

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS DOIS VIZINHOS  
CURSO DE AGRONOMIA

MAIARA KARINI HASKEL

**SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO, PLANTAS DE COBERTURA E  
PRODUTIVIDADE DO MILHO**

DOIS VIZINHOS

2017

MAIARA KARINI HASKEL

**SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO, PLANTAS DE COBERTURA E  
PRODUTIVIDADE DO MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Agronomia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição

DOIS VIZINHOS

2017



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná**  
Campus Dois Vizinhos  
Diretoria de Graduação e Educação  
Profissional  
Coordenação do Curso de Agronomia



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO, PLANTAS DE COBERTURA E PRODUTIVIDADE DO MILHO**

por

Maiara Karini Haskel

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 08 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Orientador Paulo Cesar Conceição  
UTFPR- Dois Vizinhos

---

André Pellegrini  
UTFPR- Dois Vizinhos

---

Lizete Stumpf  
UTFPR- Dois Vizinhos

---

Angélica Signor Mendes  
Responsável pelos Trabalhos  
de Conclusão de Curso

---

Lucas da Silva Domingues  
Coordenador(a) do Curso  
UTFPR – Dois Vizinhos

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, pela saúde, por sempre guiar meu caminho e possibilitar o convívio com pessoas especiais.

A minha família pelo apoio e dedicação na realização dos meus sonhos, por serem meus exemplos de vida e honestidade, em especial aos meus pais Isoldi e Aleir Haskel pelos ensinamentos básicos e essenciais de valores e princípios pessoais e aos meus irmãos Mauro e Mariani pelo carinho e amizade.

Ao professor Dr. Paulo Cesar Conceição pela orientação e incentivo na elaboração do desafio proposto, pelas conversas, ensinamentos, conselhos, amizade durante todo o período de orientação na graduação.

Ao professor Dr. Vitor Cauduro Girardello pela coorientação no trabalho, bem como a elaboração do experimento a campo, pelos ensinamentos, auxílio no desenvolvimento das atividades, conselhos e amizade.

Aos colegas do grupo de pesquisa em ciência do solo (Jaqueline, Cidimar, Ezequiel, Anderson, Dionata, Ronaldo, Gilson, Weslei, Larisa, Márcia, Leandro, Dieyson e Joseane) pelo auxílio no desenvolvimento das atividades a campo e laboratoriais, bem como pela amizade construída.

Ao CNPQ pela concessão de bolsa de estudos (PIBIC).

À UTFPR pela disponibilização de sua estrutura para o desenvolvimento das atividades a campo e laboratoriais.

Aos amigos de graduação, pela amizade e companheirismo durante toda a graduação, bem como todas as pessoas que não foram citadas que auxiliaram diretamente e indiretamente na realização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**

HASKEL, M. K. **Sistemas de preparo, plantas de cobertura e produtividade do milho.** 34 f., 2017. Trabalho de conclusão de curso II – Bacharelado em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

## RESUMO

A compactação de solos com elevados teores de argila é um fator limitante para produtividade das culturas de interesse econômico, como o milho, de forma que o sistema de manejo do solo influencia diretamente em seu processo de degradação. O objetivo principal do estudo foi avaliar a influência de sistemas de preparo do solo e de plantas de cobertura na produção de biomassa, cobertura do solo e produtividade do milho. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Dois Vizinhos, sobre Latossolo Vermelho, com cinco sistemas de preparo do solo e quatro coberturas vegetais, implantadas no inverno, antecedendo o milho como cultura principal, implantado no mês de setembro. Os sistemas de preparo do solo foram: i) Plantio direto (PD), ii) Plantio direto escarificado na implantação do experimento (PDEi), iii) Plantio direto escarificado anualmente PDEa, utilizando um escarificador convencional Jumbo, iv) Plantio direto sob preparo mínimo na implantação do experimento (PDPMi) e v) Plantio direto sob preparo mínimo anual (PDPMa), com uso de escarificador Terrus. As culturas avaliadas foram: 1) Aveia, 2) Ervilhaca, 3) Nabo forrageiro e o 4) Consórcio aveia+ervilhaca+nabo. As avaliações realizadas nas plantas de cobertura foram taxa de cobertura do solo (30 e 60 dias após semeadura das plantas de cobertura), matéria seca (MS) em estágio de florescimento pleno. Na cultura do milho avaliou-se a produção de MS e produtividade da cultura. Para a taxa de cobertura observou-se maior eficiência no plantio direto, sendo que aos 60 dias apresentava 97,3 % do solo coberto por palhada e plantas de cobertura. A maior cobertura e produção de MS de plantas de cobertura foram observadas no consórcio e na aveia preta. A produção de MS do milho não se diferiu entre os tratamentos (média de 13,4 Mg.ha<sup>-1</sup>), o PD teve cerca de 2,5 Mg.ha<sup>-1</sup> de produção de grãos a mais que aos tratamentos com preparos realizados a dois anos (PDPMi e PDEi).

**Palavras chave:** Escarificação, plantas de cobertura, produtividade do milho.

HASKEL, M. K. **Preparation systems, cover crops and maize productivity**. 34 f., 2017. Trabalho de conclusão de curso II – Bacharelado em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

## ABSTRACT

The compaction of soils with high clay content is a limiting factor for the productivity of crops of economic interest, such as maize, so that the soil management system directly influences its degradation process. The main objective of the study was to evaluate the influence of soil preparation systems and cover crops on biomass production, soil cover and corn yield. The experiment was conducted in the experimental area of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Dois Vizinhos campus, on Red Latosol, with five soil tillage systems and four vegetal coverings, implanted in winter, preceding corn as main crop, implanted in the Month of September. Soil preparation systems were: i) Direct planting (PD), ii) Scarified direct planting at the implantation of the experiment (PDEi), iii) Direct planting scarified annually PDEa, using a conventional jumbo scarifier, iv) In the implantation of the experiment (PDPMi) and v) Direct planting under annual minimum tillage (PDPMa), using Terrus scarifier. The evaluated cultures were: 1) Oats, 2) Ervillaceae, 3) Forage turnip and 4) consortium oats + ervillaceae + turnip. The evaluations carried out in the cover plants were soil cover rate (30 and 60 days after sowing of the cover plants), dry matter (MS) at full flowering stage. The MS production and crop productivity were evaluated in the corn crop. For the coverage rate, no-tillage efficiency was higher, and at 60 days it had 97.3% of the soil covered by straw and cover plants. The higher coverage and production of MS of cover crops were observed in the consortium and in black oats. The MS production of maize was not different between the treatments (mean of 13.4 Mg.ha<sup>-1</sup>), the PD had about 2.5 Mg.ha<sup>-1</sup> more grain production than the treatments with preparations To two years (PDPMi and PDEi).

