

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

POLIANA FERREIRA DA COSTA

**MANEJO DAS CULTURAS DE INVERNO E SUA INFLUENCIA SOBRE AS
PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO, DINÂMICA DE PLANTAS DANINHAS,
TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES**

Marechal Cândido Rondon

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

POLIANA FERREIRA DA COSTA

**MANEJO DAS CULTURAS DE INVERNO E SUA INFLUENCIA SOBRE AS
PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO, DINÂMICA DE PLANTAS DANINHAS,
TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Professor Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira
Coorientador: Professor Dr. Edmar Soares de Vasconcelos

Marechal Cândido Rondon

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

C837m	Costa, Poliana Ferreira da Manejo das culturas de inverno e sua influencia sobre as propriedades físicas do solo, dinâmica de plantas daninhas, teor e acúmulo de nutrientes / Poliana Ferreira da Costa. - Marechal Cândido Rondon, 2014. 82 p. Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira Coorientador: Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2014. 1. Culturas de inverno - Plantio direto. 2. Solo - Propriedades físicas. 3. Plantas de cobertura. 4. Plantas daninhas. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título. CDD 22.ed. 631.874 631.452 CIP-NBR 12899
-------	--

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Dissertação da Tecnóloga em Gestão Ambiental **POLIANA FERREIRA DA COSTA**. Aos vinte e sete dias do mês de fevereiro de 2014, às 09h, sob a presidência do Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Julgadora da Defesa da Dissertação da Tecnóloga em Gestão Ambiental Poliana Ferreira da Costa, discente do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Agronomia – Nível Mestrado e Doutorado com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"MESTRA EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara (Unipampa), Prof.^a Dr.^a Maritane Prior (Unioeste) e Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira (Orientador).

Iniciados os trabalhos, a candidata apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Dissertação, intitulada: **"Manejo das culturas de inverno e sua influencia sobre as propriedades físicas do solo, dinâmica de plantas daninhas, teor e acúmulo de nutrientes"**.

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara.....Aprovado
Prof.^a Dr.^a Maritane Prior.....Aprovado
Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira (Orientador).....Aprovado

Apurados os resultados, verificou-se que a candidata foi habilitada, fazendo jus, portanto, ao título de **"MESTRA EM AGRONOMIA"**, área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

Marechal Cândido Rondon, 27 de fevereiro de 2014.

Deise D. Castagnara

Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara

Maritane Prior

Prof.^a Dr.^a Maritane Prior

Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira (Orientador)

À Deus.

À minha família. Amo muito Vocês!!!

Especialmente a pessoa essencial que ajudou a tornar tudo isso possível Marzo Cristian Schek, por ter proporcionado os meios e o abrigo emocional. Te Amo!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus, pela força de vontade, pela sabedoria, pela fé, pelas oportunidades a mim concedidas e por me permitir sonhar e não desistir jamais.

Aos meus pais, Aparecido Ferreira da Costa e Alvelina Marciano da Costa pelos ensinamentos e amor incondicional que irão eternamente iluminar meu caminho.

Ao meu irmão, Leandro Ferreira da Costa pelo exemplo de caráter, em quem sempre me inspirei e a minha cunhada Ana Paula Maia Odorico pelo apoio.

A minha avó Inês do Nascimento Costa pelas orações e pelo afeto e ao meu avô pelo amor incondicional.

Ao amigo e companheiro Marzo Cristian Schek, por acreditar em mim, quando até mesmo eu duvidava, pelo infinito amor, pelo apoio e pela companhia em todos os momentos. E a família Schek por todo o carinho e afeto e por sempre torcer por mim!

Ao meu Orientador e amigo Professor Dr. Paulo Sergio Rabello de Oliveira pelo apoio, pela orientação, paciência, confiança e credibilidade em mim depositada.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientação, sugestões e contribuições fornecidas.

Aos colegas de mestrado e doutorado pela convivência e amizade, especialmente ao Jeferson Tiago Piano e Loreno Egídio Taffarel pelo companheirismo, apoio e incentivo.

A todos os funcionários e estagiários dos laboratórios de Química Agrícola e Ambiental, Fertilidade do Solo e Física do Solo da UNIOESTE pela ajuda na realização das análises e aos funcionários do Núcleo de Estações Experimentais pelo apoio nas atividades de campo.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA) da UNIOESTE, Campus de Marechal Candido Rondon, pelos ensinamentos transmitidos.

A grande amiga e colega de mestrado e de apartamento Juliana Casarin, por dividir o AP 07 comigo! Por todo apoio, estudos de fisiologia vegetal, conforto nas horas difíceis, diálogos, tererês nos fins de tarde e por ser uma IRMÃ para mim. E a outra pessoa que também já faz parte da minha família Emanuele Dal'Maso, por irradiar nossos dias com o seu sorriso e com o seu companheirismo e por fazer parte com louvor das histórias do AP 07.

E a todos aqueles que não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram na realização desse trabalho.

Muito Obrigado!

COSTA, P. F. DA. **MANEJO DAS CULTURAS DE INVERNO E SUA INFLUENCIA SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO, DINÂMICA DE PLANTAS DANINHAS, TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES**. Marechal Cândido Rondon, 2014. 82 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Resumo

O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar diferentes manejos de culturas de inverno em um sistema de plantio direto, verificando a sua influência sobre as propriedades físicas do solo, dinâmica de plantas daninhas, teor e acúmulo de nutrientes e sobre a cultura da soja no cultivo de verão, em Marechal Cândido Rondon - Paraná. O trabalho foi desenvolvido em área experimental da Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon, em LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de faixas, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro diferentes culturas de inverno (aveia IPR 126, crambe FMS Brilhante, Nabo forrageiro cultivar comum e trigo BRS Tarumã) e por dois manejos (químico e mecânico). Com relação às propriedades físicas do solo (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade), constatou-se que apenas a macroporosidade sofreu alterações, devido a interação entre as culturas de inverno e os sistemas de manejo empregados, ocorrido na camada de 0 – 10 cm na avaliação após a colheita da cultura da soja. Quanto aos valores obtidos para a resistência à penetração do solo, verificou-se que a aveia (0,91 Mpa) e o crambe (1,43 Mpa) ofereceram diferenças significativas, na camada de 0 – 5 cm de profundidade. Foram identificadas dezesseis espécies de plantas daninhas na área, distribuídas em onze famílias botânicas, destacando-se as famílias Poaceae e Asteraceae. A presença de plantas daninhas nos manejos químicos foi menor quando comparada ao manejo mecânico. Em relação aos teores de nutrientes houve diferenças significativas para as quantidades de N, C e relação C/N dos materiais. Já para o acúmulo de nutrientes o trigo BRS apresentou maior acúmulo para o Mg com 9,15 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: porosidade, resistência à penetração, levantamento fitossociológico, plantas de cobertura.

MANAGEMENT OF WINTER CROPS AND ITS INFLUENCE ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL, DYNAMIC PLANTS WEEDS, CONTENT AND ACCUMULATION OF NUTRIENTS

Abstract

The study was conducted to evaluate different management of winter cultures in a no-till system, assessing their influence on soil physical properties, dynamics of weeds, content and nutrient accumulation on soybean in summer crop in Marechal Cândido Rondon - Paraná. The study was conducted in the experimental area of the State University of West Paraná - Campus Rondon in EUTRUSTOX (LVe). The experimental design was randomized blocks in band layout with three replications. The treatments consisted of four different winter crops (oats IPR 126, wheat BRS Tarumãt crambe FMS Bright and forage turnip cultivar common) and two management (chemical and mechanical). With respect to soil physical properties (macroporosity, microporosity, total porosity and density), it was found that only the macroporosity was altered due to interaction between the winter crops and systems of management that occurred in the 0 - 10 cm in the assessment after the harvest of soybean crop. As to the values obtained for the penetration resistance of the soil, it was found that the oat (0.91 MPa) and crambe (1.43 MPa) provided significant differences in the 0 - 5 cm depth. Sixteen weed species were identified in the area, distributed in eleven plant families, especially the families Poaceae and Asteraceae. The presence of weeds in chemical handlings was lower when compared to mechanical handling. In relation to nutrient content were no significant differences for the quantities of N, C and C / N ratio of the materials. As for the accumulation of nutrients wheat BRS showed higher for Mg absorption with 9,15 kg ha⁻¹.

Key-words: porosity, penetration resistance, phytosociological survey, cover crops

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB SISTEMAS DE MANEJO APÓS DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO SUCECIDAS PELA CULTURA DA SOJA

- Figura 1: Resistência do solo à penetração (MPa), na camada de 0 a 30 cm de profundidade, antes da implantação das culturas de inverno, em Marechal Cândido Rondon em março de 2012.....36
- Figura 2: Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. SC: semeadura das culturas de inverno. M: realização dos manejos das culturas de inverno. 1C: primeira coleta de dados. SS: semeadura da soja. CS: colheita da soja. 2C: segunda coleta de dados.....37
- Figura 3: Resistência do solo a penetração (MPa), na camada de 0 a 30 cm de profundidade, após a colheita das culturas de inverno (A) e após a colheita da cultura da soja (B). Aveia, trigo, crambe e nabo forrageiro : culturas de inverno. Manejos: Mecânico e Químico.....49

CAPÍTULO 3

LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS EM LATOSSOLO CULTIVADO COM DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO EM FUNÇÃO DE MANEJOS QUÍMICO E MECÂNICO

- Figura 1: Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. S: semeadura das culturas de inverno. M: Manejo das culturas de inverno. LF: Levantamento Fitosociológico.....60
- Figura 2: Índice de valor de importância das principais espécies infestantes em função dos diferentes manejos empregados.66

CAPÍTULO 4

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO EM UM LATOSSOLO VERMELHO

- Figura 1: Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. SC: semeadura das culturas de inverno. CC: Coleta das culturas de inverno.....74

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB SISTEMAS DE MANEJO APÓS DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO SUCEDIDAS PELA CULTURA DA SOJA

Tabela 1: Características químicas e físicas do solo (0 – 20 cm), na área experimental, antes da implantação das culturas de inverno, em Marechal Cândido Rondon em março de 2012..	36
Tabela 2: Valores de F calculado para os atributos propriedades do solo na camada de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, após os manejos das culturas de inverno.....	40
Tabela 3: Valores de F calculado para as propriedades do solo na camada de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, após a colheita da cultura da soja.	41
Tabela 4: Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade para as culturas de aveia, crame, nabo forrageiro e trigo após serem submetidas aos manejos mecânico e químico na camada de 0 a 10 cm e na camada de 10 a 20 cm do solo.....	42
Tabela 5: Macroporosidade, microporosidade, densidade e porosidade total para as culturas de aveia, crame, nabo forrageiro e trigo na camada de 0 a 10 cm e na camada de 10 a 20 cm do solo após a realização da colheita da soja.....	43
Tabela 6: Valores de F calculado para a resistência do solo a penetração após os manejos e após a colheita da cultura da soja.	48
Tabela 7: Valores de produtividade (kg ha^{-1}) e peso de mil grãos (g) para a cultura da soja sob a influência dos diferentes das culturas de inverno e manejos empregados.....	50

CAPÍTULO 3

LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS EM LATOSSOLO CULTIVADO COM DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO EM FUNÇÃO DE MANEJOS QUÍMICO E MECÂNICO

Tabela 1: Características químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da implantação das culturas de inverno.....	59
Tabela 2: Distribuição das plantas daninhas por família e espécie coletadas em área de Latossolo Vermelho cultivado com diferentes culturas de inverno em função de diferentes manejos.....	63
Tabela 3: Valores de frequência (F), densidade (D), abundância (A), frequência relativa (Fr), densidade relativa (Dr), abundância relativa (Ar) e índice de valor de importância (IVI) gerais, numa área de Latossolo Vermelho cultivado com diferentes culturas de inverno em função de diferentes manejos.	64

CAPÍTULO 4

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO EM UM LATOSSOLO VERMELHO

Tabela 1: Características químicas (0 – 20 cm), na área experimental, antes da implantação das culturas de inverno.	73
--	----

Tabela 2: Valores de F calculado composição química da matéria seca, de diferentes culturas de inverno, manejados em sistema plantio direto.....	76
Tabela 3: Composição química da matéria seca, de diferentes culturas de inverno, manejados em sistema plantio direto.....	76
Tabela 4: Acúmulo de nutrientes na matéria seca, de diferentes culturas de inverno, manejados em sistema plantio direto.....	78

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
1.1 Introdução	13
1.2 Revisão de literatura	14
1.2.1 Sistema Plantio Direto	14
1.2.2 A cultura da aveia	15
1.2.3 A cultura do trigo.....	16
1.2.4 A cultura do crambe	18
1.2.5 A cultura do nabo forrageiro	19
1.2.6 A cultura da soja	20
1.2.7 Propriedades físicas do solo e as culturas de inverno.....	21
1.2.8 Levantamento Fitossociológico	22
1.2.9 Culturas de inverno e o acúmulo de nutrientes	23
1.3 Referências Bibliográficas	24
CAPÍTULO 2	32
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB SISTEMAS DE MANEJO APÓS DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO SUCEDIDAS PELA CULTURA DA SOJA	32
2.1 Introdução	34
2.2 Material e Métodos	35
2.3 Resultados e Discussão	39
2.3.1 Macroporosidade	42
2.3.2 Microporosidade	44
2.3.3 Porosidade Total	45
2.3.4 Densidade do Solo	46
2.3.5 Resistência à penetração	47
2.3.6 Peso de mil grãos e produtividade da soja.....	49
2.4 Conclusões	51
2.5 Referências Bibliográficas	52
CAPÍTULO 3	56
LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS EM LATOSSOLO CULTIVADO COM DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO EM FUNÇÃO DOS MANEJOS QUÍMICO E MECÂNICO	56
3.1 Introdução	58
3.2 Material e Métodos	59
3.3 Resultados e Discussão	62
3.4 Conclusão	67
3.5 Referências Bibliográficas	67
Capítulo 4	70
PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM CULTURAS DE INVERNO	70
4.1 Introdução	72

4.2 Material e Métodos	73
4.3 Resultados e Discussão	75
4.3.1 Produção de Matéria Seca	76
4.3.2 Composição química	77
4.3.3 Acúmulo de nutrientes.....	78
4.4 Conclusões	79
4.5 Referencias Bibliográficas	79

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

A agricultura vem passando por grandes transformações nas últimas décadas. Através do desenvolvimento de novas técnicas e incorporação de novos processos produtivos, é possível constatar a gradual melhoria na eficiência da produção, conseguindo maiores rendimentos com menor impacto ao meio ambiente. A região Oeste do Paraná é caracterizada pela predominância de pequenas propriedades, por isso existe uma preocupação na diversificação e sustentabilidade das mesmas. No final dos anos 70, com o desenvolvimento do sistema de plantio direto (SPD), foi possível obter uma produção integrada com a qualidade de recursos hídricos e de solo em áreas anteriormente sujeitas a degradação.

