (aração). Geralmente é feita com grade leve (niveladora) (IDO; OLIVEIRA, 2002). A semeadura é efetuada manualmente ou com máquinas próprias para este fim (semeadoras) ou que semeiam e adubam simultaneamente (semeadoras – adubadoras).

No plantio direto (PD) a semente é colocada diretamente no solo não revolvido, sobre a palha, usando-se máquinas como as semeadoras de precisão. Somente é aberto um pequeno sulco, de profundidade e largura suficiente para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo. O sistema prepara no máximo 25 a 30 % da superfície do solo. O plantio direto é uma técnica de cultivo conservacionista em que o plantio é efetuado sem as etapas do preparo convencional da aração e da gradagem. Nessa técnica, é necessário manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. Essa cobertura tem por finalidade proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica (CRUZ; ALVARENGA, 2016).

O cultivo mínimo (CM) refere-se à redução de uma ou mais operações de manejo do solo, comparado com o sistema convencional. Realiza-se a semeadura das culturas e após isso a gradagem para incorporar a sementes no solo. Além da utilização de grades no preparo do solo que apresenta como agravante a pulverização da camada superficial do solo, o cultivo mínimo pode ser adotado como alternativa à redução dos problemas de erosão, pois este sistema deixa-se uma considerável quantidade de cobertura na superfície (resíduos culturais), especialmente nas entrelinhas. Também o cultivo mínimo conserva a umidade relativa do solo na superfície, reduz a infestação de ervas daninhas e melhora a fertilidade das propriedades físicas do solo em longo prazo. (IDO; OLIVEIRA, 2002).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi implantado na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Curitibanos, situada no planalto do estado de Santa Catarina, estando a uma altitude média de 1000 metros. O clima é classificado como Cfb de Köppen, classificado como clima subtropical úmido com verão ameno com temperatura média entre 15°C e 25°C, tendo uma precipitação média anual de 1500 mm (Figura 1 e 2). O solo na área experimental é classificado como Cambissolo Háplico de textura argilosa (550 g kg<sup>-1</sup> de argila). As características químicas da área de estudo na camada de 0,0 – 0,20 cm antes da implantação do experimento eram os seguintes: matéria orgânica: 53,61 g dm<sup>3</sup>; P: 7,7 mg dm<sup>3</sup>; K<sup>+</sup>: 0,23 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 7,98 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 3,91 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; pH: 6,6 CaCl<sub>2</sub>.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas, tendo os sistemas de manejo nas parcelas e as espécies de coberturas nas subparcelas, com três repetições. As parcelas possuíam 36 m<sup>2</sup> e as subparcelas constituídas de 12 m<sup>2</sup> (Figura 3). Os sistemas de manejo do solo foram: plantio direto (PD) constituído de semeadura com revolvimento na linha de plantio, preparo convencional (PC) constituído de uma aração (arado de disco, profundidade 20 cm) e uma gradagem (grade leve de disco, profundidade 10 cm) tanto no inverno quanto no verão e cultivo mínimo (CM) constituído de uma gradagem (grade leve de disco, profundidade 10 cm) realizado somente na semeadura das plantas de cobertura no inverno. Nas subparcelas no inverno foram semeadas três culturas de cobertura nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e aveia preta (*Avena strigosa*).

A semeadura do milho (híbrido DKB 230) foi feita no verão, de forma mecanizada com espaçamento entre linhas de 50 cm, mantendo uma densidade de 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de P e K foi realizada com uso de 300 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 00-18-18.

As culturas de inverno foram semeadas no ano de 2015 no início de maio e avaliadas por três anos, realizando a cada ano uma nova semeadura. Para o PC e PD foi realizado a abertura das linhas de plantio com a semeadora e em seguida semeadura manualmente. Já a semeadura no CM foi realizada a lanço cobrindo a semente com a grade leve de disco. A aveia preta foi semeada numa quantidade de sementes de 100 kg ha<sup>-1</sup>, a ervilhaca 50 kg ha<sup>-1</sup> e o nabo forrageiro 12 kg ha<sup>-1</sup>. Foi realizada aplicação de 30 kg de N em cobertura na forma de ureia no momento do perfilhamento da aveia preta.