**Key words:** Scarification, cover crops, maize productivity.

## SUMÁRIO

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                                  | <b>7</b>  |
| <b>2 OBJETIVOS</b> .....                                   | <b>8</b>  |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....                                   | 8         |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                            | 8         |
| <b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....                               | <b>9</b>  |
| <b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                       | <b>10</b> |
| 4.1 SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO .....                      | 10        |
| 4.2 PLANTAS DE COBERTURA.....                              | 13        |
| <b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                          | <b>15</b> |
| 5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL..... | 15        |
| 5.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....          | 16        |
| 5.3 PARÂMETROS AVALIADOS .....                             | 18        |
| 5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....                            | 19        |
| <b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                     | <b>20</b> |
| 6.1 TAXA DE COBERTURA DO SOLO .....                        | 20        |
| 6.2 MATÉRIA SECA PLANTAS DE COBERTURA .....                | 22        |
| 6.3 MATÉRIA SECA DO MILHO .....                            | 23        |
| 6.4 PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO .....                | 24        |
| <b>7 CONCLUSÃO</b> .....                                   | <b>28</b> |
| <b>8 REFERÊNCIAS</b> .....                                 | <b>29</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho possui elevada importância econômica, tendo, na última safra produtividade de cerca de 16.091,5 toneladas de grãos no Paraná (CONAB, 2016), sendo que a maior parte da produção é destinada a alimentação animal, principalmente para a cadeia avícola, suína e bovina.

Porém a produtividade da cultura pode ser limitada pela degradação do solo, sendo a compactação a principal causadora desse efeito. Ela é definida como a mudança na relação entre a massa e o volume do solo, devido a práticas antrópicas inadequadas, a compactação ocasiona o aumento da densidade do solo, aumento da resistência a penetração e redução da porosidade total (Curi et al. 1993). Ocorre em áreas com manejo indevido do solo, monocultivos e pouca adição de cobertura. Por conta disso para solução dessa problemática podem ser utilizadas plantas de cobertura como escarificadores biológicos ou efetuada a escarificação mecânica.

A escarificação mecânica é um trato cultural adicional antes do plantio, objetivando aumentar aeração e porosidade e reduzir a densidade do solo com revolvimento específico. Porém essa técnica tem a desvantagem de acelerar o processo de mineralização da matéria orgânica do solo (MOS), além de possuir reduzido tempo de persistência dos efeitos residuais da escarificação e do alto custo energéticos (Girardello et al., 2011).

Outra alternativa de descompactação do solo é a utilização de plantas de cobertura, preferencialmente espécies que apresentam maior agressividade do sistema radicular, para melhorar estruturação do solo, com aumento da porosidade, redução da densidade, controle de erosão e de plantas daninhas, elevação nos teores de fertilidade e de matéria orgânica do solo, além de ser uma alternativa de rotação de cultura nas propriedades.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência dos preparos do solo e das plantas de cobertura na produção de MS e produtividade da cultura do milho.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar a massa seca e taxa de cobertura do solo por plantas de cobertura sob sistemas de preparo do solo;

Avaliar a influência da escarificação mecânica e biológica sobre massa seca e produtividade da cultura do milho.

### 3 JUSTIFICATIVA

A cultura do milho, em cenário mundial, possui elevada relevância, utilizado para alimentação animal, principalmente de aves, suínos e bovinos, de tal forma que o sudoeste do Paraná possui destaque na produtividade, porém devido aos elevados teores de argila no solo (Latosolo Vermelho) e alguns pressupostos do SPD negligenciados, devido a pouca adição de cobertura do solo e principalmente monocultivo, a maioria dos solos apresenta problema com a compactação, que reduz a produtividade. Diante disto, muitos agricultores estão realizando a escarificação mecânica do solo visando aumentar a produtividade das culturas.

Na região sudoeste do Paraná a maioria das propriedades são conduzidas sob PD, porém a rotação de culturas é pouco realizada, sendo que as plantas de cobertura podem ser usadas com este intuito no inverno e substituir a longo prazo a escarificação mecânica para redução da compactação do solo.

Desta forma faz-se necessários estudos sobre a atuação dos preparos do solo e de plantas de cobertura e na produtividade da cultura do milho.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO

A cultura do milho (*Zea mays*) possui elevada importância econômica, devido ser o cereal mais produzido no mundo, sendo que o Brasil é o terceiro maior produtor, ficando atrás dos Estados Unidos e da China. É uma das plantas com maior eficiência para conversão de energia solar em alimentos, sendo fonte de matéria-prima para mais de 3500 produtos, obtendo também destaque na produção de etanol (ACOSTA, 2009).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2016) na safra 2015/2016 a área destinada à produção de milho no Brasil, tanto safra quanto safrinha, foi de 15.480,9 mil ha, produzindo no total 84.659,9 mil toneladas. Grande parte da produção de milho é destinada para alimentação animal, principalmente ao setor de aves, suínos e bovinos, na qual na safra 2014/15 foram destinados cerca de 74,4% da produção total à esses setores (CONAB, 2015). O Paraná é o segundo maior estado produtor de milho, com produção de 16.091,5 mil toneladas na safra 2016/2017 (CONAB, 2016). A região Sudoeste do Paraná se encontra dentro da Bacia leiteira do estado, de forma que o milho é fornecido aos animais tanto como componente da ração quanto na forma de silagem.

A alta demanda do cereal no mercado demanda aumentos na produtividade, sendo que a compactação do solo é um fator limitante em grande parte das áreas cultivadas. Ela se define pelo aumento da densidade do solo e redução do espaço poroso, resultante de um histórico de pressões exercidas na sua superfície (BAVER et al., 1972) associadas com elevada umidade do solo, conseqüentemente eleva à resistência do solo a penetração e reduz a taxa de infiltração e de retenção de água no solo, favorecendo o escoamento superficial da água (LANZANOVA et al., 2007).

Em solos compactados, o crescimento do sistema radicular das plantas é limitado, concentrando-se próximo a superfície (MULLER et al., 2001), dificultando a absorção de água e nutrientes pela planta (STRECK et al., 2004), de forma a planta tolere por um menor período situações de déficit hídrico, em comparação com plantas com sistema radicular adequado da cultura.

O preparo do solo e uso de plantas de cobertura influenciam diretamente na estrutura do solo e no seu fluxo de água e ar (CUNHA et al., 2011), sendo que o sistema de plantio convencional (PC) mobiliza mais intensivamente o solo, normalmente degradando-o pela redução de sua cobertura vegetal e do estoque de matéria orgânica, pela desestruturação de agregados, promovendo a compactação, a erosão e, conseqüentemente, a redução da produtividade (ARGENTON et al., 2005).