Associado aos benefícios ao solo do SPD tem-se também a possibilidade de produção de forragem, pois existe uma diminuição natural na produção de forragem de plantas tropicais no período de inverno na região, devido à diminuição das temperaturas, sendo que a utilização de culturas de inverno é uma alternativa viável para produção de volumoso ou de grãos.

Em se tratando da qualidade física do solo a degradação das propriedades físicas do solo é um dos principais processos responsáveis pela perda da qualidade estrutural e do aumento da erosão hídrica. Algumas práticas culturais e de manejo provocam alterações nas propriedades do solo, principalmente em suas características estruturais. Tais alterações podem manifestar-se de várias maneiras, influenciando o desenvolvimento das plantas. Desta forma, o solo submetido ao cultivo tende a perder a sua estrutura original, pelo fracionamento dos agregados em unidades menores, com conseqüente redução no volume de macroporos e aumentos no volume de microporos e na densidade (BERTOL, 2001).

Dentre os tópicos associados à consciência ambiental, o solo passou a ser considerado e analisado como um recurso natural de essencial importância para a manutenção da vida e do meio-ambiente. A retirada da cobertura vegetal natural e a utilização do solo levam a alterações em suas características, muitas vezes, promovendo sua degradação. A manutenção da qualidade do solo passa a ser uma preocupação constante e alternativas para a sua recuperação necessitam ser testadas. A utilização de plantas de cobertura favorecem a recuperação do solo pois além da fitomassa produzida, essas plantas acumulam nutrientes que serão liberados lentamente tanto para o solo, quanto para as plantas subsequentes durante a decomposição da matéria orgânica.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar dois manejos (químico e mecânico) de diferentes culturas de inverno (aveia IPR 126, crambe FMS Brilhante, Nabo forrageiro cultivar comum e trigo BRS Tarumã) em um sistema de plantio direto, avaliando a sua influência sobre as propriedades físicas do solo, dinâmica de plantas daninhas, teor e acúmulo de nutrientes e sobre a cultura da soja no cultivo de verão.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Sistema Plantio Direto

O plantio direto consiste no não revolvimento do solo e resulta na diminuição dos custos de produção, permitindo o uso mais eficiente das máquinas agrícolas e o plantio das culturas na época recomendada (BEUTLER et al., 2012). O sistema plantio direto reduz a degradação do solo, principalmente por minimizar a erosão hídrica deste, devido à ausência de revolvimento e à contínua deposição e manutenção de resíduos vegetais em superfície. Contudo, alterações estruturais ocorrem nos solos cultivados sob esse sistema. Solos sob plantio direto têm apresentado problemas de compactação subsuperficial (PEDROTTI et al., 2001; REINERT et al., 2008).

Algumas pesquisas apontam para uma compactação na camada superficial em sistema de plantio direto, em experimentos de curta duração (TORMENA et al., 2002), justificada pela ausência de mobilização do solo, e pela acomodação das partículas, seja por um processo natural ou por forças exercidas na superfície do solo (RICHART et al., 2005). Entretanto, Lanzanova et al. (2010), após 16 anos da adoção do plantio direto com diferentes rotações de culturas e adubos verdes, observaram menor densidade do solo e maior volume total de poros e macroporosidade em comparação com o tratamento mantido sem cobertura do solo.

Este fato ocorre, pois segundo Follett (2001), o plantio direto constitui uma prática agrícola que promove o aumento do teor de carbono orgânico no solo, tanto pelo aporte constante de material vegetal, como pela redução da taxa de decomposição da matéria orgânica.

O plantio direto, com o uso da palhada promove a proteção do solo contra os impactos das gotas de chuva, diminuindo os processos erosivos e o escoamento superficial. Segundo Mafra (2010), a eliminação da capa superficial do solo tem reflexos não apenas na degradação física (aumento da compactação; menor percolação de água; aeração deficiente; dificuldade para o crescimento de raízes), mas também na perda de fertilidade do solo, uma vez que os

nutrientes presentes nas camadas superiores (mais férteis) são incorporados ao solo.

Esse sistema, além de permitir acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo, proporciona o enriquecimento de matéria orgânica do solo (BAYER et al., 2000; AMADO et al., 2001). De acordo com Camargo e Alleoni (1997), um solo com 50% poros totais é considerado ideal para que ocorra a possibilidade de 33,5% dos poros serem ocupados pela água e 16,5% pelo ar quando este se encontrar na capacidade de campo. Os fatores mais determinantes para o armazenamento de água e nutrientes no solo e mobilidade de íons na sua solução são as propriedades físicas. Com isso, sua degradação promove perda da qualidade estrutural e do aumento da erosão hídrica, favorecendo as perdas de nutrientes contidos no solo (BERTOL et al., 2001).

Cardoso et al. (2006), quando estudavam dois sistemas de plantio direto (compactado e não compactado) em um Latossolo Vermelho distroférico, textura muito argilosa encontraram maior valor de macroporosidade (0,17%) na camada superficial (0 – 8 cm) para o sistema não compactado. Não houve diferença entre as profundidades avaliadas no sistema onde foi promovido compactação.

Em geral, nos primeiros anos encontra-se menor porosidade total em sistemas com plantio direto, aumentando-se à medida que o sistema se consolida (DA ROS et al., 1997). Esse sistema tem sido utilizado como alternativa para evitar as alterações do preparo do solo sobre as propriedades físicas, realizado de forma repetitiva e inadequada (CHAN et al., 1992). Entretanto, não há possibilidade que a adoção de tal prática resolva de imediato o efeito do cultivo convencional por diversos anos. Esta técnica diminui a porosidade e o potencial de desenvolvimento radicular na camada superficial do solo nos primeiros anos de cultivo, porém nos anos subsequentes, esses parâmetros tendem a aumentar (SANTANA, 2012).

Sendo assim, o sistema acaba por permitir a recuperação da estrutura do solo na camada superficial, com a possibilidade de atingir níveis de densidade do solo, porosidade e níveis de desenvolvimento radicular correspondente aos obtidos logo após a realização das operações mecânicas de preparo (CORSINI; FERRAUDO, 1999).

1.2.2 A cultura da aveia

No Sul do Brasil, a aveia constitui uma das principais espécies para cultivo na estação fria (HARTWIG et al., 2006), representando uma alternativa técnica e economicamente viável de cultivo no período de outono/inverno/primavera. Além das aplicações para a cobertura do solo no SPD a aveia-branca pode ser empregada, como pastejo direto, produção de grãos e

pode ser oferecida diretamente no cocho, como massa verde, silagem, feno (TAFERNABERRI JÚNIOR et al., 2012) ou como forrageira, é utilizada como cobertura verde/morta para proteção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, dando sustentabilidade ao sistema de semeadura direta (FLOSS et al., 2007).

Seu cultivo em sistema de semeadura direta é bastante difundido devido ao alto rendimento de palhada, facilidade de aquisição de sementes e de implantação, rusticidade, rapidez de formação de cobertura, decomposição lenta e ciclo adequado (SILVA et al., 2006). As áreas agrícolas do Brasil destinadas ao cultivo da aveia crescem a cada ano, e para 2013 estima-se que a área plantada na região Centro-Sul ultrapasse os 170 mil hectares (CONAB, 2013).

Neste estudo foi utilizada a aveia branca (*Avena sativa*) cv. IPR 126. Esta cultivar foi lançada pelo IAPAR em 2005. A cultivar tem como características o ciclo longo, com plantas de hábito de crescimento semi prostrado, proporcionando rápida cobertura do solo, e um sistema radicular vigoroso, que garante bom suporte ao pisoteio animal e à falta de água, além de apresentar elevada produção de massa seca (IAPAR, 2012). A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal que apresenta múltiplos propósitos. Essa espécie é utilizada na alimentação humana, pelo teor de proteínas de qualidade e fibras solúveis, e na alimentação animal. No sul do Brasil e em partes do Sudeste e Centro Oeste, é cultivada como espécie produtora de grãos e palha para a cobertura do solo, favorecendo a implantação das culturas de verão, especialmente em plantio direto (CECCON et al., 2004).

A cultura também se destaca por exercer efeito alelopático sobre uma série de plantas daninhas e controle de moléstias como o mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis*) em trigo e a redução de nematóides e esclerotínia da soja (FLOSS e FLOSS, 2007).

1.2.3 A cultura do trigo

Estima-se que no Brasil a área destinada ao cultivo do trigo para 2013 ultrapasse os 2.074 hectares (CONAB, 2013). O Trigo é uma espécie de Poaceae do gênero *Triticum* (ABTRIGO, 2009). Por ser uma das culturas anuais de inverno de maior importância para a região sul do Brasil, o trigo pode ser utilizado para pastejo, por proporcionar forragem de qualidade, além de ser usado na tradicional produção de grãos. A forragem produzida tem qualidade comparada à da alfafa, quanto à proteína bruta e à digestibilidade (FONTANELI, 2007).

Com isso, vislumbram-se potencialidades para utilização na produção de forragem e consequentemente produção de carne ou leite, adicionalmente à produção de grãos. A utilização de cultivares duplo propósito, principalmente de trigo, ainda é incipiente no Sul do Brasil. Em algumas áreas do Rio Grande do Sul já se faz uso desse recurso, contudo, no estado do Paraná, sua utilização ainda é pouco difundida (HASTENPFLUG et al., 2009).

Os trigos de duplo propósito devem ser semeados antes da época tradicional, aumentando a população de plantas em 10 a 20% da praticada com as cultivares precoces, propiciando melhor cobertura de solo, fornecendo forragem para a produção de carne e leite e, posteriormente, grãos para alimentação humana e animal. O trigo como uma cultura de duplo propósito, tem sido usado em diversos países como Estados Unidos, Uruguai e Argentina, como excelentes retornos financeiros aos agricultores (FONTANELI et al., 2007).

Em períodos hibernais, principalmente na região Sul do Brasil, a oferta forrageira diminui significativamente, acarretando em decréscimos na qualidade e produção da pecuária local (WENDT, et., al., 2006). Assim, é importante se trabalhar com novas alternativas para impedir esse vazio forrageiro. Uma alternativa importante é a utilização de culturas de inverno. As cultivares de trigo com dupla aptidão, possuem como característica o fornecimento no seu período vegetativo de forragem ao animal e posteriormente pode-se aproveitar para a produção de grãos (MARTIN, et., al., 2010). Este cereal necessita de cuidados e especificações em seu manejo para que ocorra retorno econômico. Estas cultivares devem possuir capacidade de tolerar pastejos frequentes, e ainda vir à produzir grãos (DEL DUCA, et., al., 2000).

A cultivar de trigo BRS Tarumã possui ciclo tardio, hábito de crescimento prostrado com intenso afilhamento, é resultante do cruzamento simples entre as cultivares Century e BR 35. Ciclo emergência a espigamento de 110 dias e até a maturação de 162 dias. Estatura média de planta de 79 cm. Potencial produtivo médio de 3.200 kg grãos ha⁻¹. Trigo tipo pão (W médio superior a 230), grão duro e resistente à debulha natural. Resistente ao oídio e ao vírus do mosaico, apresenta resistência de planta adulta à ferrugem da folha (EMBRAPA, 2002). É recomendado para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O pastejo pode ser iniciado quando as plantas estiverem com 25 a 35 cm de estatura, no estágio vegetativo, o que normalmente ocorre entre 40 e 60 dias após a semeadura, (SANTOS e FONTANELI, 2006).

Algumas informações a respeito de técnicas de manejo devem ser seguidas para a obtenção de sucesso na utilização do trigo duplo propósito, como, por exemplo, o momento correto da retirada dos animais da área, o que evita danos ao meristema apical, possibilitando

a alongação dos entre nós e viabilizando a produção de grãos. As épocas de entrada e saída dos animais dependem da região, pois estas são determinadas por aspectos fenológicos da cultura e estes, por sua vez, são influenciados por variáveis climáticas e de manejo (MARTIN et al., 2010).

1.2.4 A cultura do crambe

O crambe (*Crambe abyssinica*) é uma oleaginosa da família da Brassicaceae, originária da região mediterrânea, cultivada na América do Sul, Ásia, África, Estado Unidos e Europa (OPLINGER et al., 1991). Planta herbácea anual, possui em torno de 1 m de altura, ramifica-se próxima ao solo para formar galhos (trinta ou mais). É uma oleaginosa robusta, possui ciclo curto, cerca de 90 a 100 dias, tolerância a seca e a geadas em grande parte de seu desenvolvimento, cultivada entre a safra de verão e a de inverno, caracterizando uma terceira época de plantio (PITOL et al., 2010).

Originária da região do Mediterrâneo, é cultivada em algumas regiões tropicais e subtropicais (GOLZ, 1993) podendo tolerar de -4°C a -6°C por algumas horas, sem danos significativos (FOWLER, 1991; GOLZ, 1993), o crambe exalta a possibilidade de cultivo em praticamente todas as regiões climáticas do Brasil (PILAU, 2012). Ainda pouco conhecido e cultivado no Brasil, vem expandindo sua área desde o lançamento da primeira variedade de crambe no Brasil em 2007 (ROSCOE e DELMONTES, 2008). Espaçamentos entre 17 e 45 cm e densidades entre 8 e 22,5 kg ha⁻¹ são recomendados para a semeadura do crambe, entretanto ainda com pouca informação sobre as implicações (PITOL, 2008; KNIGHTS, 2002).

Há boa produção de matéria seca, grãos (1000 a 1500 kg ha⁻¹) e óleo (26 % a 38 %) na semente. Este óleo apresenta características peculiares a produção de Biodiesel e óleos industriais devido ao teor de ácido erúico presente (cerca de 55 %) que lhe proporciona alta estabilidade a oxidação (PITOL, 2008). Durante a germinação e estabelecimento da lavoura, requer boa umidade e após o florescimento, a seca é ideal para seu desenvolvimento e baixa incidência de doenças (PITOL et al, 2010).

Considerada oleaginosa de inverno, totalmente mecanizável (pode utilizar os mesmos implementos agrícolas da soja), é empregada na rotação de culturas em sistemas de produção de grãos e demonstra-se uma opção de cultivo aos agricultores na safrinha (FERREIRA e SILVA, 2011).

Apesar de ser rústica, esta requer semeadura em solos férteis, profundos e corrigidos, com pH acima de 5,8 e baixa saturação por alumínio. Considerada recicladora de nutrientes do solo, aproveita adubações residuais de espécies antecessoras e responde a adubações no plantio. Apesar de responder aos nutrientes, não há especificação da dosagem de adubação para ser aplicada (LUNELLI, 2011).

1.2.5 A cultura do nabo forrageiro

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) faz parte do grupo de oleaginosas pertencente à família *Brassicaceae*, sendo muito empregado nas regiões sul e centro-oeste do Brasil, além do estado de São Paulo, como composto para adubação de inverno em alguns sistemas de cultivo diferenciados, como o plantio direto e o cultivo mínimo (CRUSCIOL et al., 2005). É uma planta anual, alógama, herbácea, ereta, muito ramificada e que pode atingir de 100 a 180 cm de altura (DERPSCH & CALEGARI, 1992). Pode ser cultivado em diferentes regiões climáticas, sendo resistente a geadas tardias, considerada como cultura altamente rústica, pois se desenvolve em solos relativamente pobres. Caracteriza-se pelo crescimento inicial extremamente rápido, e aos 60 dias após a emergência promove a cobertura de 70% do solo (CALEGARI, 1990).