Figura 1. Dados agrometeorológicos da Área Experimental UFSC Curitibanos ano 2016.

Mês/Ano 2016	Chuva (mm)	T°C med (°C)	Média T°C max (°C)	Média T°C min (°C)
Janeiro	109.2	20.7	26.3	16.4
Fevereiro	274	21	26.8	17.3
Março	232	18.2	24.4	13.1
Abril	146	17.9	24.7	12.6
Maio	198.4	12	17	8
Junho	41.6	9.4	15.3	5.1
Julho	76.8	12.3	19	7.4
Agosto	161.6	12.6	19.6	7.9
Setembro	105.2	13.1	20.1	6.8
Outubro	183.2	14.7	21.6	11.2
Novembro	224.2	17.2	23.7	12.4
Dezembro	151.4	18.8	24.7	14.1

Figura 2. Dados agromatológicos da Área Experimental UFSC Curitibanos ano 2017.

Mês/Ano2017	Chuva (mm)	T°C med (°C)	Média T°C max (°C)	Média T°min (°C)
Janeiro	162.6	19.6	26.2	16.3
Fevereiro	111.2	18.4	26.7	16.8
Março	72.4	17.6	24.0	14.6
Abril	45.2	16.2	21.1	13
Maio	14.4	18.6	24.6	15.1
Junho	98.6	11.9	17.9	8.1
Julho	3.8	12.6	19.9	8.2
Agosto	60.8	12.9	18.8	9.1
Setembro	44.8	17.0	23.4	12.8
Outubro	142.4	15	20.3	11.4
Novembro	128.8	16.8	23.1	11.9
Dezembro	140.4	19.4	25.7	15.2

Figura 3. Croqui representativo do experimento à campo. PC plantio convencional. PD plantio direto. CM cultivo mínimo. Curitibanos, SC, 2018.

		Bloco III		
PC	Aveia <b>25</b>	Nabo <b>26</b>	Ervilhaca <b>27</b>	
CM	Aveia <b>22</b>	Nabo <b>23</b>	Ervilhaca <b>24</b>	
PD	Nabo <b>19</b>	Ervilhaca <b>20</b>	Aveia <b>21</b>	

  

		Bloco I		
PD	Ervilhaca <b>7</b>	Aveia <b>8</b>	Nabo <b>9</b>	
PC	Nabo <b>4</b>	Ervilhaca <b>5</b>	Aveia <b>6</b>	
CM	Aveia <b>1</b>	Nabo <b>2</b>	Ervilhaca <b>3</b>	

  

		Bloco II		
PC	Aveia <b>16</b>	Nabo <b>17</b>	Ervilhaca <b>18</b>	
CM	Ervilhaca <b>13</b>	Aveia <b>14</b>	Nabo <b>15</b>	
PD	Nabo <b>10</b>	Ervilhaca <b>11</b>	Aveia <b>12</b>	

Para avaliação do estoque de carbono orgânico total (COT), foram coletadas amostras de solo através da abertura de uma trincheira (25 x 50 cm) por parcela em sentido transversal

as linhas da cultura, nas camadas de: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-45. Foram coletadas as camadas de 0 a 30 com o auxílio de espátulas e as demais camadas com o uso de um trado do tipo rosca, com 15 cm de diâmetro. Foram coletadas amostras somente no blocos I, II e III devido o solo do bloco IV ser raso.