Devido aos problemas ambientais e econômicos constantes, ocasionados pelo PC, tais como a grande exposição do solo às chuvas e compactação das camadas subsuperficiais (pé de arado, pé de grade), que conseqüentemente reduzem a capacidade de infiltração da água no solo e acarreta grandes perdas de solo por erosão (CASÃO JUNIOR; ARAÚJO; LLANILLO, 2012), tornou-se necessário avanço para um novo sistema, propício a incremento de produtividade e qualidade do solo, como o PD.

O PD teve origem na Inglaterra, em 1955, objetivando auxiliar no controle de erosão hídrica (MELLO; CONCEIÇÃO, 2008). A expansão e consolidação do sistema foi, de fato, nos Estados Unidos (EUA), de forma que em 1973, os EUA e Canadá, cultivavam cerca de 430.000 hectares em sistema plantio direto (LANDERS, 2005). O sistema possui como pressupostos básicos o mínimo revolvimento do solo, a rotação de culturas a elevada e constante deposição de palhada sobre o solo, mantendo a cobertura do solo com resíduos vegetais, sendo que estes fatores são responsáveis pela construção gradativa da qualidade do solo (GATIBONI et al., 2009).

No Brasil o primeiro estabelecimento do PD ocorreu em 1972, no município de Rolândia, situado ao norte do estado do Paraná, pelo produtor Herbert Bartz (CASÃO JUNIOR; ARAÚJO; LLANILLO, 2012). Posteriormente o sistema passou a ser utilizado em Cornélio Procópio e na região de Campo Mourão, sendo ampliado para as regiões dos Campos Gerais, do estado do

Paraná e do Brasil, consolidando a adoção deste novo sistema de conservação do solo e incremento de produtividade (MELLO; CONCEIÇÃO, 2008).

O sistema de preparo conservacionista constitui uma forma de manejo que favorece a proteção do solo a ciclagem de nutrientes com a realização da semeadura das culturas em sucessão sobre os resíduos vegetais acumulados da cultura anterior (CARVALHO; AMABILE, 2006). O PD apresenta ainda benefícios, tais como, aumento na quantidade de matéria orgânica na camada superficial do solo, elevação da atividade biológica, incremento nas características físicas do solo, e, na produtividade das culturas. Além da redução no consumo de combustíveis fósseis, menor quantidade de mão de obra necessária, menor gasto de maquinários e tempo para implantação das culturas (CONCEIÇÃO et al., 2005; SILVA, 2006).

A compactação do solo em PD pode ser um empecilho, principalmente em solos argilosos, sob monocultivo e com pouca adição de palhada sobre a superfície. A escarificação mecânica tem sido uma prática sugerida para amenizar a compactação do solo em áreas de PD consolidado (CAMARA; KLEIN, 2005), a qual possui objetivo de melhorar as qualidades físicas, bem como aumentar a porosidade e infiltração de água no solo, evitando danos por erosão. (GIRARDELLO, et al., 2011). No entanto, o seu efeito é temporário e o solo escarificado tende a se reconsolidar, retornando em curto período à sua condição original, exigindo a repetição da operação regularmente (BUSSCHER et al., 2002; MAHL, et al, 2008).

A escarificação do solo de forma esporádica acelera o processo de mineralização da matéria orgânica do solo (MOS), além de possuir baixo tempo de persistência dos efeitos da escarificação e alto custo energéticos (GIRARDELLO, et al, .2011).

Como um pressuposto básico para o PD a rotação de culturas e o máximo incremento de cobertura no solo, passou-se a ter maior interesse pelas plantas de cobertura, devido principalmente, aos benefícios proporcionados em relação ao controle da erosão hídrica e melhoria dos atributos de qualidade do solo (TRABUCO, 2008), tornando as plantas de cobertura uma solução sustentável para os problemas encontrados, de forma que ocasione ganhos em

relação ao sistema que está sendo utilizado atualmente, mantendo os pressupostos básicos do PD.

Alternativamente ao preparo mecânico do solo, pode ser feita a descompactação do solo de maneira biológica, com o uso de plantas que possuem sistema radicular agressivo e bem desenvolvido, com capacidade de crescer em camadas compactadas, formar bioporos estáveis e melhorar a estrutura do solo (ALBA, 2012)

## 4.2 PLANTAS DE COBERTURA

A utilização de plantas de cobertura possui objetivo de proporcionar maior fertilidade ao solo, reciclar nutrientes e fixar nitrogênio atmosférico, quando leguminosas (DUARTE JUNIOR; COELHO, 2008). É uma prática antiga, sendo inicialmente realizada pelos chineses há cerca de 3000 anos. Posteriormente utilizada por gregos e romanos a fim de melhorar a qualidade do solo e incrementar a produção das culturas sucessoras (PIETERS, 1927 apud NEGRINI, 2007).

Dentro das plantas de coberturas recomendadas para descompactação do solo está o nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*), que vêm expandindo a área de cultivo por possuir rápida taxa de crescimento e ciclo curto, baixo custo (AMADO et al., 2002), sistema radicular pivotante e profundo, com capacidade de romper as camadas compactadas do solo e formar bioporos naturais, além de possuir elevada capacidade de ciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), contribuindo para o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo (DERPSCH; CALEGARI, 1992.; BURLE et al., 2006).

A Ervilhaca Comum (*Vicia sativa L.*) possui raízes profundas e ramificadas, sendo recomendada antecedendo a cultura do milho, devido o elevado aporte de N, que segundo Bolliger et al. (2006), pode ser de 46 kg de N por tonelada de massa seca da parte aérea podendo atingir 2 a 3 Mg ha<sup>-1</sup> no rendimento de MS (SANTOS et al., 2009).

A Aveia Preta (*Avena strigosa Schreb*) é utilizada de forma geral para produção de grãos destinados a alimentação animal, como forrageira para pastagem, silagem e feno, e também como planta de cobertura, oferecendo rápida cobertura do solo (BURLE et al., 2006). Devido suas raízes em abundância, possui característica de melhorar a estrutura de agregados do solo e elevada produção de matéria seca (MS) para cobertura do solo, sendo que o rendimento da MS da parte aérea da aveia preta é de cerca de 2 a 6 Mg ha<sup>-1</sup>, onde esta espécie pode chegar a produzir 55% da produção total de MS em sistema radicular, promovendo assim melhorias nas condições físicas e biológicas do solo (DERPSCH; CALEGARI, 1985).