O nabo forrageiro apresenta produtividade média de 3.000 kg ha⁻¹ de massa seca da parte aérea, e, mesmo em áreas sem adubação, esse valor pode oscilar entre 2.000 e 6.000 kg ha⁻¹ de massa seca no estágio de floração (DERPSCH & CALEGARI, 1992; CALEGARI, 1998). Geralmente é cultivado no Brasil como cobertura de solo. Por ser uma cultura rústica, são raras as pragas e doenças que mereçam controle. Devido ao rápido crescimento, compete fortemente com as ervas daninhas, contribuindo assim com a economia de herbicidas ou com a redução das capinas (VALLE, 2009).

Além desses aspectos, o nabo forrageiro possui seu sistema radicular pivotante, atingindo mais de 2 metros de profundidade o que lhe confere qualidade de planta descompactadora de solo e possui alta produção de semente, fator que pode contribuir para a redução dos custos de produção (MUZILLI, 2002).

A massa foliar do nabo forrageiro é bastante utilizada na adubação verde principalmente por apresentar elevada capacidade de reciclagem de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo no solo. É uma cultura indicada para a rotação de culturas, como cobertura do solo durante o inverno e, eventualmente, para a alimentação animal (DAMBISKI, 2007). Outro benefício é a produção de biodiesel e a utilização da torta gerada

como coproduto da fabricação do biodiesel, na alimentação animal, a qual apresenta esse potencial principalmente em virtude de seu alto teor de proteína (BRUNELLI et al., 2007). Possui potencial para aumentar a disponibilidade de N no solo por ser da família das brassicáceas, ele não possui a capacidade de fixar N² atmosférico, porém tem alta capacidade de extrair N de camadas mais profundas do solo, podendo chegar a 220kg ha⁻¹ de N reciclado (HEINZMANN, 1985). Outras vantagens de sua utilização são: desenvolvimento inicial da planta muito rápido, alto rendimento de matéria seca e ciclo curto, o que viabiliza a semeadura precoce do milho em sucessão (meses de agosto e setembro). Essa espécie apresenta maior velocidade inicial de acúmulo de matérias fresca e seca em relação à aveia preta e à ervilhaca comum (JUNIOR et al., 2004; DERPSCH et al., 1991).

Silva et al., (2007) com o objetivo de avaliar os efeitos da aveia preta, ervilhaca comum e do nabo forrageiro como coberturas de solo no inverno a encontraram 5,9Mg ha⁻¹ com nabo forrageiro em cultivo solteiro e em todos os sistemas consorciados. Neste estudo constatou-se que independentemente da proporção de sementes utilizada, o nabo forrageiro foi a espécie dominante, contribuindo com maior parte do rendimento total de matéria seca da parte aérea das espécies de cobertura de solo.

Altos rendimentos de matéria seca da parte aérea de nabo forrageiro, variando de 4,7 a 5,4 Mg ha⁻¹, têm sido obtidos com a semeadura realizada em maio-junho, em experimentos na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul (FORSTHOFER et al., 2006). Assim como ocorre com as leguminosas, uma de suas grandes limitações é a baixa relação C/N dos resíduos, que têm rápida taxa de decomposição. Além disso, se mal manejado, essa espécie pode tornar-se importante planta daninha para os cultivos subsequentes (SILVA et al., 2007).

1.2.6 A cultura da soja

A soja (*Glycine max* L. Merrill) pertence à família Fabaceae (leguminosa), de origem na China, é um grão rico em proteínas, cultivada como alimento tanto para humanos quanto para animais. A soja é uma das culturas agrícolas de maior importância no mundo, tendo como principais produtos o óleo e o farelo de soja, além de ser importante matéria prima para a indústria. O óleo de soja é o mais utilizado pela população mundial no preparo de alimentos e também é extensivamente usado em rações animais, sendo que, outros produtos derivados da soja incluem farinha, sabão, cosméticos, resinas, tintas, solventes e biodiesel (COELHO et al., 2011).

A soja apresenta mecanismo C_3 de fixação de carbono, e acumula menor fitomassa do que o milho, além de apresentar desenvolvimento mais lento. Essas características conferem menor capacidade competitiva à leguminosa, em relação à gramínea, e constituem-se no principal fator do insucesso da soja em cultivos consorciados (PORTES et al., 2000). Entretanto, tem-se difundido, como alternativa para a formação de palhada em sucessão à cultura da soja, a sobressemeadura de plantas de cobertura, por ocasião do estágio R7, na maturidade fisiológica da soja, que é o início da desfolha. O sucesso dessa tecnologia depende das condições climáticas, na véspera da sementeira, e da capacidade de germinação e crescimento da planta de cobertura em superfície (PACHECO et al., 2008).

O grão da soja é uma excelente fonte de proteína e óleo vegetal, atendendo satisfatoriamente as exigências alimentares humanas e animais. Dos pontos de vista alimentar e econômico, é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo (EMBRAPA, 2008).

O cultivo de espécies anuais durante o verão, como a da cultura da soja, é um sistema que predomina principalmente em sucessão ao cultivo de pastagens anuais do período de inverno, como aveia ou milheto, sendo que no verão seguinte há o retorno da safra de verão, sendo conduzido no sistema de plantio direto. A cultura da soja pode, ainda, anteceder à pastagem, em sistema de rotação de culturas, uma vez que sua palhada se decompõe rapidamente, liberando nutrientes, em especial, o nitrogênio. Além disso, a cultura não é suscetível às pragas e doenças comuns às pastagens, e também, o manejo de plantas daninhas torna-se mais simples, em razão da alternância das espécies infestantes (GIMENES et al., 2010).

1.2.7 Propriedades físicas do solo e as culturas de inverno

O solo é o principal suporte da produção agrícola, sendo seu comportamento regido por um complexo conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos, os quais estão submetidos à ação do clima, que interagem e tendem ao equilíbrio (RICHART et al., 2005). Nos ecossistemas naturais esse equilíbrio é atingido porque os mesmos apresentam integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e as propriedades físicas do solo, decorrente de processos essenciais de ciclagem de nutrientes e acumulação e decomposição da matéria orgânica (CARDOSO et al., 2011).

As culturas de inverno constituem importantes componentes na estabilidade de fluxo de caixa, na solidez de unidades agrícolas e também constituem base da alimentação humana e/ou animal (MORI et al., 2009). Os efeitos benéficos das culturas de inverno como plantas de

cobertura foram observados por vários autores, seja nas propriedades químicas e físicas do solo, seja na produtividade dos cultivos em sucessão (GAMA-RODRIGUES et al., 2007; CRUSCIOL e SORATTO, 2009).

Em SPD conduzidos inadequadamente, com superpastejo das culturas de inverno com potencial forrageiro ocorre o surgimento de camadas compactadas, as quais tornam-se comum por pressões externas exercidas sobre o solo, como tráfego de máquinas ou animais, ou mesmo por um processo natural de acomodação das partículas. Com a compactação do solo ocorre a redução da porosidade total e o aumento da densidade do solo e da resistência à penetração das raízes, além de restringir o movimento da água e do ar ao longo do perfil (RICHART et al., 2005).

Em solos sob estas condições, a resistência à penetração é uma das propriedades físicas adotada com frequência como indicativo da compactação do solo. Essa propriedade apresenta relações diretas com o crescimento das plantas, sendo mais eficiente na identificação da compactação quando acompanhado da umidade e da densidade do solo (FREDDI et al., 2006). Sua avaliação deve ser concomitante à da umidade do solo, uma vez que varia de forma inversamente proporcional. Por outro lado, varia positivamente com a densidade do solo (BENGOUGH et al., 2001).

A densidade do solo é de grande importância para os estudos agrônômicos, pois permite avaliar propriedades do solo como a porosidade, condutividade hidráulica, difusão de oxigênio, além de ser utilizada como indicador do estado da compactação do solo (KIEHL, 1979). Pela estreita relação com outras propriedades, a grande maioria das pesquisas converge para o fato de que, com o seu aumento, ocorre uma diminuição da porosidade total, macroporosidade, condutividade hidráulica, absorção iônica, e o conseqüente aumento da microporosidade e da resistência mecânica à penetração do solo. Tal fato viria a desencadear, a diminuição da produtividade agrícola (SECCO et al., 2005; SANTOS et al., 2006).

O estudo em relação a qualidade física do solo é relevante, pois uma vez desgastado ele tem a sua fertilidade diminuída, o que influencia marcadamente na exploração agrícola, diminuindo consideravelmente as condições para as plantas produzirem economicamente (TRINDADE et al., 2012).

1.2.8 Levantamento Fitossociológico

As regiões consideradas aptas para o desenvolvimento da agricultura, como em grande parte das regiões do Paraná, normalmente apresentam boa fertilidade e umidade e favorecem

o surgimento de algumas espécies denominadas plantas daninhas, as quais competem pelos mesmos fatores de crescimento das culturas comerciais, acarretando perdas na produção e qualidade de grãos, motivo pelo qual são alvos de controle (ERASMO et al., 2004). Os estudos fitossociológicos comparam as populações de plantas daninhas num determinado momento. Repetições programadas dos estudos fitossociológicos podem indicar tendências de variação da importância de uma ou mais populações, e essas variações podem estar associadas às práticas agrícolas adotadas (OLIVEIRA e FREITAS, 2008).

Dentre os diferentes sistemas de controle adotados, a utilização de herbicidas destaca-se, em razão da sua maior eficiência e facilidade, porém o seu sucesso depende de uma série de princípios técnicos. A identificação das espécies daninhas a serem controladas constitui-se em um desses princípios, visto que a escolha do ingrediente ativo do produto a ser utilizado dependerá do tipo de planta daninha existente no local, além da cultura plantada (ERASMO et al., 2004).

Estratégias de manejo do solo, como o sistema de plantio direto, pode reduzir a infestação de plantas daninhas pelo não revolvimento do solo (JAKELAITIS et al., 2003) e pela presença de palhada na superfície do solo, que pode modificar as condições para a germinação de sementes e emergência das plântulas, em razão do efeito físico de cobertura e da liberação de substâncias alelopáticas (SOUZA et al., 2006).

Desse modo, uma vez que as comunidades infestantes podem variar sua composição florística em função do tipo e da intensidade de tratamentos culturais impostos, o reconhecimento das espécies presentes torna-se fundamental, especialmente se for levado em conta o custo financeiro e ambiental da utilização de produtos químicos (ERASMO et al., 2004). Silva e Mueller, (2010) avaliando coberturas vegetais no solo sobre a incidência de plantas daninhas verificaram que coberturas com aveia-preta e com aveia-branca promoveram significativa redução de plantas daninhas em relação à cobertura com ervilhaca, plantio convencional e cobertura com o nabo forrageiro.

1.2.9 Culturas de inverno e o acúmulo de nutrientes

Para a sustentabilidade do sistema plantio direto, especialmente nas regiões tropicais, é indispensável que a palhada seja mantida sobre a superfície do solo de forma permanente. Contudo, em regiões tropicais, o inverno quente e seco e o verão quente e chuvoso limitam o cultivo de culturas anuais, na entressafra, e aceleram a decomposição da cobertura vegetal do solo (PACHECO et al., 2011). Nessas condições de clima, as características mais importantes

nas plantas de cobertura do solo são a quantidade e a durabilidade da fitomassa produzida (BOER et al., 2008; LEITE et al., 2010), bem como a sua capacidade de ciclagem de nutrientes, principalmente para os lixiviados em profundidade ou os pouco solúveis. É interessante, também, que os nutrientes sejam liberados dos resíduos de forma gradativa, para a cultura subsequente (CRUSCIOL et al., 2008).

A utilização de culturas na entressafra com o objetivo de cobertura do solo e ciclagem de nutrientes, visando à diversificação da produção agrícola com sustentabilidade (CHAVES e CALEGARI, 2001), é uma estratégia para melhoria da qualidade ambiental, diminuindo os efeitos nocivos do monocultivo (BOER et al., 2007).

Resíduos culturais na superfície do solo constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM et al., 2003), ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (ALCÂNTARA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2002).

Diversas espécies de plantas de cobertura do solo podem ser utilizadas a fim de evitar sua exaustão. Porém, para que uma espécie seja eficaz na ciclagem de nutrientes, deve haver sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse comercial, cultivada em sucessão (BRAZ et al., 2004).

O conhecimento da dinâmica de liberação dos nutrientes é fundamental para que se possa compatibilizar a máxima persistência dos resíduos culturais na superfície do solo, que possam contribuir com a manutenção da umidade e com a proteção do solo contra efeitos erosivos (BOER et al., 2007). Os resultados dos teores de nutrientes acumulados pelas plantas, é um conhecimento essencial para estimar quais as melhores espécies indicadas para o acúmulo de nutrientes os quais serão disponibilizados lentamente para as culturas subsequentes e proporcionaram maior qualidade do solo.

1.3 Referências Bibliográficas

ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B. de; MESQUITA, H.A. de; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.277-288, 2000.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE TRIGO: História do Trigo no Brasil. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/historia_do_trigo2b.asp>. Acesso em março de 2009.

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 CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 599-607, 2000.

BENGOUGH, A.G.; CAMPBELL, D.J. & O' SULLIVAN, M.F. Penetrometer techniques in relation to soil compaction and root growth. In: SMITH, K.A. & MULLINS, C.E. Soil and environmental analysis: **Physical methods**. 2.ed. Edinburgh, Marcel Dekker, 2001. p.377-403.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.

BEUTLER, N. A.; MUNARETO, J. D.; RAMÃO, C. J.; GALON, L.; DIAS, N. P.; POZZEBON, B. C.; RODRIGUES, L. T. A.; MUNARETO, G. S.; GIACOMELI, R.; RAMOS, V. P. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1601-1607, 2012.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.1269-1276, 2007.

BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. da; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, p.83-87, 2004.

BRUNELLI, S. R. et al. Determinação do valor energético e nutritivo da torta do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) para frangos de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 17.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 9., 2007, Londrina. Anais... Londrina: UEL, 2007. 1 CD-ROM.

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1990. 37p. (Boletim Técnico, 35).

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.

CARDOSO, E. G. et al. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 493-501, 2006.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FREITAS, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.2, p. 613-622, 2011.

CECCON, G.; GRASSI FILHO, H.; BICUDO, S.J. Rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.34, n.6, nov-dez, 2004.

CHAN, K. Y.; ROBERTS, W. P.; HEENAN, D. P. Organic carbon and associated soil properties of a red earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 30, n. 1, p. 71-83, 1992.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v.22, p.53-60, 2001.

COELHO, H.A.; GRASSI FILHO, H.; BARBOSA, R.D.; et al. Eficiência agronômica da aplicação de nutrientes na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.11, p.73-78, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, nono levantamento, Junho de 2012. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília : Conab, 2013, 31p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, nono levantamento, Junho de 2012. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília : Conab, 2013, 31p.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 289-298, 1999.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.161-168, 2005.