Juntamente com a coleta de solo foi determinada a densidade através do método da escavação (BLAKE E HARTGE, 1986). Sendo a massa do solo de cada camada determinada no campo e a exatidão das dimensões da trincheira assegurada por um gabarito de metal fixado inicialmente no solo, cuidadosamente escavado, na profundidade de 0-30 cm. Para assegurar a precisão das profundidades foi feito a passagem dentro da trincheira, de réguas de 5, 10, 20 e 30 cm de profundidade e espessura de 25 cm, conferindo assim igual acurácia entre as trincheiras. Nas demais profundidades foram inseridos dois anéis de 15 cm de diâmetro dentro da trincheira e o solo retirado com o uso do trado tipo rosca, sendo a profundidade aferida cuidadosamente com o uso de uma régua. Uma amostra de solo de cada camada foi retirada para correção da umidade (EMBRAPA, 1997).

As amostras de solo foram secas ao ar, moídas com auxílio de um rolo de madeira e passadas em peneira de 2 mm. Uma subamostra foi retirada e moída em gral de porcelana, até passar em peneira de 250 µm. Para a determinação da concentração de carbono orgânico foi utilizado o método descrito pela Embrapa. O princípio foi à oxidação de matéria orgânica via úmida, usando dicromato de potássio em meio sulfúrico. O método de baseia-se na redução do dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) por compostos de carbono orgânico e na subsequente determinação do ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) remanescente por titulação do excesso de cromo com sulfato ferroso amoniacal. Esse método é o mais empregado em laboratórios que analisam C em solos, porém apresenta problemas analíticos e ambientais (Cantarella et al., 2001).

Para determinar o estoque de carbono foi usada a equação 1:

$$\text{EstC} = (\text{COT} * \text{Ds} * \text{esp}) / 10 \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

EstC = Estoque de Carbono;

COT = Carbono orgânico total;

Ds = Densidade;

Esp = Espessura da camada

Os resultados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), a fim de verificar as possíveis diferenças entre os tratamentos. Para comparação entre as médias dos tratamentos, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre os manejos de solo e as plantas de cobertura da variável teor de carbono orgânico total em todas as camadas analisadas

O teor de carbono total (COT) não foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo em todas as camadas analisadas (Tabela 1). Isso pode ser devido à condição climática da região, devido às baixas temperaturas aliando ao tempo de condução do experimento. As modificações nos teores de COT em regiões de clima frio geralmente ocorrem em longo prazo (THEODORO, 2003). Já em locais de clima quente, essas modificações são mais rápidas (BAYER E MIELNICZUK, 1999).

Tabela 1. Teor de carbono ( $\text{g kg}^{-1}$ ) sobre diferentes plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. Curitiba, SC.

Camadas	Preparo do solo			CV(%)	P> Fc
	PC	CM	PD		
0-5 cm	31,17	42,75	38,46	20,86	0,0806 ns
5-10 cm	34,77	32,03	33,46	32,57	0,8709 ns
10-20 cm	28,87	26,15	32,34	32,78	0,4597 ns
20-30 cm	24,57	23,01	26,53	42,58	0,7878 ns
30-45 cm	19,32	21,15	24,94	29,88	0,2856 ns
	Culturas de cobertura				
Camadas	Aveia	Nabo	Ervilhaca	CV%	
0-5 cm	36,76	39,22	36,41	32,25	0,8670 ns
5-10 cm	29,96	37,56	32,74	22,31	0,1335 ns
10-20 cm	30,28	29,45	27,63	18,72	0,5864 ns
20-30 cm	24,48	21,80	27,83	41,72	0,4829 ns
30-45 cm	25,22	21,04	19,15	30,76	0,1879 ns

Onde: PC= manejo convencional; CM= cultivo mínimo; PD= plantio direto; \* significativo a 5% e \*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey; Ns= não significativo.