O consórcio entre culturas pode favorecer distintas características do solo, tanto químicas, biológicas ou físicas, sendo que as mesmas podem apresentar diferentes características fisiológicas e agressividade das raízes. Em estudo realizado por Cherubin et al (2014) observaram que a cultura do milho cultivada em sucessão a ervilhaca isolada e aos consórcios aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca, sem adição de fertilizantes nitrogenados, apresentaram elevação na produtividade de grãos, tornando-se uma opção para reduzir custos e aumentar a produtividade.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

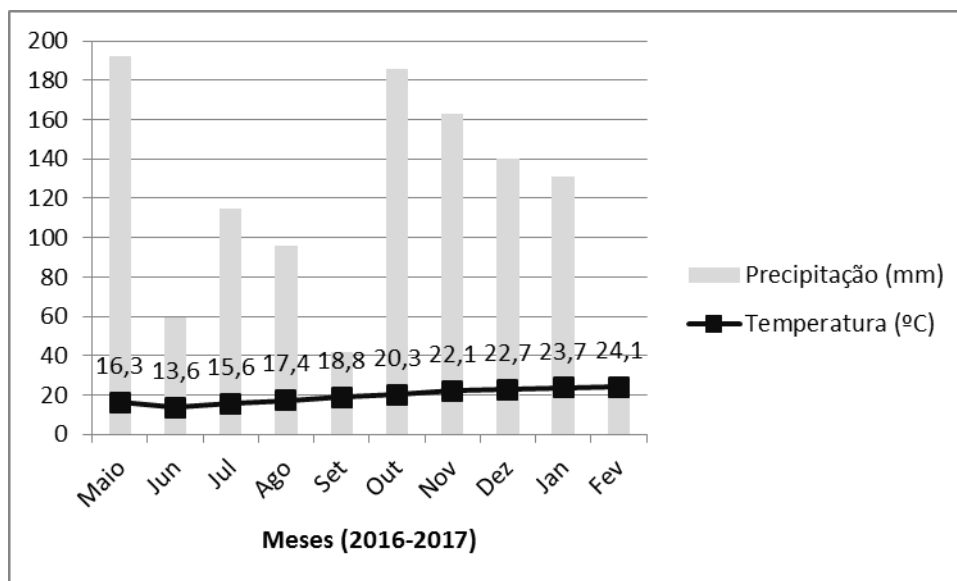
### 5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Dois Vizinhos, situada em latitude de 25° 42' 52" S e longitude de 53° 03' 94" O - GR, a 520 metros acima do nível do mar. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho (CABREIRA, 2015). O experimento foi implantado na área em 2015, Na qual anteriormente era cultivada a soja, em sistema de plantio direto (Figura 1).



**Figura 1.** Área experimental após realização dos preparos de solo e semeadura das plantas de cobertura.





**Figura 2.** Médias de temperatura mensal (°C) e precipitação pluvial acumulada mensal (mm), durante o período de desenvolvimento das plantas de coberturas e milho. Dados obtidos na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia, instalada na UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2016.

## 5.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento consiste em três sistemas de preparo do solo e quatro culturas de cobertura. Foi implantado no ano agrícola de 2015, estando no segundo ano de condução. Os sistemas de preparo o plantio direto (PD) sem revolvimento do solo; plantio direto escarificado (PDE) com escarificação de até 0,40 m de profundidade da superfície; e plantio direto com preparo mínimo (PDPM) com área escarificada de até 0,50 m de profundidade.

O PDE utilizou para escarificação da área o implemento Jumbo, da marca Jan, com 5 hastes, com espaçamento entre si de 0,40m, revolvendo solo em até 0,40 m de profundidade, enquanto o PDPM utilizou escarificador da marca Terrus, que possui 4 hastes, espaçadas entre si a 0,70 m, com presença de rolo destorroador, a escarificação atinge até 0,50 m de profundidade no solo. Após o primeiro ano de escarificação (2015) foi subdividido a área escarificada, mantendo assim parte dela escarificada somente em 2015 e outra escarificada novamente

em 2016, tanto para PDE, quanto para PDPM. Assim, foram constituídos os seguintes tratamentos de preparo:

- i) Plantio direto (PD),
- ii) Plantio direto escarificado na implantação do experimento (PDEi),
- iii) Plantio direto escarificado anualmente PDEa, utilizando um escarificador convencional Jumbo,
- iv) Plantio direto sob preparo mínimo na implantação do experimento (PDPMi)
- v) Plantio direto sob preparo mínimo anual (PDPMa), com uso de escarificador Terrus.

Como plantas de cobertura usadas nas parcelas subdivididas foram propostas:

1. Aveia Preta – (*Avena strigosa* Schreb) 90 kg ha<sup>-1</sup>;
2. Ervilhaca Comum – (*Vicia sativa* L.) 40 kg ha<sup>-1</sup>;
3. Nabo Forrageiro – (*Raphanus sativus* L.) 15 kg ha<sup>-1</sup>;
4. Aveia + Ervilhaca + Nabo (A+E+N) - 60 + 30 + 10 kg ha<sup>-1</sup>.

As culturas de cobertura utilizadas foram implantadas no dia 20 de maio de 2016. Os sistemas de preparo do solo foram realizados no dia 11 do mesmo mês e a cultura do milho foi implantada em 12 de setembro de 2016, em semeadura direta, com população de 75.000 plantas/ha, em espaçamento de 0,45 m entre linhas.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em três repetições, cada parcela com medidas de 8 X 10 m, totalizando 80m<sup>2</sup> (Figura 3).

| Bloco I  |       |       |       |       | Bloco III |                            |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-----------|----------------------------|-------|-------|-------|
| A+E+N    | C     | N     | N     | E     | N         | N                          | A     | A+E+N | A+E+N |
| E        | E     | A+E+N | A+E+N | N     | E         | E                          | E     | N     | N     |
| A        | A     | E     | E     | A     | A         | A                          | A+E+N | A     | A     |
| N        | N     | A     | A     | A+E+N | A+E+N     | A+E+N                      | N     | E     | E     |
|          |       |       |       |       |           |                            |       |       |       |
| Bloco II |       |       |       |       | Legenda:  |                            |       |       |       |
| E        | A     | A     | N     | N     | PDPMi     | A+E+N= aveia+ervilhaca+nab |       |       |       |
| N        | E     | E     | A     | A     | PDPMa     | A= Aveia preta             |       |       |       |
| A+E+N    | N     | N     | A+E+N | A+E+N | PDEi      | E= Ervilhaca comum         |       |       |       |
| A        | A+E+N | A+E+N | E     | E     | PDEa      | N= Nabo forrageiro         |       |       |       |
|          |       |       |       |       | PD        |                            |       |       |       |

**Figura 3.** Croqui demonstrando os tratamentos e delineamento experimental.

A dessecação das plantas de cobertura foi realizada assim que as mesmas apresentaram pleno estágio de florescimento (07 de setembro de 2016) e máximo acúmulo de biomassa, com aplicação de 2,5 L/ha de Roundup Read (glifosato).