CRUSCIOL, C.A.C.; MORO, E.; LIMA, E. do V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, v.67, p.481-489, 2008.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. **Agronomy Journal**, v.101, p.40-46, 2009.

DA ROS, C. O. et al. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma de estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 241-247, 1997.

DAMBISKI, L. Síntese de biodiesel de óleo de nabo forrageiro empregando metanol supercrítico. Curitiba, 2007. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

DEL DUCA, L.J.A. et al. Experimentação de genótipos de trigo para duplo propósito na Paraná, em 1999. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 18p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 6).

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

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: IAPAR, 1991. 272p.

EMBRAPA (2002) EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Comissão Centro – Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo: Disponível em: http://www.cpa0.embrapa.br/publicacoes/sistemaproducao/trigo/praticas_cult.html. Acesso em: 15 de abril de 2010.

ERASMO, E.A.L.; AZEVEDO, W.R.; SARMENTO, R.A.; CUNHA, A.M.; GARCIA, S.L.R. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, p.337-342, 2004.

FERRARI, R. A.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; RIBEIRO, F. L. F. Biodiesel de óleo de *Rhaphanus Sativus* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., 2005, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005b. p. 739-742.

FERREIRA, F. M.; SILVA A. R. B. Produtividade de grãos e teor de óleo da cultura do crambe sob diferentes sistemas de manejo de solo em Rondonópolis – MT. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, v. 7, n.12, p. 1-11, Goiânia, 2011.

FLOSS, E.L.; FLOSS, L.G. Cultivo de aveia em sistema de produção. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, 97 ed. 2007.

FLOSS, E.L.; PALHANO, A.L.; SOARES FILHO, C.V.; PREMAZZI, L. M. Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

FOLLETT, R. F. Soil Management concepts and carbon sequestration in cropland soils. **Soil and Tillage Research**, v. 61, n. 1, p. 77-92, 2001.

FONTANELI, R.S. Trigo de duplo-propósito na integração lavoura-pecuária. **Revista Plantio Direto**, n.99, 2007.

FORSTHOFER, E.L. et al. Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.399-407, 2006.

FREDDI, O.S.; CARVALHO, M.P.; VERONESI JÚNIOR, V. & CARVALHO, G.J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p.113-121, 2006.

GAMA-RODRIGUES, A.C. da; GAMA-RODRIGUES, E.F. da; BRITO, E.C. de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1421-1428, 2007.

GIMENES, M. J.; PRADO, E. P., CHRISTOVAM, R. S.; et al. Interferência de densidade de *Braquiaria brizanta* sobre plantas daninhas em sistema de consórcio com milho. **Revista Tropica-Ciências Agrárias e Biológicas**, Maranhão v.4, n.1, p. 25-31, 2009.

HARTWIG, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; LORENCETTI, C.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; BERTAN, I.; SILVA, G. O.; VALÉRIO, I. P.; SCHMIDT, D. A. M. Correlações fenotípicas entre caracteres agronômicos de interesse em cruzamentos dialélicos de aveia branca. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.3, p.273-278, 2006.

HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.9, p.1021-1030, 1985.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Aveia Branca IPR 126**. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/aveia-branca.pdf. Acesso em 10/04/2013.

JAKELAITIS, A. et al. Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 71-79, 2003.

JUNIOR, A.A.B. et al. Desempenho de plantas invernais na produção de matéria e cobertura do solo sob cultivos isolado e em consórcios. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.3, n.1, p.38, 2004.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1979. 264p.

KNIGHTS, S. E. Crambe: A North Dakota Case Study, 25 p. 2002.

LANZANOVA, M. E. Atributos físicos de um Argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1333-1342, 2010.

LEITE, L.F.C.; FREITAS, R. de C.A.; SAGRILO, S.; GALVÃO, S.R. da S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.29-35, 2010.

LUNELLI I. E. **Efeitos de arranjos nutricionais de NPK na produtividade de grãos e rendimento de óleo da cultura do crambe**. 40 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Cascavel, PR., fev. 2011.

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In.: Antonio José Teixeira Guerra; Antonio Soares da Silva; Rosângela Garrido Machado botelho (org). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 5 ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2010. p. 301-322.

MARTIN, T. N. et al. Fitomorfologia e produção de cultivares de trigo duplo propósito em diferentes manejos de corte e densidades de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.8, p.1695-1701, agosto de 2010.

MORI C. D.; FONTANELI, R. S.; SANTOS H. P. **Sistemas de produção com rotação de culturas e pastagens anuais de inverno**, 2007, Passo Fundo, RS. Acessado em 20 de agosto de 2013. Disponível em http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do90_5.htm.

MUZILLI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 100, p. 6-10, 2002.

OLIVEIRA, A.R. e FREITAS, S.P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1079-1087, 2002.

OPLINGER, E. S.; OELKE A. R., KAMINSKI A. R.; PUTNAM D. H.; TEYNOR T. M.; DOLL J. D.; KELLING K. A.; DURGAN B. R.; NOETZEL D. M. Crambe: alternative field crops manual. Purdue University, 1991. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>. Acesso em: 16 mai. 2013.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.7, p.815-823, jul. 2008.

PACHECO, L.P.; BARBOSA, J.M.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O. de A.; ASSIS, R.L. de; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.1787-1799, 2011.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S.; TURATTI, A.L. & CRESTANA, S. Sistemas de cultivo de arroz irrigado e a compactação de um Planossolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p.709-715, 2001.

PITOL, C. Cultura do Crambe. Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno. Maracaju: Fundação MS, 2008. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/request.php?51> Acesso em: 06 de fev. 2011.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracaju: Fundação MS, 2010.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Viçosa, v.35, p.1349-1358, 2000.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C. & ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, p.1805-1816, 2008.

RICHART, A. et al. Compactação de solo: causas e efeitos. **Semina Ciência Agrária**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, OR; LLANILLO, RF & FERREIRA, R. Compactação fazer sozinho: Causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, p. 321-344, 2005.

RIOS, M. Nabo forrageiro é opção na reforma de canaviais. Anuário JornalCana: Produção, Dados & Notícias. 2008. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br/noticia/Jornal-Cana/16252+Nabo-forrageiro-e-opcao-na-reforma-de-canaviais>>. Acesso em: 17 nov. 2013.

ROSCOE, R.; DELMONTES, A.M.A. Crambe é nova opção para biodiesel. *Agrianual* 2009. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 40-41.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.355-362, 2003.

SANTANA, C. T. C. DE. **Comportamento de milho (*Zea mays* L.) e propriedades físicas do solo, no sistema plantio direto, em resposta a aplicação de fertilizante organomineral**. 58p., 2012. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura)

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. (Coord.). **Cereais de inverno de duplo propósito para a integração lavoura-pecuária no sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 104 p.

SANTOS, M.L.; CARVALHO, M.P.; RAPASSI, R.M.A.; MURAIISHI, C.T.; MALLER, A. & MATOS, F.A. Correlação linear e espacial entre produtividade de milho (*Zea mays* L.) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto do Cerrado Brasileiro. **Acta Scientia Agronômica**, v.28, p.313-321, 2006.

SECCO, D.; DA ROS, C.O.; SECCO, J.K. & FIORIN, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.29, p.407-414, 2005.

SILVA, A. A. DA.; DA SILVA, P, R, F.; ARGENTA, E. S.; STRIEDERI, G. M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.928-935, jul-ago, 2007.

SILVA, L. e MUELLER, S. Avaliação de coberturas vegetais no solo sobre a incidência de plantas daninhas e na produtividade de tomate. *Ágora: Revista Divulg. Cient.*, **Mafra**, v. 17, n. 1, 2010.

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

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

SOUZA, L.S. VELINI, E.D.; MARTINS, D.; et al. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.4, p.657-668, 2006.

TFERNABERRI JR., V.; DALL AGNOL, M.; MONTARDO, D. P.; et al. Avaliação agrônômica de linhagens de aveia-branca em duas regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.1, p.41-51, 2012.

TORMENA, C. A. et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

TRINDADE, E. F. S.; VALENTE, M. A.; MOURÃO JR., M. Propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas de manejo da capoeira no nordeste paraense. **Agroecossistemas**, v. 4, n. 1, p. 50-67, 2012.

VALLE, P. W. D. P. A. D. **Produção de biodiesel via transesterificação do óleo de nabo forrageiro**. 2009. 183 p. Tese (Doutorado em Ciências - Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

WENDT, W. et al. **Manejo na cultura do trigo com finalidade de duplo propósito forragem e grãos**. Pelotas, RS: Embrapa, 2006. (Comunicado técnico. n.141).

CAPÍTULO 2

PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB SISTEMAS DE MANEJO APÓS DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO SUCEDIDAS PELA CULTURA DA SOJA

Resumo

O objetivo da realização deste estudo foi verificar a influência de culturas de inverno, sob sistemas de manejo químico (glifosato) e mecânico (rolo faca), sobre as propriedades físicas do solo e produtividade da soja. O experimento foi conduzido a campo sob o delineamento de blocos ao acaso em esquema de faixas, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro diferentes culturas de inverno (aveia IPR 126, crambe FMS Brilhante, Nabo forrageiro cultivar comum e trigo BRS Tarumã) e por dois manejos (químico e mecânico). As propriedades do solo (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade) foram determinadas através da coleta de anéis volumétricos, nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm de profundidade. A resistência à penetração foi determinada com o auxílio de um penetrômetro de impacto até a profundidade de 30 cm. A colheita da soja foi realizada no dia 12/03/13, sendo as avaliações realizadas após o manejo das culturas de inverno e após a colheita da cultura da soja. Foi verificado efeito da interação entre as culturas de inverno e os sistemas de manejo nos valores da macroporosidade na camada superficial de 0 – 10 cm do solo. Quanto aos valores obtidos para a resistência à penetração do solo, verificou-se que a aveia (0,91 Mpa) e o crambe (1,43 Mpa) resultaram em diferenças significativas, na camada de 0 – 5 cm de profundidade. As diferentes culturas de inverno e os manejos não afetaram o rendimento da soja.

Palavras chave: Plantio direto, compactação, sistemas conservacionistas, estrutura do solo.

PHYSICAL ATTRIBUTES OF AN OXISOL UNDER TILLAGE SYSTEMS AFTER CULTIVATION OF DIFFERENT WINTER CROPS SUCCEEDED BY SOYBEAN

Abstract

The objective was to verify the influence of winter crops under management mechanical (roller knife) and chemical (glyphosate), on soil physical properties and yield of soybeans. The experiment was carried out at the field under randomized block design in tracks scheme. The treatments consisted of four different winter crops (oats IPR 126, wheat BRS Tarumãt crambe FMS Bright and forage turnip cultivar common) in tracks A and management different (chemical and mechanical) in bands B. The soil properties (macroporosity, microporosity, total porosity and density) were determined by collecting soil core in layers 0-10 cm and 10-20 cm depth, penetration resistance was determined with the aid of a penetrometer impact to a depth of 30 cm. The soybean harvest was held on 03/12/13, collecting two lines of the floor area of each plot. The evaluations were carried out after the winter crop management and post-harvest of soybeans. Was no significant difference in the interaction of the factors to the values of the porosity in the layer 0-10 cm of soil. As to the values obtained for the penetration resistance of the soil, it was found that the oat (0.91 MPa) and crambe (1.43 MPa) provided significant differences in the layer 0-5 cm depth, after the cycle of winter crops. Winter crops and different managements not affect soybean yield.

Key-words: Plantation direct, compaction, conservation systems, soil structure.

2.1 Introdução

A adoção de tecnologias fundamentadas em bases conservacionistas como o sistema plantio direto e o uso de culturas de inverno são alternativos para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (BOER et al., 2007). O sucesso do sistema está no fato de as palhadas acumuladas por culturas de cobertura e restos culturais de lavouras comerciais criarem ambientes favoráveis à recuperação e à manutenção da qualidade do solo (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006). Estes sistemas de manejo conservacionistas do solo podem possibilitar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas, controle eficiente da erosão e adequada conservação do solo e da água, devido à minimização dos efeitos erosivos (BRANCALIÃO e MORAES, 2008).

De maneira geral, os solos quando em seu estado natural, sob vegetação apresentam características físicas, como permeabilidade, estrutura, densidade do solo e espaço poroso, agronomicamente desejáveis. Nessa situação, o volume de solo explorável pelas raízes é grande. Entretanto, à medida que os solos vão sendo trabalhados consideráveis alterações físicas vão ocorrendo (ANDREOLLA et al., 2000). De forma que, os sistemas de manejo do solo convencionais, quando adotados de forma contínua, proporcionam, ao longo do tempo, alterações nas propriedades físicas (SILVA et al., 2008).

A estrutura do solo é uma das propriedades mais importantes para a adaptação das espécies, e é por meio de suas propriedades físicas que pode ser feito o seu monitoramento, como por exemplo densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade de agregados, resistência do solo, permeabilidade, entre outros. Estas propriedades podem ser utilizados como indicadores de adensamento, encrostamento, susceptibilidade à perda da produtividade, degradação ambiental e principalmente a compactação (LAURINDO et al., 2009).

A compactação do solo refere-se ao processo que descreve o decréscimo de volume de solos não saturados quando uma determinada pressão externa é aplicada (REINERT et al., 2008). O processo de compactação do solo, ao aumentar a sua densidade e a sua resistência mecânica à penetração (RP), bem como ao reduzir o volume de macroporos, a capacidade de infiltração de água, a aeração e a condutividade hidráulica afeta o desenvolvimento radicular, resultando na diminuição da produtividade das culturas (BEUTLER et al., 2005).

Para a descompactação do solo a utilização de espécies de culturas de inverno, sobretudo com a utilização da rotação de culturas em espécies com sistema radicular bastante agressivo, faz-se necessário, pois além da proteção da superfície do solo com a presença de resíduos vegetais, as raízes dessas espécies irão se decompor, deixando canais que

proporcionarão o aumento do movimento de água e a difusão de gases (MULLER; CECCON; ROSOLEM, 2001). Segundo Capeche, Macedo e Melo (2008), os benefícios das culturas de inverno podem ser ainda complementados, como na manutenção de elevadas taxas de infiltração de água pelo efeito combinado do sistema radicular e da cobertura vegetal; promoverem grande e contínuo aporte de massa vegetal ao solo, de maneira a manter, ou até mesmo elevar o teor de matéria orgânica; atenuarem a amplitude térmica e diminuir a evaporação.

O monitoramento da qualidade do solo por meio das propriedades físicas é necessário e quando realizado por meio de experimentos de duração contínua sob sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas demonstra-se eficiente. Embora já existam pesquisas relacionadas ao plantio direto no estado do Paraná é importante testar este fator associado com coberturas de inverno e manejos verificando e monitorando as propriedades físicas do solo (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade) sob os efeitos do cultivo de aveia branca IPR 126, crambe, nabo forrageiro e trigo duplo propósito BRS Tarumã, em função de manejos mecânico e químico sucedido pela cultura da soja.