As condições climáticas do planalto catarinense não são propícias para decomposição

do COT, sendo ele influenciado pelo clima. A taxa de decomposição é controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da composição química do material orgânico utilizado, (ZECH et al., 1997). Além disso, materiais orgânicos com altos teores de carbono em relação ao nitrogênio (relação C/N) apresentam maior dificuldade para a decomposição permanecendo maior tempo no solo (HERMAN et al., 1977). As baixas temperaturas retardam a decomposição e em temperaturas mais elevadas e a maior atividade microbiana aceleram a decomposição dos materiais orgânicos incorporados e presentes no solo (SILVA et al., 1994). Apesar do sistema do PD e CM apresentarem médias superiores ao PC não houve influencia no teor de (COT) provavelmente pela variação natural dos dados. Mesmo assim, na camada de 0-5 cm o teor de C no PC foi 10,91% inferior que o PD, mostrando que está havendo maior decomposição de matéria orgânica do solo ou o incremento no PD. A tendência é que com o tempo de cultivo se espera uma maior diferença entre os sistemas de cultivo até que se atinja o equilíbrio entre as adições e perdas de C. Cabe ressaltar que os teores iniciais do experimento implantando em 2015 foram de 53,61 g dm<sup>-3</sup> de MO (equivalente a 31,10 g dm<sup>3</sup> de COT). Após três anos de cultivo, os teores médios de C na camada de 0-20 cm são de 30,9, 31,8 e 34,1 g kg<sup>-1</sup> para os sistemas PC, CM e PD respectivamente. Esses valores são próximos aos teores de C originais no início do experimento. Assim, depois dos três anos de cultivo, os teores de C e conseqüentemente de MO ficaram praticamente estáveis mesmo em sistemas com revolvimento do solo, o que reforça a ideia de que a condição climática é fator chave no processo de decomposição de C do solo nessa condição. Já em sistemas conservacionistas está ocorrendo lentamente um acúmulo de C do solo em relação ao início do experimento.

Um dos principais responsáveis pela sustentabilidade dos sistemas agropecuários seria o aumento dos teores de MO nos sistemas de produção, sendo que a MO está relacionada com vários aspectos ambientais e qualidade dos solos (MIELNICZUK et al., 2003). A manutenção dos teores de COT no solo se torna necessária, visto que cerca de 58% da MO do solo é carbono e assim quanto maior a quantidade de MO maior a quantidade de nutrientes como N, K e P, favorecendo os cultivos em sucessão, melhorando a qualidade química do solo (SILVA et al., 1994). Também uma maior qualidade de MO pode incrementar até 35% na CTC do solo, ajudando na complexação dos elementos tóxicos como o alumínio (MENDONÇA, 1995).

Outra explicação do teor de carbono não ser significativo em função dos manejos do solo seria que o PD e o CM são mais eficientes na incorporação de resíduos incorporados a superfície do solo. Nestes sistemas de manejo que revolvem menos o solo, o acúmulo de

matéria orgânica ocorre lentamente, previne a superfície do solo, estabiliza os agregados e mantem os bioporos no solo, aumentando o teor de (COT) (BAYER e MIELNICZUK, 1997). Já o revolvimento do solo ocasiona intensa perturbação do solo, estimula a ação dos microrganismos decompositores, aumentando a perda de (COT) em relação a um sistema de manejo sem revolvimento (BAYER et al., 2000).

Resultados semelhantes foram encontrados por Castro Filho et al. (2002) onde observaram que a mudança no sistema de plantio impacta diretamente no carbono do solo e que a mudança do sistema de plantio convencional para sistemas que revolvam menos o solo impacta diretamente no teor de carbono.

De maneira geral os teores de carbono foram diminuindo em profundidade. Isso já era esperado, em função de que nas camadas superficiais (até 10 cm) ocorre a maior ciclagem de raízes, pois na superfície do solo há uma quantidade maior de resíduos vegetais (MO) deixados pelas plantas de cobertura (SIDIRAS et al, 1985). Wood et al. (1991), não encontraram efeito nos teores de COT em profundidade após quatro anos antecedendo o milho em plantio direto, concluindo que provavelmente não tivesse tempo suficiente para acumular carbono em profundidade.

A ausência de revolvimento no solo permite maior manutenção e acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo, sendo que em um trabalho elaborado por Bertol et al. (2003) em um Cambissolo Húmico aluminico léptico, situado a 27° 04' de latitude Sul e 50° 20' de longitude Oeste, com 937 m de altitude média, na região do Planalto Sul Catarinense, constataram que após cinco anos de estudos o teor de carbono orgânico foi 27 % maior na semeadura direta e 54 % maior no campo nativo do que no manejo convencional, na média dos sistemas de cultivo, na camada de 0-10 cm, evidenciando a acelerada decomposição do PC.