A adubação nitrogenada no milho foi aplicada em dose única de 180 kg de N/ha via ureia em cobertura no estágio vegetativo V4, foi utilizada a cultivar da Agrocerec, AG 8780.

### 5.3 PARÂMETROS AVALIADOS

A determinação da taxa de cobertura vegetal, foi realizada 30 e 60 dias após a semeadura das plantas de cobertura (20/06/2016 e 20/07/2016 respectivamente), utilizando o método proposto por Laflen et al. (1981), que consistiu na utilização de uma trena (10m para o PD e com 5m para os preparos) com intervalo regular de 0,10m, sendo que a cada intervalo, foi colocado um pequeno prego, simulando uma gota de chuva. A trena foi estendida em cada tratamento, em sentido transversal a linha de plantio onde foi realizada a

contagem dos pontos que tocaram a superfície do solo ou a cobertura vegetal, determinando assim a quantidade de cobertura existente no local.

A determinação de matéria seca (MS) foi realizada em 06 de setembro de 2016, quando as plantas de cobertura atingiram pleno estágio de florescimento, com um quadro metálico, de área conhecida (0,25 m<sup>2</sup>), coletando dois pontos representativos por parcela. No estágio de pendramento do milho (14 de dezembro de 2016) foi determinada o teor de MS da cultura do milho, sendo coletados plantas de 2 m lineares.

Os materiais foram levados para secagem em estufa de circulação forçada de ar, em temperatura de, aproximadamente, 55°C, por 72 horas até atingirem peso constante, sendo pesadas para obtenção da matéria seca.

Para avaliação de produtividade do milho, em 27 de janeiro de 2017, foi realizada a colheita de forma manual, sendo em cada parcela colhida as espigas das plantas de 10 m lineares, sendo posteriormente debulhadas com auxílio de máquinas estacionária com os rendimentos ajustados com umidade de referencias de 13%.

#### 5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise Bifatorial, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, pelo software Assistat 7.6 Beta (2012) desenvolvido por Silva e Azevedo (2009).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 TAXA DE COBERTURA DO SOLO

A taxa de cobertura do solo aos 30 dias após a semeadura das plantas de cobertura não apresentou diferença significativa entre plantas nos preparos de solo, porém o PD apresentou maior cobertura do solo pela palhada representando o dobro de cobertura morta que o PDPMa (30,62%) e sendo também superior ao PDEa (93,76)(Tabela 1). O inverso ocorre para a exposição do solo, onde a menor taxa de solo exposto ocorre no PD (10,37%), enquanto o PDEa apresenta maior taxa de solo exposto 43,61%, seguido pelo PDEi e PDPMa, onde os dois tratamentos não se diferiram do PDPMi. Tais fatores são observados pelo revolvimento do solo e conseqüente incorporação do material orgânico contido na superfície do solo para camadas mais profundas.

No tratamento com nabo forrageiro a taxa coberta com planta foi inferior às demais culturas( 14,20%) enquanto as demais culturas apresentaram média de cobertura por planta de (30,13%), já para os parâmetro de palhada e solo não houve diferença estatística entre as plantas na fase inicial (Tabela 1).

Aos 60 DAS das plantas de cobertura os preparos de solo não se diferiram para os parâmetros de palhada e plantas, porém na exposição do solo o PDEa (20,07) foi distinto do PD (2,07%), devido a manutenção de cobertura vegetal e restos da cultura antecessora.

Os tratamentos com Nabo forrageiro aos 60 DAS apresentaram maior exposição de palhada (27,22%) em relação ao tratamento com aveia, e de solo (17,31%) do que o tratamento com consórcio, demonstrando o baixo desenvolvimento da planta (55,47%) enquanto no mesmo período a aveia preta cobria 79,84 % do solo. A limitação do desenvolvimento do nabo forrageiro pode

ter sido intensificada pelos problemas de semeadura e desenvolvimento na fase inicial da cultura.

**Tabela 1.** Taxa de cobertura do solo aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS) das plantas de cobertura.

|          | 30 DAS    |                     |          | 60 DAS   |          |          |
|----------|-----------|---------------------|----------|----------|----------|----------|
|          | Palhada%  | Planta%             | Solo%    | Palhada% | Planta%  | Solo%    |
| Preparos |           |                     |          |          |          |          |
| PDEa     | 33,76 bc  | 22,63 <sup>ns</sup> | 43,61 a  | 11,12 ns | 68,81 ns | 20,07 a  |
| PDEi     | 43,29 abc | 22,61               | 34,09 ab | 19,67    | 70,13    | 10,19 ab |
| PDPMa    | 30,62 c   | 31,28               | 38,09 ab | 16,51    | 69,88    | 13,61 ab |
| PDPMi    | 53,63 ab  | 26,16               | 20,20 bc | 23,48    | 63,49    | 13,02 ab |
| PD       | 61,60 a   | 28,03               | 10,37 c  | 23,66    | 74,27    | 2,07 b   |
| Culturas |           |                     |          |          |          |          |
| A+E+N    | 41,56 ns  | 32,21 a             | 26,23 ns | 15,62 ab | 78,81 ab | 5,57 b   |
| E        | 45,33     | 25,01 a             | 29,67    | 20,24 ab | 63,15 bc | 16,61 ab |
| A        | 39,53     | 33,17 a             | 27,29    | 12,48 b  | 79,84 a  | 7,68 ab  |
| N        | 51,9      | 14,20 b             | 33,9     | 27,22 a  | 55,47 c  | 17,31 a  |
| CV%      | 40,82     | 34,31               | 65,54    | 73,33    | 24,51    | 98,93    |

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Onde: PDEa= Plantio direto escarificado nos dois anos; PDEi= Plantio direto escarificado em 2015; PDPMa= Plantio direto com preparo mínimo nos dois anos; PDPM= Plantio direto preparo mínimo realizado em 2015; A+E+N= Consórcio de aveia+ervilhaca+nabo; E= Ervilhaca; A= Aveia; N= Nabo forrageiro.

O consórcio de plantas de cobertura apresentou somente 5,57% de solo exposto na última avaliação, enquanto o nabo forrageiro apresentou 17,31%. Este fato pode ser ressaltado devido à alta capacidade de perfilhamento da gramínea (aveia preta), de forma que em mesma avaliação apresentavam cerca de 79% de solo coberto com plantas, resultados semelhantes aos encontrados por Dahlem (2013), onde os tratamentos com aveia preta e consórcio de aveia+nabo+ervilhaca apresentavam aos 57 dias 83 e 85% de cobertura,

respectivamente, apresentando maior cobertura por plantas em relação ao nabo forrageiro e à ervilhaca comum.