2.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental “Professor Antonio Carlos dos Santos Pessoa” (latitude 24° 33' 22" S e longitude 54° 03' 24" W, com altitude aproximada de 400 m) na Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon, em LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe) (EMBRAPA, 2006). Os cultivos antecedentes na área constituíam no sistema de plantio direto. Na Tabela 1, estão descritas as características químicas e físicas da área antes da instalação do experimento. Devido aos baixos valores do V% (percentagem de saturação por bases) foi realizada calagem 30 dias antes da semeadura na dosagem de 2 Mg ha⁻¹ (PRNT 80 %) para elevá-lo a 70 %.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (0 - 10; 10 - 20 cm), na área experimental, antes da implantação das culturas de inverno, em Marechal Cândido Rondon em março de 2012.

Características químicas do solo												
Camada	P	MO	pH	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	
cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----								%
0-10	24,49	32,64	4,55	9,40	0,46	0,53	4,56	1,54	6,63	16,02	41,66	
10-20	25,86	32,64	4,65	8,62	0,34	0,44	5,32	1,67	7,42	16,04	46,32	

Características físicas do solo							
Camada	Macroporos	Microporos	Porosidade do solo	Densidade do solo	Areia	Silte	Argila
(cm)	----- m ⁻³ m ⁻³ -----		-----	Mg m ⁻³	----- g kg ⁻¹ -----		
0-10	0,08	0,45	0,54	1,29	52,52	266,48	681,00
10-20	0,10	0,43	0,53	1,29	49,39	199,11	751,50

Os valores da resistência à penetração na camada de 0 a 35 cm, antes da instalação dos tratamentos estão apresentados na Figura 1.

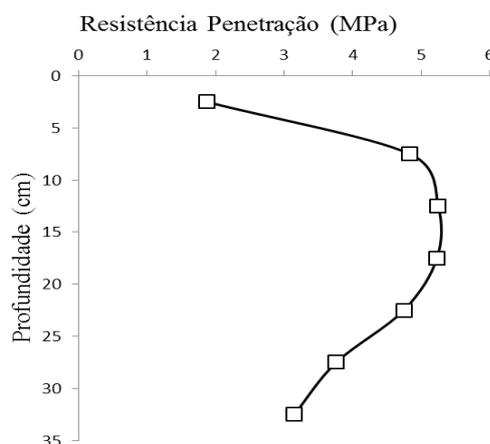


Figura 1 – Resistência do solo à penetração (MPa), na camada de 0 a 35 cm de profundidade, antes da implantação das culturas de inverno, em Marechal Cândido Rondon (em março de 2012).

A área de realização do experimento vem de um histórico em que por um período de quatro anos, tradicionalmente, foram cultivados o milho safrinha (para produção de silagem) na entressafra e a soja como cultura de verão. Estes cultivos sempre foram realizados sob o sistema de plantio direto.

O clima local, classificado segundo Koppen, é do tipo Cfa, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18°C, do trimestre mais quente entre 28 e 29°C, por sua vez, a temperatura anual variou entre 22 e 23 °C. Os totais anuais

médios normais de precipitação pluviométrica para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais entre 400 a 500 mm (IAPAR, 2006). Os dados climáticos do período experimental foram obtidos na estação climatológica automática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, distante cerca de 100 m da área experimental e são apresentados na Figura 2.

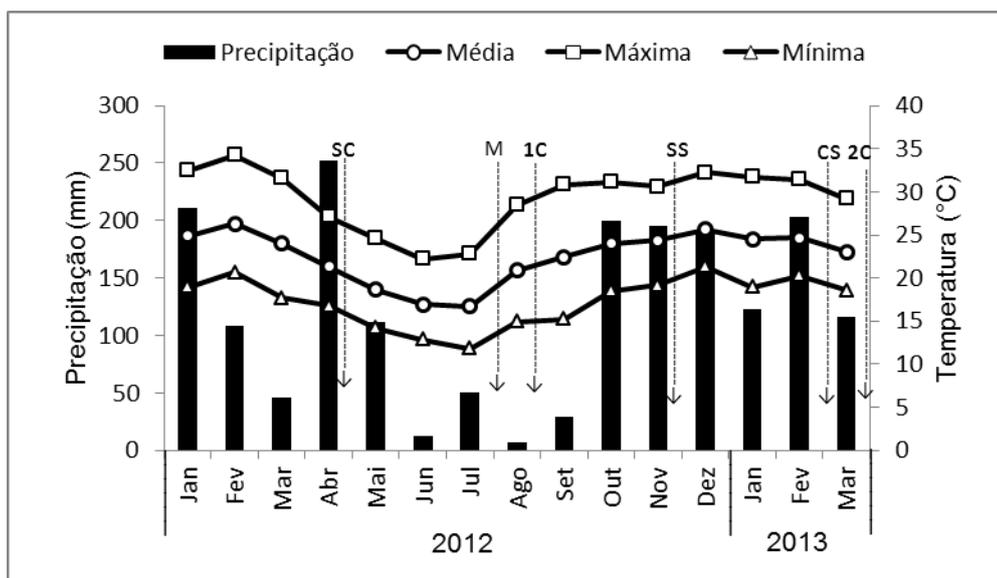


Figura 2: Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. SC: semeadura das culturas de inverno. M: realização dos manejos das culturas de inverno. 1C: primeira coleta de dados. SS: semeadura da soja. CS: colheita da soja. 2C: segunda coleta de dados. Fonte: Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon-PR.

O experimento foi iniciado no outono-inverno de 2012, sendo que, a área foi dessecada 30 dias antes da semeadura, utilizando-se glifosato-sal de isopropilamina na dose de 3,0 L ha⁻¹ com volume de calda de 250 L ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de faixas, com três repetições. Nas faixas A (5 x 40 m), foram alocadas quatro culturas de inverno (aveia IPR 126, crambe FMS Brilhante, Nabo forrageiro cultivar comum e trigo BRS Tarumã). Nas faixas B (20 x 23 m), foram alocados os manejos das culturas de inverno (químico com glifosato-sal de isopropilamina e mecânico utilizando-se rolo faca). As parcelas foram formadas pela combinação das faixas A e B (5 x 20 m), cada bloco possuía uma área de 920 m² (23 x 40 m).

Durante o desenvolvimento das culturas não foi realizada nenhuma aplicação de herbicida. As culturas de inverno foram semeadas no dia 19/04/12, com semeadora adubadora, acoplada a trator, no sistema de semeadura direta sobre palhada de milho. Foram

utilizados 60 kg ha⁻¹ de sementes de aveia, 15 kg ha⁻¹ de sementes de crambe, 15 kg ha⁻¹ de sementes de nabo forrageiro e 90 kg ha⁻¹ de sementes de trigo, com 0,17 m entre linhas. A adubação para a cultura da aveia, do crambe, do nabo forrageiro e do trigo, foi realizada de acordo com a CQFS-SC (2004). Para a correção da fertilidade do solo foram utilizados 200 kg ha⁻¹ de um formulado 8-20-20 (N, P₂O₅ e K₂O respectivamente). As adubações em cobertura foram realizadas utilizando-se 90 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia.

O manejo foi realizado 90 dias após a semeadura, sendo o mecânico realizado com rolo faca e químico com a aplicação de herbicida glifosato-sal de isopropilamina 480 g L⁻¹ na dose de 3,0 L ha⁻¹, com um volume de calda de 250 L ha⁻¹.

Após trinta dias do manejo das culturas foi realizada a primeira coleta para determinação das propriedades físicas do solo.

A semeadura da cultura da soja utilizando-se o cultivar de soja BMX Potencia RR, foi realizada no dia 22/11/12. A área foi previamente dessecada utilizando-se glifosato-sal de isopropilamina na dose de 3,0 L ha⁻¹ com volume de calda de 250 L ha⁻¹. Para a adubação de base foi utilizado 347 kg ha⁻¹ de um formulado comercial 2-20-20 (N, P₂O₅ e K₂O), sendo realizada com base na análise química do solo (SFREDO, 2008). As sementes foram tratadas com fungicidas Carbendazim (150 g L⁻¹) + Tiran (350 g L⁻¹) 2 ml Kg de semente⁻¹, inseticida Fipronil (250 g L⁻¹) 0,8 ml Kg de semente⁻¹ e inoculadas com *Bradyrhizobium*. O espaçamento, bem como a densidade de semeadura, foram realizados de acordo com a recomendação para o cultivar (BRASMAX, 2012).

Para a semeadura foi utilizado uma semeadora adubadora acoplada a um trator, com as sementes depositadas a uma profundidade de média de 4 cm. Durante o ciclo de desenvolvimento da cultura foram realizadas aplicações de fungicidas (triazol) na dose de 0,65 L ha⁻¹ com volume de calda de 250 L ha⁻¹ e (estrobilurina + triazol) na dose de 0,30 L ha⁻¹ com volume de calda de 250 L ha⁻¹ do produto comercial. A colheita da soja foi realizada no dia 12/03/13, coletando-se duas linhas da área útil de cada parcela, que totalizavam 0,90 m² com isso foram estimadas a quantidade produzida por hectare. Para a determinação do peso de mil sementes e produtividade da soja foi realizada a trilha do material com batedor de culturas tratorizado. Após a trilha, determinou-se o peso de mil sementes de acordo com Brasil (1992), e a produtividade (kg ha⁻¹), com descontos de impureza e umidade.

Aos 15 dias após a colheita da soja foram coletados os anéis volumétricos para a determinação dos parâmetros físicos do solo assim como, realizadas as determinações de resistência do solo a penetração.

A determinação da resistência à penetração e das demais propriedades físicas do solo foi realizada conforme Embrapa (1997). As amostras foram coletadas em um ponto em cada parcela, utilizando-se anéis metálicos com volume interno aproximado de 50 cm³, introduzidos verticalmente no perfil do solo, na camada 0 a 10 cm e na camada de 10 a 20 cm, 30 dias após os manejos das plantas de cobertura e aos 15 dias após a colheita da soja. As análises físicas como macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da UNIOESTE *campus* de Marechal Cândido Rondon.

A determinação da resistência do solo à penetração foi realizada com a utilização de um penetrômetro de impacto modelo Stolf, com agulha de cone de ponta fina (60°), em três pontos em cada parcela. Para minimizar diferenças de umidade do solo entre os tratamentos e entre as profundidades, realizou-se a avaliação três dias após uma precipitação. Os pontos foram tomados aleatoriamente, até 30 cm de profundidade, sendo os dados obtidos no campo na unidade de impactos/decímetro transformados em MPa, utilizando a equação descrita por STOLF (1991):

$$RP = \frac{M + m + \left(\frac{M}{M + m} \frac{Mgh}{x} \right)}{A}$$

em que:

RP - resistência à penetração, kgf cm⁻²;

M - massa do êmbolo;

m - massa do aparelho sem êmbolo;

h - altura de queda do êmbolo;

x - penetração da haste do aparelho, cm impacto⁻¹;

g: aceleração da gravidade;

A - área do cone.

Os valores de RP (kgf cm⁻²) foram multiplicados pelo fator 0,098 para transformação da RP em MPa.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do programa SISVAR (FERREIRA, 2011), e as médias comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.3 Resultados e Discussão

Não houve diferença ($p > 0,05$) para valores médios de macroporosidade,

microporosidade, porosidade total e densidade na camada de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, em função dos fatores estudados após os manejos das plantas de cobertura (Tabela 2). Assim como não ocorreu interação significativa entre as culturas e os manejos comportando-se de forma independente. Com relação aos resultados obtidos após a colheita da cultura da soja verificou-se significância entre os fatores, para os valores da macroporosidade na camada superficial de 0 – 10 cm do solo (Tabela 3). Para as demais características físicas do solo (microporosidade, porosidade total e densidade) os valores médios obtidos foram semelhantes, não demonstrando influencia sofrida pelos tratamentos aplicados. Não havendo assim, possibilidades de diferenciar as espécies mais efetivas, assim como os manejos mais eficientes, na melhoria das propriedades físicas do solo.

Tabela 2: Valores de F calculado para as propriedades do solo na camada de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, após os manejos das culturas de inverno.

Fonte de Variação	GL	Macroporosidade		Microporosidade		Porosidade Total		Densidade do Solo	
		0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
Bloco	2	0,690	0,870	0,360	4,060	0,020	0,080	0,760	0,690
Cultura (C)	3	4,130	0,760	0,340	0,500	1,100	0,130	0,370	0,570
Resíduo 1	6	2,969	4,442	2,186	1,675	8,032	6,361	0,006	0,002
Manejo (M)	1	0,006	5,070	0,330	0,200	0,450	0,450	0,630	0,240
Resíduo 2	2	8,310	1,063	16,681	4,235	9,981	4,114	0,004	0,004
C X M	3	0,280	1,340	0,350	1,320	2,720	8,050	0,860	1,780
Resíduo 3	6	5,926	3,321	2,777	1,621	1,263	0,999	0,004	0,002
CV 1 (%)		20,330	27,920	5,770	3,040	5,410	5,030	6,290	3,650
CV 2 (%)		34,010	13,660	9,300	4,830	6,030	4,050	4,950	4,870
CV 3 (%)		28,720	24,140	3,790	2,990	2,140	1,990	5,000	3,330

CV 1: Coeficiente de variação para as culturas; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para as culturas com os manejos.

Esperava-se que as diferentes culturas de inverno promovessem alterações nas características físicas do solo, pois o sistema radicular das culturas exige um suprimento adequado de oxigênio para manter seu funcionamento fisiológico, uma vez que, suas raízes realizam trocas gasosas por meio de um sistema poroso que também deve assegurar um suprimento adequado de nutrientes e água (TORRES e SARAIVA, 1999). Outros autores

sugerem que sistemas de manejo adequados de solo sob rotação de culturas devem amenizar a compactação e degradação do solo e agir no sentido de restaurar a estrutura do solo, alterando o arranjo de agregados e, por conseguinte, as mudanças na porosidade (COLLARES 2005; REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2003). Todavia os resultados obtidos são semelhantes aos encontrados por Sanchez (2012), que avaliando a influência nas propriedades físicas do solo pelas culturas de inverno observou que a utilização dessas plantas, no seu primeiro ciclo de cultivo, não promoveram alterações na densidade do solo, microporosidade, porosidade total, entretanto, na camada de 0,10 a 0,20 m foram verificados maiores valores de macroporosidade nos tratamentos de aveia e azevém.

Tabela 3: Valores de F calculado para as propriedades do solo na camada de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, após a colheita da cultura da soja.