Avaliando as plantas de cobertura, não houve influencia da variável teor de COT para todas as camadas de solo avaliadas (Tabela 1).

O balanço de C no solo depende das adições de C fotossintetizado pelas plantas e as perdas de C para a atmosfera resultante da oxidação microbiana do C orgânico a CO<sub>2</sub> (COSTA et al., 2006). A emissão de C-CO<sub>2</sub> decorrente da ação decompositora dependem principalmente do conteúdo de MO e da disponibilidade de resíduos vegetais e será diferente em sistemas de manejo que apresentem distintas adições de resíduos. Sistemas de manejo com menor emissão de C-CO<sub>2</sub> por unidade de C na MO apresentam maior potencial de conservação de C no solo (COSTA et al., 2003).

As plantas de cobertura produzem matéria seca, liberando ao solo resíduos vegetais

com decomposição mais rápida ou lenta, interferindo na entrada e saída de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, afetando os teores de carbono. A aveia preta proporciona a mitigação da emissão de CO<sub>2</sub> atmosférico por retardarem processos decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo principalmente pela sua qualidade química (NICOLOSO et al., 2006). Bortolini et al. (2000) verificaram que 52,5% do resíduos da aveia ainda permanecia no solo após 30 dias devido a sua alta relação C/N. Já Acosta et al. (2014), constataram após dois anos de estudos menor taxa de decomposição da aveia preta, e maior taxa da ervilhaca devido sua baixa relação C/N.

Em curto prazo, o aumento no teor de COT no solo é difícil de acontecer. Nascimento et al. (2005), relataram que por três anos não observaram alterações nos teores de COT do solo em relação a testemunha (campo nativo), ao introduzir como cobertura do solo leguminosas em seu experimento em um Luvisolo no município de Alagoinha/PB, mostrando a importância da prevenção na manutenção do COT do solo e dificuldade em recuperá-lo posteriormente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Amado et al. (2001), que avaliaram o potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo em um Argissolo Vermelho Distrófico e constataram a recuperação até o nível original de carbono total do solo apenas após o quarto ano de implantação das culturas de coberturas como aveia preta (*Avena strigosa*) + ervilhaca comum (*Vicia sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*)+ervilhaca comum, milho + mucuna (*Stizolobium cinereum*) e milho + feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) sob plantio direto na produção de milho. Gonçalves e Cereta (1999) verificaram efeito das sucessões de culturas utilizando ervilha forrageira (*Pisum arvense*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*), tremoço azul (*Lupinus angustifolius*) e aveia preta (*Avena strigosa*) somente após seis anos de avaliação.

Não houve interação da variável estoque de carbono para os manejos de solo em todas as camadas analisadas (Tabela 2). Similar ao teor do COT, o estoque de C não foi influenciado pelo manejo do solo em todas as camadas (Tabela 2). Resultados parecidos foram encontrado em um trabalho realizado por Bayer et al. (2004) que em períodos curtos, o plantio direto não tem efeito no estoque de carbono em Latossolos vermelho.

Tabela 2. Análise de estoque de carbono ( $\text{Mg/ha}^{-1}$ ) sobre diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparo do solo. Curitiba, SC.