Em estudo realizado em Dourados- MS, sob Latossolo Vermelho distroférico, foi avaliado a cobertura do solo logo após a subsolagem e semeadura, sendo observado 67,25% do solo coberto com palhada no plantio direto e apenas 8,62% de solo coberto por palhada (GREITER; ANGHINONI, 2016).

## 6.2 MATÉRIA SECA PLANTAS DE COBERTURA

A produção de MS não apresentou interação entre os fatores escarificação do solo e uso de plantas de cobertura. Porém os tratamentos com utilização de aveia preta apresentaram, na média de todos os sistemas de preparos, maior produção de MS em comparação as demais plantas de cobertura, tendo média de  $6,03 \text{ Mg.ha}^{-1}$ , similar ao obtido pelo sistema A+E+N ( $5,13 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) mas superior aos  $2,46$  e  $3,22 \text{ Mg.ha}^{-1}$  para ervilhaca comum e nabo forrageiro, respectivamente.

Resultados semelhantes para produção de MS foram encontrado por KIELING et al (2009) em um Cambissolo Húmico Alumínico típico, com  $6,85 \text{ Mg.ha}^{-1}$  de MS no tratamento com aveia. Assemelham-se aos resultados encontrados por DAHLEM (2013) em experimento conduzido sob Nitossolo Vermelho distroférico, no qual a aveia preta proporcionou maior produção de MS ( $4,7 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) e a ervilhaca comum apresentou menores valores ( $2,0 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ).

A maior produção de MS pela aveia preta e o consórcio em relação aos demais tratamentos solteiros se justifica pelo fato da gramínea possuir maior rusticidade e capacidade de perfilhamento em relação à leguminosa e à Brassicas (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014), as quais apresentam maior sensibilidade no desenvolvimento inicial.

**Tabela 2.** Produção de MS de plantas de cobertura.

| Tratamentos | A+E+N                           | E                 | A                  | N                 | Médias             |
|-------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
|             | ----- Mg.ha <sup>-1</sup> ----- |                   |                    |                   |                    |
| PDEa        | 5,30                            | 2,35              | 5,42               | 3,02              | 4,02 <sup>ns</sup> |
| PDEi        | 5,60                            | 2,41              | 5,77               | 2,50              | 4,07               |
| PDPMa       | 5,75                            | 2,47              | 7,18               | 4,69              | 5,02               |
| PDPMi       | 4,38                            | 2,53              | 6,67               | 3,77              | 4,34               |
| PD          | 4,60                            | 2,52              | 5,09               | 2,13              | 3,59               |
| F           |                                 |                   | 0,5 <sup>ns</sup>  |                   | 1,6 <sup>ns</sup>  |
| Médias      | 5,13 <sup>a</sup>               | 2,46 <sup>b</sup> | 6,03 <sup>a</sup>  | 3,22 <sup>b</sup> |                    |
| F           |                                 |                   | 19,3 <sup>**</sup> |                   |                    |
| CV%         |                                 |                   | 34,59              |                   |                    |

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Onde: PDEa= Plantio direto escarificado todos os anos; PDEi= Plantio direto escarificado em 2015; PDPMa= Plantio direto preparo mínimo realizado todos os anos; PDPM= Plantio direto preparo mínimo realizado em 2015; A+E+N= Consórcio de aveia+ervilhaca+nabo; E= Ervilhaca; A= Aveia; N= Nabo forrageiro.

Os preparos de solo antecedendo a semeadura das plantas de cobertura não se diferiram na produção de MS das plantas de cobertura, porém o variando de 5,02 Mg.ha<sup>-1</sup> (plantio direto preparo mínimo escarificado dois anos consecutivos) a 3,59 Mg.ha<sup>-1</sup> no plantio direto.

### 6.3 MATÉRIA SECA DO MILHO

A quantidade de MS da cultura do milho não apresentou efeito nem do preparo e nem das plantas de cobertura (Tabela 3), justificado pelas condições climáticas adequadas para desenvolvimento da cultura do milho, sem restrição hídrica e de nutrientes (Figura 2).



Em estudo realizado por Dahlen (2013) no município de Dois Vizinhos, sob mesma condição e solo na safra 2010/2011 apresentou resultados semelhantes para MS da cultura do milho em sucessão à plantas de cobertura, onde os resultados não se diferiram estatisticamente, porém obtendo média de produção de MS variando de 9,4 á 13,2 Mg.ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Produção de matéria seca (MS) da cultura do milho em sucessão a plantas de cobertura.

| Tratament<br>os | A+E+N                          | E     | A     | N     | Média    |
|-----------------|--------------------------------|-------|-------|-------|----------|
|                 | -----Mg.ha <sup>-1</sup> ----- |       |       |       |          |
| PDEa            | 13,70                          | 13,59 | 11,72 | 14,98 | 13,50 ns |
| PDEi            | 14,27                          | 11,83 | 14,22 | 12,04 | 13,09    |
| PDPMa           | 11,88                          | 12,51 | 12,45 | 11,83 | 12,17    |
| PDPMi           | 16,83                          | 12,18 | 12,45 | 12,62 | 14,27    |
| PD              | 17,09                          | 12,55 | 13,73 | 14,17 | 14,39    |
| Média           | 14,75 ns                       | 13,13 | 12,92 | 13,13 |          |
| CV%             | 18,33                          |       |       |       |          |

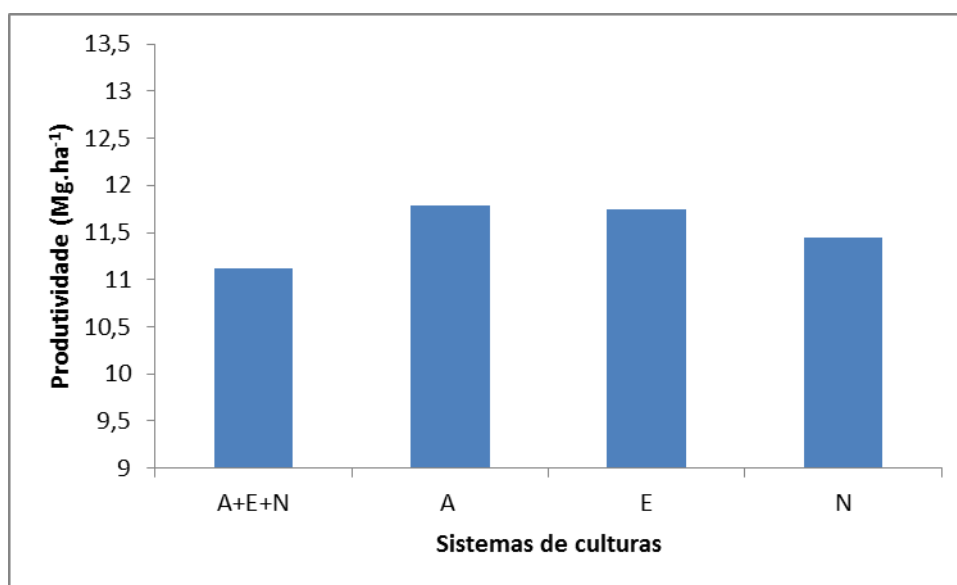
\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Onde: PDEa= Plantio direto escarificado todos os ano; PDEi= Plantio direto escarificado em 2015; PDPMa= Plantio direto preparo mínimo realizado todos os anos; PDPM= Plantio direto preparo mínimo realizado em 2015; A+E+N= Consórcio de aveia+ervilhaca+nabo; E= Ervilhaca; A= Aveia; N= Nabo forrageiro.