Fontes de Variação	GL	Macroporosidade		Microporosidade		Porosidade Total		Densidade do Solo	
		0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
Bloco	3	1,250	0,840	0,570	0,350	1,560	1,840	4,320	0,500
Cultura (C)	2	1,670	0,680	0,410	0,690	0,990	0,880	0,140	0,770
Resíduo 1	6	3,324	11,518	10,483	13,432	8,689	2,765	0,014	0,016
Manejo (M)	2	3,620	1,350	1,470	1,030	0,930	1,260	3,570	0,450
Resíduo 2	6	0,314	12,860	5,467	5,943	3,264	2,496	0,001	0,005
C X M	4	0,80*	0,340	0,990	1,510	1,880	1,660	2,180	0,550
Resíduo 3	12	3,670	6,850	2,647	15,148	3,513	12,138	0,010	0,004
CV 1 (%)		28,300	49,480	7,190	8,520	5,730	3,340	9,220	9,460
CV 2 (%)		8,690	52,280	5,190	5,670	3,510	3,170	1,940	5,160
CV 3 (%)		29,740	38,160	3,610	9,050	3,640	6,990	7,620	4,810

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as culturas; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para as culturas com os manejos.

Os valores encontrados (Tabela 3) demonstram que foi pequena a variação entre os resultados. Esses resultados corroboram com o estudo realizado por Bertol et al. (2004), em que os autores não observaram variação nas propriedades físicas do solo pelo uso de diferentes sistemas de cultivo, compreendido como rotação e sucessão com culturas de cobertura em um ciclo de produção, concluindo que seria necessário realizar experimentos por

período de tempo mais longo para poder verificar os resultados da ação das plantas sobre as propriedades físicas do solo.

2.3.1 Macroporosidade

Para os valores de macroporosidade obtidos na camada de 0 – 10 cm após a realização dos manejos das culturas de inverno não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos e o mesmo ocorreu na camada de 10 – 20 cm. Os maiores valores de macroporosidade obtidos na avaliação após a realização do manejo das culturas, foram encontrados para a cultura do trigo na camada de 0 – 10 cm ($0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) quando utilizado o manejo mecânico. E para a camada de 10 – 20 cm os maiores valores encontrados foram para a cultura do trigo ($0,09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) juntamente com a cultura do nabo (Tabela 4).

Tabela 4: Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade para as culturas de aveia, crambe, nabo forrageiro e trigo, após serem submetidas aos manejos mecânico e químico na camada de 0 – 10 cm e na camada de 10 – 20 cm do solo.

CAMADA 0 – 10 cm								
Cultura	Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)		Microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)		Porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)		Densidade (mg m^{-3})	
	Manejo		Manejo		Manejo		Manejo	
	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico
Aveia	0,06	0,06	0,43	0,45	0,49	0,52	1,23	1,23
Crambe	0,09	0,08	0,43	0,45	0,53	0,53	1,19	1,19
Nabo	0,08	0,09	0,43	0,43	0,51	0,52	1,18	1,23
Trigo	0,10	0,09	0,43	0,43	0,53	0,53	1,15	1,16
CAMADA 10 – 20 cm								
Cultura	Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)		Microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)		Porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)		Densidade (mg m^{-3})	
	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico
Aveia	0,07	0,06	0,42	0,43	0,49	0,49	1,29	1,29
Crambe	0,06	0,07	0,42	0,43	0,48	0,51	1,31	1,26
Nabo	0,09	0,06	0,42	0,41	0,52	0,48	1,24	1,28
Trigo	0,09	0,07	0,41	0,43	0,50	0,50	1,25	1,31

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, em cada característica, não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Para os valores encontrados de macroporosidade após a colheita da soja, as culturas que se destacaram foram o nabo forrageiro na camada de 0 – 10 cm ($0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) no manejo mecânico e o crambe nesta mesma camada com o uso do manejo químico ($0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). Estas mesmas culturas apresentaram maiores valores ($0,09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) também na camada de 10 – 20 cm (Tabela 5). Acredita-se que quanto a macroporosidade o trigo apresentou maiores

resultados pois é de ciclo longo e com o manejo mecânico pode ter sofrido um estímulo para rebrote e enraizamento.

Os macroporos estão relacionados com processos vitais para as raízes das plantas, tais como respiração, devendo, portanto, serem manejados visando à sua manutenção e preservação (AITA e GIACOMINI, 2006). Considerando os valores ideais para o pleno desenvolvimento das plantas, que varia de 0,07 a 0,17 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ (DREWRY et al. 2003), em todas as camadas, os valores de macroporosidade (Tabela 4 e Tabela 5) encontrados (média de 0,06 $\text{m}^3 \text{dm}^{-3}$) são considerados baixos o que aumenta o risco de déficit de O_2 às raízes e reduz a continuidade de poros e a permeabilidade do solo (LANZANOVA et al., 2007).

A redução da macroporosidade em sistemas de produção agrícola tende a refletir negativamente, diminuindo a porosidade total e aumentando a densidade de solo (REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2003). Segundo Beutler e Centurion (2003), a quantidade de macroporos influencia no crescimento das raízes e na absorção de água e nutrientes, e sua redução induz ao crescimento lateral de raízes, que diminuem seu diâmetro a fim de penetrarem nos poros menores.

Tabela 5: Macroporosidade, microporosidade, densidade e porosidade total para as culturas de aveia, crambe, nabo forrageiro e trigo na camada de 0 a 10 cm e na camada de 10 a 20 cm do solo após a realização da colheita da soja.

CAMADA 0 – 10 cm								
Cultura	Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		Densidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	
	Manejo		Manejo		Manejo		Manejo	
	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico
Aveia	0,05	0,04	0,43	0,46	0,48	0,51	1,26	1,3
Crambe	0,06	0,07	0,43	0,44	0,49	0,51	1,38	1,21
Nabo	0,07	0,06	0,45	0,45	0,53	0,52	1,20	1,30
Trigo	0,07	0,05	0,45	0,46	0,52	0,51	1,30	1,25
CAMADA 10 – 20 cm								
Cultura	Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		Densidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	
	Manejo		Manejo		Manejo		Manejo	
	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico	Mecânico	Químico
Aveia	0,05	0,07	0,44	0,43	0,5	0,51	1,31	1,3
Crambe	0,09	0,05	0,38	0,44	0,47	0,5	1,34	1,35
Nabo	0,09	0,05	0,43	0,41	0,52	0,47	1,25	1,34
Trigo	0,06	0,04	0,43	0,44	0,49	0,49	1,36	1,36

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, em cada característica, não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Carter (1990), observou que macroporosidade entre os valores de 0,12 a 0,14 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ são adequados para a aeração do solo e para a produção de grãos. Normalmente a macroporosidade também aumenta com a agregação do solo e com o tamanho dos agregados (PROFFITT et al., 1993). O menor volume de macroporos, com conseqüente maior volume de microporos na superfície do solo, no plantio direto, pode reduzir a taxa de infiltração de água neste sistema de manejo, em relação ao preparo convencional de solo (BERTOL et al., 2004).

Com o objetivo de avaliar as propriedades físicas do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto, Jesus (2006), verificou em todos os tratamentos, inclusive no maior período de pastejo, a macroporosidade próxima de 0,10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, nível considerado crítico para as trocas gasosas. Spera et al. (2009), verificaram diferenças entre as profundidades, nos diferentes manejos do solo, para a macroporosidade, esta que na camada de 0 a 5 cm foi maior que na camada de 10 a 15 cm. A redução da macroporosidade, na camada logo abaixo da superficial, pode ser conseqüência de menor nível de matéria orgânica em subsuperfície.

2.3.2 Microporosidade

Com relação à microporosidade, em geral não houve diferença significativa ($p > 0,05$), assim como os diferentes manejos também não influenciaram nos resultados. No manejo mecânico os valores estabeleceram-se com uma média de 0,43 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, e no manejo químico com uma média de 0,44 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, na camada de 0 – 10 cm na avaliação realizada após o manejo das culturas. O mesmo ocorreu para a camada de 10 – 20 cm desta mesma avaliação em que a média manteve-se em 0,42 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, tanto para o manejo mecânico quanto para o manejo químico, não diferenciando-se também entre as culturas (Tabela 4).

Para a avaliação realizada após a colheita da soja, na camada de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, os valores não demonstraram diferenças entre si. As culturas com maior destaque foram as culturas da aveia (0,46 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e do trigo (0,46 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) no manejo químico na camada de 0 – 10 cm. Na camada de 10 – 20 cm se sobressaíram a cultura da aveia no manejo mecânico e as culturas do crambe e do trigo no manejo químico com a média de 0,44 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para cada uma dessas culturas (Tabela 5).

Pode-se inferir que o solo ideal é aquele com valores de 0,10 a 0,16 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para macroporosidade, de até 0,33 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para microporosidade e de aproximadamente 0,50 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para porosidade total do solo (KIEHL, 1979). Assim, os valores de microporosidade neste

trabalho, praticamente em todas as camadas estudadas, estão acima das condições ideais. O volume de microporos relativamente alto, presente em todos os tratamentos estudados indica a possibilidade de ocorrência de capilaridade no solo (BERTOL et al., 2004). A microporosidade está relacionada com o armazenamento de água no solo, influenciando o desenvolvimento das plantas especialmente nas épocas críticas de disponibilidade hídrica (VEIGA, 2005). Este fator agiu como suprimento no estabelecimento inicial das culturas de inverno, uma vez que nesta época de desenvolvimento a ocorrência de precipitação foi reduzida em relação aos meses subsequentes, como pode ser observado na Figura 2.

Bertol et al. (2004), verificaram uma microporosidade maior sob plantio direto, em comparação aos preparos convencionais de solo, na camada de 0 a 10 cm. Para Albuquerque, Sangoi e Ender (2001), o aumento da microporosidade pode ser considerado um reflexo da redução da estruturação e atribuído à redução no volume de macroporos, o que torna prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2008), que avaliando sistemas de manejo do solo em sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo, verificaram que a microporosidade não foi afetada, independentemente da camada estudada.

2.3.3 Porosidade Total

Como não houve diferença para os valores de macroporosidade e microporosidade, a porosidade total não foi afetada (Tabela 4). Alterações na porosidade do solo limitam a absorção de nutrientes, a infiltração e a redistribuição de água, as trocas gasosas e o desenvolvimento radicular (BICKI e SIEMENS, 1991).

Considerando que o solo ideal deve apresentar aproximadamente $0,50 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para porosidade total do solo (KIEHL, 1979), os resultados encontrados para este fator são considerados ideais ou muito próximos ao ideal. Na avaliação realizada após o manejo, as médias das diferentes culturas na camada de 0 – 10 cm consistiram em $0,51 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para o manejo mecânico e para o manejo químico obteve-se uma média de $0,52 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$. Na camada de 10 – 20 cm as médias das culturas de inverno foram de $0,50 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ quando utilizado o manejo mecânico e $0,49 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ quando utilizado o manejo químico (Tabela 4).

Para a avaliação realizada após a colheita da cultura da soja, os valores de porosidade total estabeleceram-se na média de $0,51 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ na camada de 0 – 10 cm tanto no manejo mecânico quanto para o manejo químico. Na camada de 10 – 20 cm os valores foram de $0,50 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ e $0,49 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para os manejos mecânico e químico respectivamente (Tabela 5). Estes

resultados são semelhantes aos obtidos por Sanchez (2012), que verificando as propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a culturas de inverno obtiveram na camada de 0 – 10 cm do solo, resultados que demonstram que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas na porosidade com médias que variaram entre 0,61 e 0,69 m^3m^{-3} , tendo um ciclo de culturas de coberturas de inverno, até o momento de seu florescimento, não produzindo nenhuma alteração nesta propriedade.

A porosidade é uma das propriedades físicas mais importantes a ser considerada na avaliação da qualidade estrutural do solo (HILLEL, 1998). O arranjo das partículas sólidas do solo, em vários tipos de agregados, forma a estrutura do solo, que apresenta porosidade (SANCHEZ, 2012). Para Reinert e Reichert (2006), a porosidade ($p > 0,05$) é responsável por um conjunto de fenômenos e desenvolve uma série de mecanismos de importância na física de solos, tais como a retenção e fluxo de água e ar.

2.3.4 Densidade do Solo

Os valores de densidade obtidos tanto para a camada de 0 – 10 cm quanto para a camada de 10 – 20 cm não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Para a avaliação realizada após o manejo das culturas os valores médios foram de 1,19 Mg m^{-3} e 1,20 Mg m^{-3} para os manejos mecânico e químico respectivamente na camada de 0 – 10 cm. E na camada de 10 – 20 cm as médias foram de 1,27 Mg m^{-3} para o manejo mecânico e 1,28 Mg m^{-3} para o manejo químico (Tabela 4). O mesmo ocorreu na avaliação realizada após colheita da soja, não houve diferença para densidade do solo (Tabela 5), em ambos os manejos e nas diferentes culturas, com uma média de 1,27 Mg m^{-3} para a profundidade de 0 – 10 cm e 1,32 Mg m^{-3} para a camada de 10 – 20 cm.

Os valores de densidade para todos os tratamentos estão bem abaixo dos níveis críticos. Para Reinert e Reichert (2001), os valores considerados ideais para o desenvolvimento das culturas são de aproximadamente 1,45 Mg m^{-3} para solos de textura argilosa. Reinert et al. (2008) em estudos com diferentes espécies de cobertura de inverno em Argiloso constataram que o crescimento radicular foi normal até o limite de densidade de 1,75 Mg m^{-3} . Solos com densidade elevada ocasionam restrições no crescimento radicular das culturas (SEIDEL et al., 2009) sendo que o sistema radicular concentra-se próximo a superfície (MULLER; CECCON; ROSOLEM, 2001). Entretanto, Argenton et al. (2005), constataram que em Latossolo Vermelho Argiloso, a deficiência de aeração inicia-se com

densidade do solo próxima de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$ enquanto Klein (2006), para mesma classe de solo, baseado no intervalo hídrico ótimo, observou que a densidade limitante foi de $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$.

A densidade do solo é uma importante propriedade física dos solos, por fornecer indicações a respeito do estado de sua conservação, sobretudo em sua influência nas propriedades como infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade deste solo aos processos erosivos, sendo muito utilizado na avaliação da compactação dos solos (GUARIZ et al., 2009). A densidade do solo aumenta quando os constituintes do solo ficam mais próximos uns dos outros e/ou as partículas menores ocupam os espaços vazios entre as maiores (SWEIGARD e BLUESTEIN, 2000). Em solo compactado, o número de macroporos é reduzido, os microporos são em maior quantidade e a densidade também é maior (JIMENEZ et al., 2008).

Com um estudo visando a obtenção das propriedades físicas do solo em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, Spera et al. (2009), em quatro anos (2001 a 2005) verificaram que ocorreram alterações significativas nas propriedades físicas dos solos entre os distintos tipos de manejo. No sistema plantio direto houve maior densidade de solo em comparação aos demais, principalmente na camada subsuperficial, e os sistemas de rotação de plantas não afetaram positivamente as características do solo, independentemente do tipo de manejo.