Camadas	Preparo do solo			CV%	P> Fc
	PC	CM	PD		
0-5 cm	14,53	25,52	22,04	54,19	0,2210 ns
5-10 cm	20,31	23,42	25,12	45,39	0,6436 ns
10-20 cm	33,45	38,14	50,38	44,75	0,2407 ns
20-30 cm	27,88	32,97	40,60	65,33	0,5271 ns
30-45 cm	28,60	43,05	57,47	55,02	0,0236 ns
0-45 cm	124,79	163,12	195,62	47,52	0,2591 ns
	Culturas de cobertura				
Camadas	Aveia	Nabo	Ervilhaca	CV%	
0-5 cm	19,75	22,70	19,63	35,79	0,6205 ns
5-10 cm	19,30	26,11	23,44	23,53	0,0591 ns
10-20 cm	41,85	38,80	41,33	27,78	0,8307 ns
20-30 cm	36,43	28,32	36,67	35,73	0,2854 ns
30-45 cm	53,71	39,90	35,50	29,03	0,0236 *
0-45 cm	171,09	155,85	156,59	15,94	0,3945 ns

Onde: PC= manejo convencional; CM= cultivo mínimo; PD= plantio direto; \* significativo a 5% e \*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey; Ns= não significativo.

Embora o PC expressa quantidades inferiores de carbono orgânico em todas as camadas analisadas em valores absolutos e o PD expressar quantidades superiores em relação aos outros tratamentos não se observou diferença significativa. Na camada de 0-45 cm, o estoque de C foi de  $195,6 \text{ (Mg/ha}^{-1}\text{)}$  no PD e apenas  $125 \text{ (Mg/ha}^{-1}\text{)}$  no PC, refletindo numa redução de 36 % no estoque de C.

Apesar de não ter havido diferenças significativas nos sistemas de manejo, o estoque

de carbono em sistemas menos perturbados como o PD e o CM apresentaram uma tendência em armazenar mais C orgânico no solo, principalmente nas camadas mais superficiais.

Esse aumento no estoque de C é importante para a aeração e retenção de umidade do solo, fazendo com que o solo permaneça com uma boa qualidade física do solo (VEZZANI et al, 2011). Com o revolvimento do solo no PC, ocorre um aumento na aeração do solo facilitando a decomposição da MO que esta presente na superfície. D'Andréa et al. (2002) verificaram que no PC existe uma redução da estabilidade de agregados em decorrência do uso continuado de implementos, expondo o material orgânico, aumentando a decomposição, contribuindo para menores estoques de C. O PD promove a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, diminuindo a aeração e a atividade microbiana pela redução da temperatura, protegendo a MO no interior de agregados. Essa maior adição de resíduos orgânicos no solo em PD, menor exposição dos agregados na superfície do solo, menor impacto das gotas de chuva, contribuem para uma maior proteção da MO do solo (BALESDENT et al., 2000).

Comparando o estoque de C nos solos de clima mais frio como a do planalto catarinense onde a temperatura média do ar é de 16°C, a média no estoque de C acumulado é de 84,32 (Mg/ha<sup>-1</sup>) até 30 cm de profundidade. Em um estudo nas áreas agropecuárias do Estado do Maranhão, onde a temperatura média varia em torno dos 30 °C, o estoque de carbono em até 30 cm de profundidade em áreas agricultáveis é de 40 (Mg/ha<sup>-1</sup>) (MENDES, 2015).

Já o estoque de C em função das plantas de cobertura foi significativo apenas na camada de 30-45 cm (Tabela 2). A aveia preta (*Avena sativa*) obteve média superior, e diferiu estatisticamente da ervilhaca (*Vicia sativa*), mas não diferiu do nabo forrageiro (*Raphanus sativus*).

Este resultado pode ser explicado devido ao fato de que a aveia preta (*Avena sativa*) é uma gramínea com alta relação C/N, e seus resíduos se decompõem de forma mais lenta em relação às leguminosas. Este maior período de tempo que os resíduos (matéria orgânica) da aveia preta permaneceram no solo podem ter contribuído para um maior estoque de carbono na camada mais profunda 30-45 cm.

A velocidade de decomposição dos resíduos culturais esta relacionada com a relação C/N das culturas, que quanto mais alta sua relação C/N mais lenta será a decomposição, e a velocidade de decomposição é a que determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo (MARY et al., 1996). Após 180 dias de manejo da aveia preta, Da Ros (1993) verificou que 57,6% dos resíduos culturais da gramínea ainda se encontravam na

superfície do solo contra apenas 25% da leguminosa como a ervilhaca (*Vicia sativa*). A aveia preta tem alta produção de matéria seca (MS) em relação às outras coberturas avaliadas, sendo que esta MS pode ter contribuído para menores perdas de solo por lixiviação e erosão, deixando o solo mais protegido e conservado uma melhor estrutura do solo e maior qualidade de resíduos, aumentando o estoque em profundidade.