#### 6.4 PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO

A produtividade da cultura do milho não se diferiu em relação às espécies de plantas de cobertura e consórcio que o antecederam (Figura 4), apresentando média de 11,5 Mg.ha<sup>-1</sup> de grãos.

Tal fato pode ser associado com a aplicação de 180 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura em todos os tratamentos, que pode ter mascarado um possível efeito benéfico da fixação biológica de N pelas leguminosas, pois o cultivo de

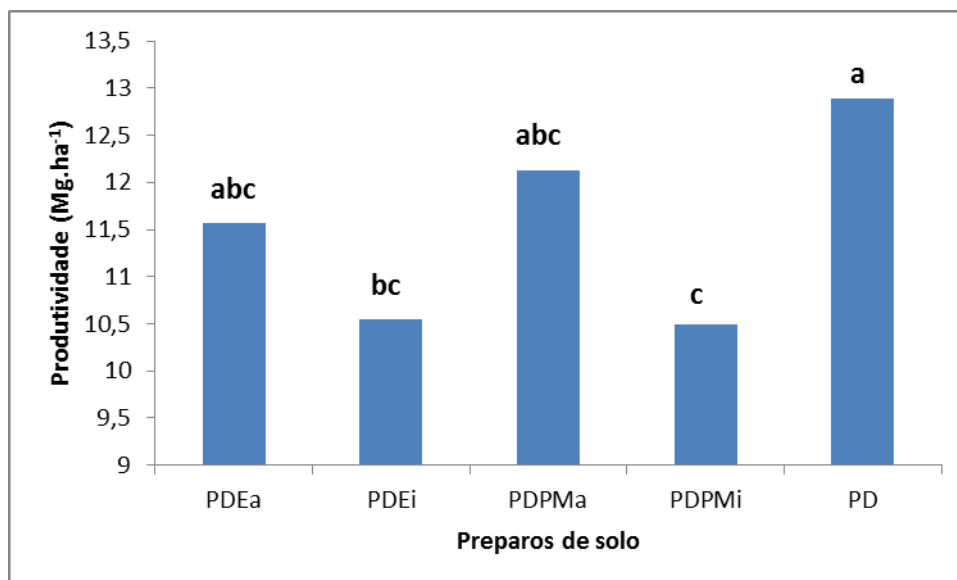
milho em sucessão a leguminosas e brássicas possuem tendência de apresentar maior liberação de N para a cultura sucessora em relação ao uso de gramíneas (ALBUQUERQUE, et al., 2013). Além disso, tal fato depende da produção de MS da planta de cobertura, onde a elevada produção de MS de gramínea pode compensar via ciclagem de N a liberação desse nutriente pela leguminosa e brássica que tiveram baixa produção de MS, mesmo quando disponibilizado N na fase de maior requerimento de N pela cultura do milho (CARVALHO, et al., 2008; DONEDA, et al., 2012).



**Figura 4.** Produtividade da cultura do milho em sucessão a plantas de coberturas.

O PD foi o sistema que apresentou os maiores valores de produtividade (12,89 Mg.ha<sup>-1</sup>) entre os tratamentos com preparo de solo na média das plantas de cobertura do solo, embora não se diferencie dos valores obtidos para os sistemas com preparo anual (PDEa e PDPMa). Por outro lado os preparos do solo realizados uma única vez (2015) apresentaram produtividade da cultura do milho inferior que o preparo PD (Figura 5), sendo cerca de 2,4 Mg.ha<sup>-1</sup> e 2,34 Mg.ha<sup>-1</sup> inferior no PDPMi e PDEi, respectivamente. Com isso, percebe-se que o PD ou foi superior ou no mínimo igual as produtividades obtidas nos demais sistemas. Com isso, considerando-se o custo energético adicional no uso das escarificações não houve retorno econômico pelo uso da técnica de escarificação. Esses dados corroboram o resultado do primeiro ano do experimento em que na safra 2015/2016 o PD se igualou aos dois sistemas de preparo com uso de

escarificadores, apresentando média de produtividade de 6 Mg.ha<sup>-1</sup> (HASKEL et al, 2016).



**Figura 5.** Produtividade da cultura do milho sob distintos preparos

A produtividade elevada no PD direto em relação aos preparos iniciais no solo está relacionada com a estruturação do solo no PD associada a formação e manutenção contínua de palhada proporcionam melhoria nas qualidades físicas, químicas e biológicas do solo em relação a solos com histórico recente de revolvimento (SÁ et al., 2014). Segundo Pereira et al. (2010) em cultivos sem revolvimento do solo o aumento do estoque de carbono orgânico nas camadas superficiais é favorecido.

Embora venha sendo preconizado por produtores os dados de literatura apontam que preparos com escarificação periódica a cada 3 anos não resultaram em ganhos produtivos após 22 anos de condução de experimento pela Embrapa Londrina e seis escarificações realizadas (Franchini et al, 2011). Pelo contrário, os autores apontam perdas na produtividade, quando o sistema é conduzido em sucessão de culturas, na cultura da soja o sistema escarificado resultou em redução de 0,6 Mg.ha<sup>-1</sup> na produtividade de grãos em comparação ao sistema de plantio direto.

Em estudo realizado sob Latossolo Amarelo Distrófico, o PD proporcionou cerca de  $0,7 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de grãos de milho a mais que o sistema com solo revolvido (OLIVEIRA; FONTES; BORTON, 2017), resultados semelhantes também foram encontrados por Muniz et al (2014) e Borghi et al (2006), os quais observaram que o PD aumentou o estoque de carbono orgânico total do solo e a produtividade ao longo dos anos.

## 7 CONCLUSÃO

A escarificação do solo associada com o uso de plantas de cobertura antecedendo a cultura do milho não apresentaram diferença significativa na produção de MS do milho.