2.3.5 Resistência à penetração

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) da cultura sobre a resistência à penetração na camada de 0 – 5 cm de profundidade, após a colheita das culturas de inverno (Tabela 6). Nesta camada, os valores obtidos para a resistência a penetração do solo, demonstram que a aveia e o crumbe apresentaram diferenças significativas, oferecendo modificações para o solo nesta propriedade, com valores de 0,91 Mpa e 1,43 Mpa respectivamente, após a colheita das culturas de inverno. Esse efeito positivo da aveia, em diminuir a resistência do solo, também foi ratificado por Neiro et al. (2003), que avaliando a resistência do solo a penetração em um Latossolo Vermelho distroférrico, com rotação e sucessão de culturas, sob plantio direto verificaram que o tratamento com rotação de culturas (trigo/aveia/milho/soja) apresentou menores valores de resistência à penetração na camada de 15 a 20 cm. Este resultado obtido para a aveia deve-se, provavelmente, ao efeito positivo do sistema radicular da cultura da aveia, que atua realizando a escarificação biológica do solo, reduzindo a compactação do solo neste tratamento.

Tabela 6: Valores de F calculado para a resistência do solo a penetração após os manejos e após a colheita da cultura da soja.

APÓS OS MANEJOS							
Fonte de Variação	GL	Camadas (cm)					
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30
Bloco	2	0,820	0,280	0,570	3,010	2,520	1,970
Cultura	3	4,810*	1,360	0,210	0,670	0,710	0,720
Resíduo 1	6	0,058	0,409	1,456	0,654	0,929	0,671
Manejo	1	0,480	0,610	4,330	9,920	1,980	1,200
Resíduo 2	2	0,052	0,013	0,356	0,286	1,255	1,405
C X M	3	1,550	0,280	0,960	0,750	1,120	0,900
Resíduo 3	6	0,095	0,313	0,468	1,033	0,384	0,398
CV 1 (%)		19,850	20,340	31,890	19,540	24,890	24,990
CV 2 (%)		18,890	3,640	15,780	12,910	28,920	36,150
CV 3 (%)		25,440	17,810	18,700	24,560	16,000	19,240
APÓS A COLHEITA DA SOJA							
Fonte de Variação	GL	Camadas (cm)					
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30
Bloco	2	0,210	0,070	0,430	0,500	1,960	1,430
Cultura	3	0,190	0,660	1,720	0,980	1,080	0,990
Resíduo 1	6	0,271	1,377	0,557	0,920	0,779	2,291
Manejo	1	5,360	0,130	0,350	0,150	0,010	1,260
Resíduo 2	2	0,025	1,024	1,401	2,607	1,598	0,507
C X M	3	0,350	0,060	0,310	1,680	1,180	0,180
Resíduo 3	6	0,497	1,051	2,344	1,156	1,650	3,646
CV 1 (%)		44,170	39,140	18,770	23,820	21,610	36,070
CV 2 (%)		13,310	33,740	29,770	40,090	30,950	16,970
CV 3 (%)		59,790	34,190	38,510	26,690	31,450	45,500

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as culturas; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para as culturas com os manejos.

De acordo com USDA (1993), o valor considerado como limitante e causador de forte restrição ao crescimento radicular para muitas culturas anuais é 2,0 Mpa, porém pode variar segundo a textura e teor de matéria orgânica do solo. De Maria, Castro e Souza (1999), estudaram sistemas de preparo do solo (grade pesada e semeadura direta) e concluíram que houve compactação do solo entre 10 e 35 cm (2,09 e 1,86 MPa) e 10 e 20 cm (2,52 MPa) respectivamente, avaliada por meio da resistência do solo. Todavia, segundo Canarache (1990), apenas valores de resistência à penetração acima de 2,5 MPa prejudicam o crescimento das plantas, ou de 2,0 a 3,0 MPa limitam à produtividade da cultura da soja (Beutler et al., 2006).

Em estudo conduzido por Moreti et al. (2006), com objetivo de estudar a influência de diferentes sistemas de manejo no movimento de água e na resistência de um Latossolo Vermelho Eutroférico, concluíram que, para a resistência a penetração, não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados, que foram dois sistemas de semeadura (direta e convencional), antes e após a implantação de culturas de inverno, adubações orgânicas e minerais.

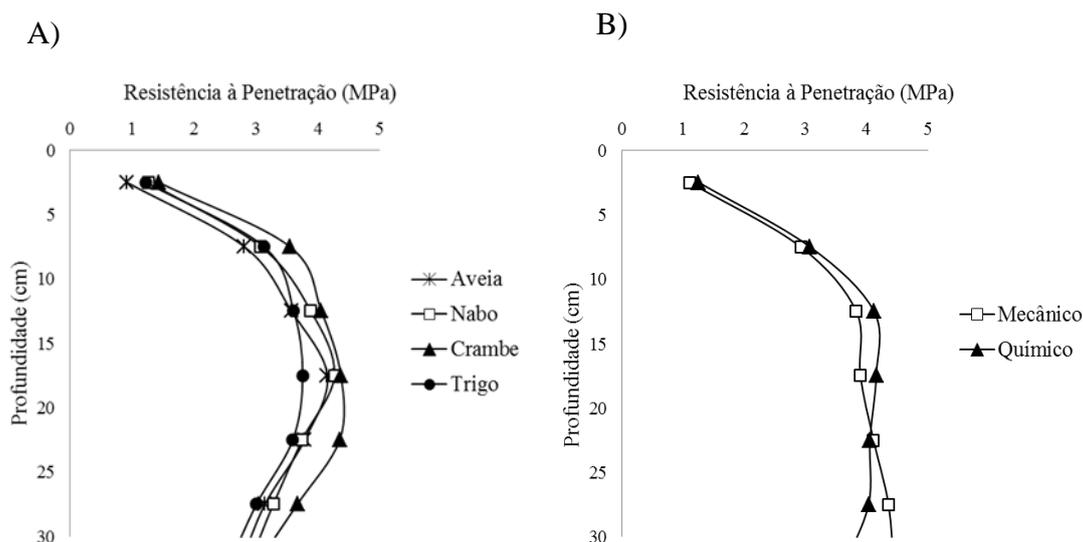


Figura 3: Resistência do solo à penetração (MPa), na camada de 0 a 30 cm de profundidade, após a colheita das culturas de inverno (A) e após a colheita da cultura da soja (B). Aveia, crambe, nabo e trigo: culturas de inverno. Manejos: Mecânico e Químico.

Genro Junior et al. (2004), verificaram a resistência à penetração em um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas, uma grande variação temporal e foi associada à variação da umidade do solo para cada condição de densidade do solo ou estado de compactação. Nesta mesma avaliação os autores obtiveram o maior estado de compactação do solo na camada em torno de 10 cm de profundidade e o menor na camada superficial, até 7 cm. Beutler e Centurion (2003), observaram que o diâmetro médio e a massa de matéria seca de raízes de soja aumentaram até um valor de resistência a penetração de 2,07 MPa e 1,99 MPa, respectivamente.

2.3.6 Peso de mil grãos e produtividade da soja

Ao ser avaliado o peso de mil grãos (Tabela 7), verificou-se que não houve diferença significativa entre os resultados, ou seja, as diferentes culturas de inverno e os diferentes manejos não influenciaram no peso de mil grãos da cultura da soja, ou seja, como não houve

alteração para a física do solo, também não foi alterada a absorção de água e nutrientes e não afetou a cultura da soja. As pequenas diferenças na macroporosidade não foram suficientes para afetar a massa de mil grãos e produtividade da soja. O peso de mil grãos é um dos fatores determinantes para alcançar boas produtividades, visto que essa variável está diretamente correlacionada com a produtividade. Essa variável pode ser utilizada para estimar se houve uma boa eficiência durante o processo de enchimento de grãos, além de expressar de forma indireta o tamanho dessas sementes e seu bom estado fisiológico, conforme abordado por Marques et. al., (2008).

Quanto à produtividade todos os manejos proporcionaram produtividades estatisticamente semelhantes, os resultados não diferiram significativamente (Tabela 7). Em um trabalho conduzido por Debiasi et al. (2010), avaliando a produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo, os autores verificaram que a maior produtividade da soja foi obtida nos tratamentos que possuíam culturas de inverno, fato que foi atribuído à melhor agregação do solo, resultante dos maiores teores de matéria orgânica do solo observados nesses tratamentos, bem como às melhores condições físicas da superfície do solo.

Tabela 7: Valores de produtividade (kg ha^{-1}) e peso de mil grãos (g) para a cultura da soja sob a influência das diferentes culturas de inverno e manejos empregados.

Cultura	Produtividade (kg ha^{-1})			Peso de mil grãos (g)		
	Manejo		Média	Manejo		Media
	Mecânico	Químico		Mecânico	Químico	
Aveia	1938,27	1918,00	1928,14a	117,02	111,14	114,08a
Crambe	2132,23	2007,61	2069,92a	108,32	114,28	111,30a
Nabo	2391,21	2503,58	2447,40a	115,75	127,79	121,77a
Trigo	1595,25	2629,38	2112,32a	103,50	119,53	111,52a
Média	2014,24A	2264,64A		111,15A	118,19A	

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, em cada característica, não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Todavia para este trabalho um único ciclo de cultivo de culturas de inverno não promoveu alterações na produtividade da soja. Maiores melhorias sobre a cultura da soja e até mesmo sobre as propriedades físicas do solo, pela influência das culturas de inverno, demandaria um período experimental maior para serem observadas, havendo a necessidade de outros ciclos de cultivo.

2.4 Conclusões

Nas condições estudadas verificou-se a interação entre os fatores (culturas x manejos) modifica a macroporosidade do solo na camada de 0 – 10 cm após a colheita do soja.

O uso de plantas de cobertura no inverno com manejos químico ou mecânico e cultivo da soja em sucessão não altera a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade, porém a aveia diminui a resistência a penetração.

A produtividade da soja não é afetada pelo cultivo das plantas de cobertura e manejos de inverno.

2.5 Referências Bibliográficas

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Gênese, 2006. p.59-80.

ALBUQUERQUE, J. A., SANGOI, L., ENDER, M. Efeitos da integração lavourapecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.3, p. 717-723, 2001.

ANDREOLLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n.4, p. 867-874, 2000.

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**, Viçosa, v. 29, n.3, p. 425-435, 2005.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J. e ZOLDAN JR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas as do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.1, p. 155-163, 2004.

BEUTLER A. N.; CENTURION, J. F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p.849-856, 2003.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G.; FERRAZ, M.V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n.6, p. 843-900, 2005.

BICKI, T. J; SIEMENS, J. C. Crop response to wheel trapnc soil compaction. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**. St. Joseph, v. 34, n. 3, p. 909-913, 1991.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; FILHO, A. C.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p.1269-1276, 2007.

BRANCALIÃO, S. R.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.1, p. 393-404, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Regras para Análise de Sementes. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV, 1992.

BRASMAX. CULTIVARES 2012. Disponível em <<http://www.brasmaxgenetica.com.br/producto.php?id=9&r=S>> Acesso em 23 jun 2013.

CAPECHE, C.L.; MACEDO, J.R.; MELO, A.S. Estratégias de recuperação de áreas degradadas. In: EMBRAPA. **Recuperação de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2008. p. 134-173. (Documentos, 103).

Caranache, A. (1990). Penetrometer - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, 16:51-70.

CARTER, M. R. Relationship of strength properties to bulk density and macroporosity and cultivated loamy sand to loam soils. **Soil and Tillage Research**, v. 15, n. 3, p. 257-268, 1990.

COLLARES, G. L. **Compactação em latossolo e argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas**. 2005. 107 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CQFSRS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos físicos e carbono orgânico de um argissolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.27, n.6, p.1105-1112, 2003.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA, D. H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 703-709, 1999.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O. KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.603-612, 2010.

DREWRY, J. J.; LITTLEJOHN, R. J.; SINGLETON, R. M.; MONAGHAM, R. M. ; SMITH, R. C. Dairy pasture responses to soil physical properties. **Australian Journal of Soil Research**. v. 42, p. 99-105, 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FLOWERS, M.D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollicochraqualf in northwest Ohio. **Soil & Tillage Research**, v. 48, p.21-35, 1998.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J. e REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo Argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 477-484, 2004.

GREACEN, E.L.; SANDS, R. Compaction of forest soils. A review. **Australian Journal of Soil Research**. v.18, p.163-189, 1980.

GUARIZ, H. R.; CAMPANHARO, W. A.; PICOLI, M. H. S.; CECÍLIO, R. A.; HOLLANDA, M. P. Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto **Anais...** Natal: INP, 2009, p. 7709-7716.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego, Academy Press, 1998. 769p.

IAPAR. 2006 Cartas climáticas do Paraná. Disponível em: http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificacao_Climaticas.html. Acesso em: 30 mai. 2013.

JESUS, C. P. **Atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto**. 2006. 46p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2006.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G.P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2. p.116-121, 2008.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**, São Paulo, Ceres, 1979, 215p.

KLEIN, V. A. Densidade relativa - Um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p. 26-32, 2006.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J .P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.1131-1140, 2007.

LAURINDO, M.C.O.; L.H.P. NÓBREGA; J.O.P.; D. MELO, É.L.LAURINDO. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.17, n.5, p. 367-374, 2009.

MARQUES, M. C.; BUENO, M. R.; FREITAS, M. C. M.; HAMAWAKI, O. T. Competição intergenotípica de soja em três épocas de semeadura em Uberlândia - MG. In: VIII Encontro interno e XII Seminário de iniciação científica. **Anais...** V Semana acadêmica, 2008, Uberlândia., 2008. p. 199-199.

MORETI, D.; ALVES, M. C.; PEROZINI, A. C.; PAZ GONZÁLEZ, A.; SILVA, E. C. Condutividade hidráulica e resistência à penetração do solo influenciadas por diferentes sistemas de manejo. **Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe**, Piracicaba, v.31, p. 29-42, 2006.

MULLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influencia 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**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 531-538, 2001.

NEIRO, E.S.; MATA, J.D.V.; TORMENA, C.A.; GONÇALVES, A.C.A.; PINTRO, J.C.; COSTA, J.M. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distroférico, com rotação e sucessão de culturas, sob plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 19-25, 2003.

PROFFITT, A. P. B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M. R.; EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red-Brown earth. **Australian Journal Agricultural of Soil Research**, v.44, p.317- 331, 1993.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v.27, n. 1, p.29-48, 2003.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. In.: CARLESSO, R.; PETRY, M. ; ROSA, G. & CERETTA, C.A. **Irrigação por Aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, 2001. p. 114-131.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18p.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32. n. 5, 1805-1816, 2008.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. 2012. 48p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

SEIDEL, E. P.; ABUCARMA, V. M.; BASSO, W. L.; GERHARDT, I. F. S.; Piano, J. T. Diferentes densidades de solo e o desenvolvimento de plântulas de milho. **Synergismus scientífica**, v.4, n. 1, p. 1-3, 2009.

SFREDO, G. J. **Calagem e adubação da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 12 p. (Circular Técnica 61).

SILVA, M. G.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.335-347, 2008.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A.; ÁVILA, A. Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.1079-1093, 2009.

STOLF, R. Teorias e testes experimentais de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.229-235, 1991.

SWEIGARD, R. J.; BLUESTEIN, P. **Use of field measurements to predict reforestation success.** University of Kentuchi, p.129-141, 2000.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja.** Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, 23).