Calegari (2006) demonstrou que a aveia preta possui capacidade de produção de MS elevada tornando-se de extrema importância para a melhoria da qualidade do solo, principalmente por contribuir na redução das perdas de solo e de C orgânico, além da melhoria da estrutura dos agregados.

Outra explicação seria que o milho cultivado no verão contribuiu para o aumento no estoque de carbono, liberando altas taxas de MS no solo e sendo também uma cultura com relação C/N alta, ressaltando que o estoque de carbono orgânico no solo depende fundamentalmente da quantidade de massa seca produzida pelos sistemas de culturas.

## **5 CONCLUSÃO**

O teor de carbono do solo não foi influenciado pelo manejo do solo e pelas plantas de cobertura após três anos de cultivo.

A aveia preta proporcionou um maior estoque de carbono no solo em relação à ervilhaca na camada de 30-45 cm.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, Jose Alan de Almeida et al. Decomposição de fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da qualidade de resíduos aportada ao solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.44, n.5, p. 801-809, maio, 2014.
- AMADO, T.J.C. Seqüestro de carbono em plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA REVISTA PLANTIO DIRETO, 4., 1999, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo, Aldeia Norte, p.44-51, 1999.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. [S. l.], v.25, p.189-197, 2001.
- BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil and Tillage Research**, [S. l.], v.53, p.215-230, 2000.
- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 24, p. 905- 915, 2000.
- BAYER, Cimélio et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, v. 39, n. 7, p.677-683, jul., 2004.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, p.9-26, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v.24, p.599-607, 2000.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetado por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v.21, p.105-112, 1997.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v.23, p.687-694, 1999.
- BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, Lages, v. 28, n. 7, p.155-163, abr., 2003.

- BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J.M.; REIS, E.F. & DILY, L. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo. **Ci. Rural**, [S. l.], v.30, p.91-95, 2000.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: Methods of Soil Analysis. Part 1. **Physical and Mineralogical Methods**. Madison, WI: Ed. Madison. 2 ed., p. 363- 382, 1986.
- BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F. : ARGENTA, G. Efeito de resíduos de plantas jovens de aveia preta em cobertura de solo no crescimento inicial do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 6, p. 83-88, 2000.
- BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo s seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, [S. l.], v.14, p. 369-374, 1990.
- CALEGARI, A.; CASTRO FILHO, C. de; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 147-158, 2006.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. **Análise química pra avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, IAC, p.173-180, 2001.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira Ciência Solo**, [S. l.], v.22, p.527-538, 1998.
- COSTA, W.A.J.M.D.; SANGAKKARA, U.R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, [S. l.], v.144, p.111-133, 2006.
- COSTA, F.S.; GOMES, J.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação das emissões de gases de efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Ci. Rural**, v.36, p.693-700, 2006.
- COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v.32, p.323-332, 2008.
- COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, [S. l.], v. 27, p.527- 535, 2003.
- COSTA, M. B. B. da et al. Adubação Verde no Sul do Brasil. **AS - PTA, Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa**. 346p., 1992.
- CRUZ, José Carlos; ALVARENGA, Ramon Costa. **Sistema de Plantio Direto de milho**. Disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_72\\_59200523355.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html)>.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos Cerrados no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v.26, p.1047-1054, 2002b.

DA ROS, C.O. Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 85p., 1993 (**Tese de Mestrado**).

EMBRAPA. **Gado de Leite, Instrução Técnica para o produtor de leite**, Maurílio José Alvim, Juiz de Fora, MG, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ª ed, Rio de Janeiro, 212p, 1997.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. 1998. 7 f. **Tese (Doutorado)** - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

HERMAN, W.A.; MCGILL, W.B.; DORMAAR, J.F. Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. **Canadian Journal of Soil Science**, [S. l.], v.57, p.205-215, 1977.