A maior produção de grãos foi obtida no PD quando comparado aos preparos PDPMi e PDEi. Nos sistemas PDPMa e PDEa a produtividade foi similar ao obtido para o PD sendo próxima a 12 Mg ha<sup>-1</sup>.

A cobertura do solo diminui em função do preparo do solo em relação ao PD.

## 8 REFERÊNCIAS

ACOSTA, J. A. da A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema de plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho.** Tese de doutorado, Santa Maria, 2009.

ALBA, D. **Atributos físicos do solo, produção de biomassa e balanço energético em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto.** Dissertação de mestrado, Porto Alegre, 2012.

ALBUQUERQUE, A. W. de; SANTOS, J. R.; FILHO, G. M.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, 2013.

AMADO, T. J.; MIELNICZUK, J.; AITA, C.. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. **Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura.** **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 29, p. 425-435, 2005.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. **Soil physics**. 4.ed. New York, John Wiley & Sons, 1972. 498p.

BOLLIGER, A.; et al. A taking stock of the Brazilian “zero-till revolution”: A review of landmark research and farmers practice. **Advances in Agronomy**, v.91, p.47-110, 2006.

BORGHI, E.; MELLO, L. M. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Efeitos dos sistemas de preparo do solo nos atributos físicos de um solo e na produtividade de milho. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v81, 2006.

BURLE, M. L.; et al. Caracterização das espécies de adubo verde. **Cerrado Adubação Verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p.71-142. 2006.

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J. & FREDERICK, J.R. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. **Soil Till. Res.**, v.68, p. 49-57, 2002.

CAMARA, R K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. Faculdade de agronomia e medicina veterinária, universidade de passo fundo – FAMV/UPF, Passo Fundo, RS, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2005.

CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação Verde**. Planaltina, Distrito Federal: Embrapa Cerrados. 369 p., 2006.

CARVALHO, A.M. de; BUSTAMANTE, M.M. da C.; SOUSA JUNIOR, J.G. de A.; VIVALDI, L.J. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2831-2838, 2008.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G. de; LLANILLO, T. F. **Plantio direto no Sul do Brasil**: Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista. Londrina: IAPAR, 2012.

CHERUBIN, M. R.; SANTI, A. L.; EITELWEIN, M. T. ; MENEGOL, D. R.; ROS, C. O da.; PIAS, O. H. de C.; BERGHETTI, J. Eficiência de malhas amostrais utilizadas na caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio. **Ciência Rural**. v.44, p.425-432, 2014.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Acompanhamento safra brasileira grãos, Safra 2015/16- Sétimo levantamento**. Brasília, abril 2016.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Safra 2015/16 – Produtos de Verão**. v. 3., Brasília, 2015.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 777-778, 2005.

CUNHA, E. de Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: II - atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v..35, n.2, p. 603-611, 2011.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: SBCS, 90 p, 1993.

DAHLEM, A. R. **Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no sudoeste do Paraná**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Iapar, 80p. (Circular, 73). 1992.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A.. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), 96p. (Documentos IAPAR, 9). 1985.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; MIOLA, E.C.C.; GIACOMINI, D.A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1714-1723, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000600005.

DUARTE JUNIOR, J.B.; COELHO, F.C.. **Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto**. Bragantia, Campinas, v.67, n.3, 2008.



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. EMBRAPA, jun. 2011.

GATIBONI, L. C. et al. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Revista Biotemas**, v. 22, n. 2, 2009.

GIRARDELLO, Vitor Cauduro et al. Alterações nos atributos físicos de um latossolo vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. v.35, p. 2115-2126, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2011.

GREITER, J.L.G.; ANGHINONI, M. **Plantio direto e sistema com escarificação nos atributos agrônômicos da soja e do milho**. 2016. 30f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

HASKEL, M. K.; CASSOL, C.; PAULA, E. J. S. CONCEIÇÃO, P. C.; GIRARDELLO, V. C. **Aspectos físicos do solo em sistemas de preparo e de culturas com plantas de cobertura**. ANAIS...SICITE, Disponível em: <<http://cr5.com.br/sicite2016/>>, 2016.

KIELING, A.S.; COMIN, J. J; FAYAD, J. A.; LANA, M. A.; LOVATO, P. E. Plantas de cobertura de inverno em sistema plantio direto de hortaliças sem herbicidas: efeitos sobre plantas espontâneas e na produção de tomate. **Ciência Rural**, v.39, n.7, p.2207-2209, 2009.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**. Ankeny, v. 36, p. 341-3, 1981.

LANDERS, J. N. **Histórico, característica e benefícios do plantio direto**. Brasília, DF: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior (ABEAS). Brasília, DF: Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 113 p. (ABEAS. Curso Plantio Direto. Módulo 1), 2005.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31, p. 1131-1140, 2007.

MAHL, D.; SILVA, R. B. da; GAMERO, C. A.; SILVA, P. R. A.. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, p. 741-747. . 2008

MELLO, N. A. de; CONCEIÇÃO, P. C. Evolução de sistema de manejo do solo e produtividade agropecuária no estado do Paraná. IN: MARTIN, T. N.; ZIECH, M. F. **Sistemas de Produção Agropecuária**, 336 p., Dois Vizinhos, 2008.

MÜLLER, M.M.L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 25, p.531-538, 2001.

MUNIZ, A. W.; GONÇALVES, J. R. P.; OLIVEIRA, I. J.; FONTES, J. R. A. **Sistema plantio direto: conservação do solo e produção sustentável de grãos em terra firme do Amazonas**. EMBRAPA, Amazônia, Manaus, 2014.

OLIVEIRA, I. J. de; FONTES, J. R. A.; BORTOLON, L. **Cultivo de milho manejado com preparo convencional e sistema plantio direto no Amazonas em área de pastagem degradada**. EMBRAPA, Amazonas, Manaus, fev. 2017.

PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L. **Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, p.508-514, 2010.

PIETERS, A. J. **Green manuring**. Principles and practices. New York: John Wiley, p.10-16, 1927 Apud NEGRINI, Ana C. A. **Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2007. 113.f Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SANTOS, H. P dos. et al. **Leguminosas anuais de inverno**. In: FONTANELI, Renato S.; SANTOS, Henrique P dos.; FONTANELI, Roberto S. (Ed.). Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira. Passo Fundo : Embrapa Trigo, 340p, 2009.

SILVA, E. E. da. **Manejo orgânico da cultura da couve em rotação com o milho, consorciado com leguminosas para a adubação verde intercalar em plantio direto**. 2006. 57 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seropédica, Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, 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.

STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**. v.34, p.755-760, 2004.

TRABUCO, M. **Produção de milho em plantio direto após plantas de cobertura**. 2008. 54f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p.59-168.