IDO, Oswaldo Teruyo; OLIVEIRA, Ricardo Augusto de. **Sistemas de Cultivo**. Disponível em: <<http://www.agriculturageral.ufpr.br/bibliografia/aula3.pdf>>.

KIEHL, E.J. **Adubação orgânica: 500 perguntas e respostas**. Piracicaba: Edmar José Kiehl, 227p, 2008.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, F. Carbono e nitrogênio adicionado e sua relação com o rendimento do milho e estoques destes elementos no solo em sistema de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, [S. l.], v. 28, p.175-187, 2004.

MARQUES, J.D.O; LUIZÃO, F.J.; LUIZÃO, R.C.C.; NETO, A.S. Variação do carbono orgânico em relação aos atributos físicos e químicos do solo ao longo de uma topossequência na Amazônia central. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu/MG, 2007.

MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D. & ROBIN, D. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. **Plant Soil**, [S. l.], v.181, p.71-82, 1996.

MELLO, F.A.F. Efeitos da matéria orgânica sobre algumas propriedades relativas à fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. I Colóquio Sobre Matéria Orgânica do Solo, **Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, 1976.

MENDES, Telmo José. Estimativa da variação do estoque de carbono do solo em diferentes cenários de uso e manejo agropecuário no estado do maranhão. 2015. 66 f. **Tese (Doutorado)** - Curso de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Joboticabal, 2015.

MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v.19, p.25-30, 1995.

MIELNICZUK, J.; Bayer, C.; Vezzani, F.; Fernandes, F.F.; Debarba, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI,

- N.;MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMAS, J.M. de; LOPES, A.S.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, p.209-248, 2003.
- NASCIMENTO,J.T; SILVA I.F.; SANTIAGO, R.D. & SILVA N. L.F. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. [S. l.], v.29, p.825-831, 2005.
- NICOLOSO, R.S.; LANZANOVA, M.E; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no estado do Rio Grande do Sul, **Ciência Rural**, [S. l.], v.36, n.6, p.1799-1805, 2006.
- PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E.A.; TEIXEIRA C.F.A. et al. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, p.189-195, 1999.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. Pedologia: Base para distinção de ambientes. Viçosa, MG, **NEPUT**, 2002.
- SANCHEZ, P.A. Soil organic matter. In: SANCHEZ, P.A. Properties and management of soils in the tropics. **John Willey & Sons**, New York, p.162-183, 1976.
- SANTOS, Henrique Pereira dos. LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS ANUAIS DE INVERNO. In: PAZINATO, Aislam Celso; VARELLA, Alexandre Costa. **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira**. Brasília: Embrapa, p. 305-320, 2012.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; BAIER, A. C.; TOMM, G. O. Principais forrageiras para integração lavourapecuária, sob plantio direto, nas Regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 142 p., 2002.
- SCHLESINGER, W.H. Carbon sequestration in soils: some cautions amidst o ptimism. **Agriculture Ecosystems and Environment**, [S. l.], v. 82, p. 121-127, 2000.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **R. Bras. Ci. Solo**, [S. l.], v.9, p.249-254, 1985.
- SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, [S. l.], v.20, p.113-117, 1997.
- SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira Ciência Solo**, [S. l.], v.18, p.541-547, 1994.
- THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J. e MOURÃO, M. J. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. **R. Acta Scientiarum: Agronomy**, [S. l.], v. 25, 1, p. 147-153, 2003.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argisole submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, [S. l.], v.35, p. 213-223, 2011.
- WOOD, C.W.; WESTFALL, D.G. & PETERSON, G.A. Soil carbon and nitrogen changes on initiation of no-till cropping systems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, [S. l.], v.55, p. 470-476, 1991.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A. & SCHROTH, G. Factor controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, [S. l.], v.79, p. 117-161, 1997.