United States Department of Agriculture - USDA, **Soil survey manual.** Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 1993. 437p. (Handbook, 18).

VEIGA, M. **Propriedades de um Nitossolo Vermelho após nove anos de uso de sistemas de manejo e efeito sobre culturas.** 2005. 110p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CAPÍTULO 3

LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS EM LATOSSOLO CULTIVADO COM DIFERENTES CULTURAS DE INVERNO EM FUNÇÃO DOS MANEJOS QUÍMICO E MECÂNICO

A realização deste trabalho teve o objetivo de identificar a composição florística de comunidades de plantas daninhas presentes em área agrícola, cultivada com culturas de inverno sob os manejos químico e mecânico. O trabalho foi desenvolvido em área experimental da Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon, em LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe), com delineamento de blocos casualizados em esquema de faixas, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro diferentes culturas de inverno (aveia IPR 126, crambe FMS Brilhante, Nabo forrageiro cultivar comum e trigo BRS Tarumã) e os diferentes manejos (químico com uso de glifosato-sal de isopropilamina e mecânico utilizando-se rolo faca). O experimento foi iniciado no período de outono-inverno, sendo que as culturas de inverno foram semeadas em abril de 2012 e os manejos realizados 90 dias após a semeadura. Para caracterização e estudo fitossociológico da comunidade infestante foi utilizado, como unidade amostral, um quadro vazado (0,50 x 0,50 m), lançado aleatoriamente dentro de cada parcela (método do quadrado inventário). As plantas daninhas foram identificadas e quantificadas, para determinação das seguintes características: densidade, frequência, abundância, densidade relativa, frequência relativa, abundância relativa e o índice de valor de importância (IVI). Foram identificadas 16 espécies de plantas daninhas na área, distribuídas em 11 famílias botânicas, destacando-se as famílias Poaceae e Asteraceae, O *Crambe abyssinica Hochst* apresentou a maior abundância relativa (56,36), devido a época de manejo, realizada praticamente no fim do ciclo da cultura, favorecendo o banco de sementes do solo. A presença de plantas daninhas no manejo químico foi menor quando comparada ao manejo mecânico.

Palavras chave: plantas invasoras, frequência, plantio direto na palha.

PHYTOSOCIOLOGICAL SURVEY OF WEEDS IN LATOSOL CULTIVATED WITH DIFFERENT WINTER CULTURES DUE TO MANAGERMENTS CHEMICAL AND MECHANICAL

The present research aimed to identify the floristic composition of weed communities present in the agricultural area, cultivated with winter cereals under managements chemical and mechanical. The study was conducted in the experimental area of the State University of West Paraná - Campus Rondon in EUTRUSTOX (LVe) with a randomized block design in split-tracks, with four replications. The treatments consisted of four different winter crops (oats IPR 126, crambe FMS Bright, BRS Tarumã wheat and forage turnip cultivar common) and different managements (chemist with glyphosate-isopropylamine salt and mechanical using knife roller). The experiment was initiated during autumn-winter, and that winter cereals were sown on april of 2012 and managements were performed 90 days after sowing. For characterization and phytosociological study of weed community was used as the sampling unit, a square leaked (0.50 x 0.50 m), launched randomly within each plot (inventory square method). Weeds were identified and quantified to determine the following characteristics: density, frequency, abundance, relative density, relative frequency, relative abundance and importance value index (IVI). We identified 16 weed species in the area, distributed in 11 botanical families, especially the families Poaceae and Asteraceae, The *Crambe abyssinica* Hochst had the highest relative abundance (56,36), due to the time management, held near the end the crop cycle, favoring the soil seed bank. The presence of weeds in chemical handlings were lower when compared to mechanical handling.

Key-words: weed, frequency, plantation direct the straw.

3.1 Introdução

É importante e necessária a identificação das espécies de plantas daninhas, pois cada espécie apresenta o potencial de estabelecer-se na área e sua agressividade pode interferir de forma diferenciada entre as culturas (LIMA et al., 2009). Os estudos fitossociológicos comparam as populações de plantas daninhas num determinado momento. Repetições programadas dos estudos fitossociológicos podem indicar tendências de variação da importância de uma ou mais populações, e essas variações podem estar associadas às práticas agrícolas adotadas (OLIVEIRA e FREITAS, 2008).

A aplicação de um método fitossociológico ou quantitativo num dado local e num dado tempo permite fazer uma avaliação momentânea da composição da vegetação, obtendo dados de frequência, densidade, abundância, índice de importância relativa e coeficiente de similaridade das espécies ocorrentes naquela formação. Assim, o método fitossociológico é uma ferramenta que, se usada adequadamente, permite fazer várias inferências sobre a comunidade em questão (ERASMO et al., 2004).

Para Fleck et al. (2008), o conhecimento das espécies e a utilização de práticas de manejo conjugadas contribuem para que o controle seja mais eficiente e diminuam-se os riscos ambientais ocasionados pela aplicação excessiva de herbicidas. Segundo Pott et al. (2006), o êxito no controle da comunidade invasora começa pelo levantamento (florística) das espécies infestantes e o conhecimento sobre a biologia daquelas predominantes.

De maneira geral, as plantas invasoras requerem para seu desenvolvimento os mesmos fatores (água, luz, nutrientes e espaço físico) que a cultura, estabelecendo um processo de competição e de interferência que pode ser determinado pela composição da flora invasora (espécie, densidade e distribuição), cultura (espécie ou variedade, espaçamento e densidade de plantio), ambiente (solo, clima), trato cultural (manejo) e período de convivência (KARAM et al., 2006).

Dentre os diferentes sistemas de controle adotados, a utilização de herbicidas destaca-se, em razão da sua maior eficiência e facilidade, porém o seu sucesso depende de uma série de princípios técnicos. Uma vez que as comunidades infestantes podem variar sua composição florística em função do tipo e da intensidade de tratamentos culturais impostos, o reconhecimento das espécies presentes torna-se fundamental, quanto mais se for levado em conta o custo financeiro e ambiental da utilização de produtos químicos (ERASMO et al., 2004).

Complementarmente ao uso do método químico de controle, na agricultura moderna, pode-se lançar mão de artifícios que possam resultar em atraso da emergência das plantas

daninhas, entre eles a utilização racional da cobertura vegetal do solo (RIZZARDI e SILVA, 2006). As culturas de cobertura, devido ao seu potencial alelopático (MORAIS et al., 2011), podem causar alterações fisiológicas e/ou morfológicas, influenciando processos como germinação, crescimento, florescimento, frutificação, senescência e abscisão nas espécies sensíveis de plantas daninhas (CORREIA et al., 2005).

Com base no exposto, foi elaborado o trabalho de pesquisa, com o objetivo de identificar a composição florística de comunidades de plantas daninhas presentes em áreas de Latossolo Vermelho cultivado com diferentes culturas de inverno em função de manejo químico e mecânico.

3.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental “Professor Antonio Carlos dos Santos Pessoa” (latitude 24° 33' 22" S e longitude 54° 03' 24" W, com altitude aproximada de 400 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon, em LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe) (EMBRAPA, 2006). Os cultivos antecedentes na área constituíam no sistema de plantio direto. Na Tabela 1, estão descritas as características químicas da área antes da instalação do experimento. Devido aos baixos valores do V% foi realizada calagem 30 dias antes da semeadura para elevá-lo a 70 %.

Tabela 1: Características químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da implantação das culturas de inverno.

Camada	P	MO	pH	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V
cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----							%
0-10	24,49	32,64	4,55	9,40	0,46	0,53	4,56	1,54	6,63	16,02	41,66
10-20	25,86	32,64	4,65	8,62	0,34	0,44	5,32	1,67	7,42	16,04	46,32

Prof.: profundidade. P e K – Extrator MEHLICH-1; Al, Ca e Mg = KCl 1 mol L⁻¹; H+Al = pH SMP (7,5).

O clima local, classificado segundo Koppen, é do tipo Cfa, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18°C, do trimestre mais quente entre 28 e 29°C, por sua vez, a temperatura anual variou entre 22 e 23 °C. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais entre 400 a 500 mm (IAPAR, 2007). Os dados climáticos do período experimental foram obtidos na estação climatológica automática da

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, distante cerca de 100 m da área experimental e são apresentados na Figura 1.

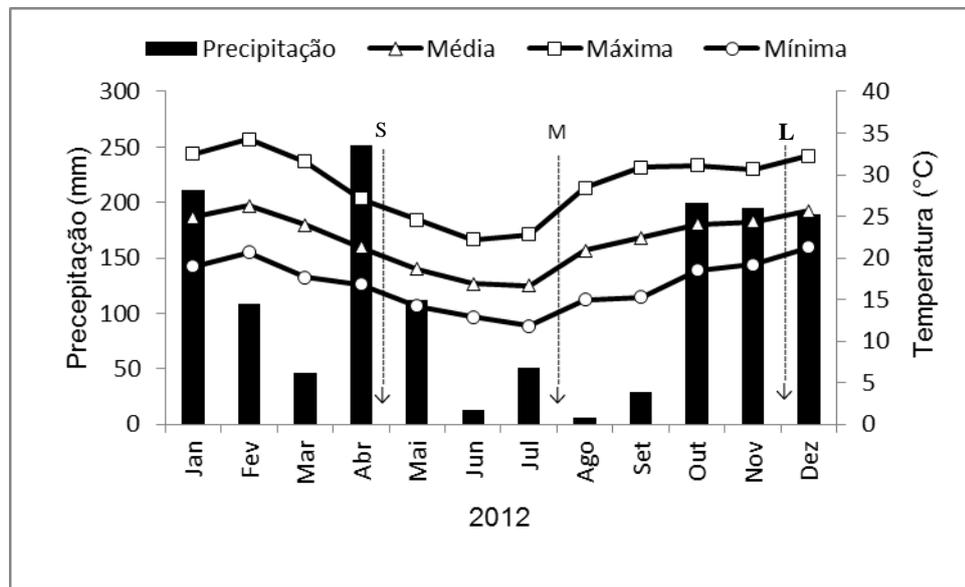


Figura 1: Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. S: semeadura das culturas de inverno. M: Manejo das culturas de inverno. LF: Levantamento Fitosociológico. Fonte: Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da Unioeste, Marechal Cândido Rondon-Pr.

O experimento foi implantado a campo sob o delineamento de blocos casualizados em esquema de faixas, sendo composto por três blocos e seis faixas totalizando 18 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de quatro diferentes culturas de inverno (aveia IPR 126, crambe FMS Brilhante, Nabo forrageiro cultivar comum e trigo BRS Tarumã) nas faixas A (5 x 40 metros) e os diferentes manejos nas faixas B (20 x 23 metros): químico com glifosato-sal de isopropilamina e mecânico utilizando-se rolo faca.

O experimento foi iniciado no outono-inverno de 2012, sendo que, a área foi dessecada 30 dias antes da semeadura, utilizando-se glifosato-sal de isopropilamina na dose de $3,0 \text{ L ha}^{-1}$ com volume de calda de 250 L ha^{-1} . Durante o desenvolvimento das culturas não foi realizada nenhuma aplicação de herbicida. As culturas de inverno foram semeados no dia 19/04/12, com semeadora adubadora, acoplada a trator, no sistema de semeadura direta sobre palhada de milho. Foram utilizados 60 kg ha^{-1} de sementes de aveia, 15 kg ha^{-1} de sementes de crambe, 15 kg ha^{-1} de sementes de nabo forrageiro e 90 kg ha^{-1} de sementes de trigo, com 0,17 m entre linhas. A adubação para a cultura da aveia, do crambe, do nabo forrageiro e do trigo, foi realizada de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004). Para a adubação de base foi utilizado 200 kg ha^{-1} de um formulado 8-20-20 (N, P_2O_5 e K_2O

respectivamente). As adubações em cobertura foram realizadas utilizando-se 90 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. Os manejos foram realizados 90 dias após a semeadura.

O levantamento fitossociológico da comunidade infestante foi realizado no dia 20/11/12, 30 dias após os manejos das culturas de inverno. Foi utilizado como unidade amostral, um quadrado 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), lançado uma vez, aleatoriamente, dentro da área útil de cada parcela experimental (método do quadrado inventário), totalizando quarenta e oito parcelas no total. Após cada lançamento todas as plantas daninhas contidas no interior do quadrado foram identificadas segundo Lorenzi (2006) e quantificadas.

A partir dos resultados encontrados, foram determinados os seguintes índices: frequência (F) - informa sobre a distribuição das espécies pelas áreas dos tratamentos; densidade (D) - dá idéia da quantidade de plantas por unidade de área em cada espécie; abundância (A) - informa sobre as espécies cujas plantas ocorrem concentradas em determinados pontos; frequência relativa (Fr), densidade relativa (Dr), abundância relativa (Ar) - fornecem informações de cada espécie, em relação a todas as outras encontradas em cada tratamento; e índice de valor de importância (IVI) - indica quais espécies são mais importantes dentro de cada tratamento estudado.

Para calcular esses fatores foram utilizadas as seguintes fórmulas (TUFFI SANTOS et al., 2004, MACIEL et al., 2010):

$$\text{Frequência (F)} = \frac{\text{Nº de parcelas que contém a espécie}}{\text{Nº total de parcelas utilizadas}}$$

$$\text{Densidade (D)} = \frac{\text{Nº total de indivíduos por espécie}}{\text{Área total coletada}}$$

$$\text{Abundância (A)} = \frac{\text{Nº total de indivíduos por espécie}}{\text{Nº total de parcelas contendo a espécie}}$$

$$\text{Frequência relativa (Fr)} = \frac{\text{Frequência da espécie} \times 100}{\text{Frequência total de todas as espécies}}$$

$$\text{Densidade relativa (Dr)} = \frac{\text{Densidade da espécie} \times 100}{\text{Densidade total de todas as espécies}}$$

$$\text{Abundância relativa (Ar)} = \frac{\text{Abundância da espécie} \times 100}{\text{Abundância total de todas as espécies}}$$

$$\text{Índice de valor de importância (IVI)} = Fr + Dr + Ar$$

3.3 Resultados e Discussão

A composição da comunidade infestante de plantas daninhas identificadas através do levantamento fitossociológico foi razoavelmente heterogênea, apresentando 16 espécies, distribuídas em 11 famílias botânicas. As famílias com maior ocorrência foram Poaceae e Asteraceae, as quais tiveram quatro e três espécies respectivamente (Tabela 2). Estes resultados corroboraram com um levantamento florístico de plantas daninhas em um sistema de integração lavoura pecuária com diferentes taxas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho realizado por Bulegon et al. (2012), em que as espécies mais representativas foram das famílias Poaceae e Asteraceae.

A família Poaceae está entre os grupos de plantas mais importantes economicamente no mundo e é, frequentemente, bastante representativa em termos de espécies de plantas daninhas em vários ambientes (ERASMO et al., 2004). Segundo Holm et al. (1991), grande parte das espécies da família Poaceae é perene e produz grande quantidade de sementes, o que aumenta consideravelmente o seu poder de disseminação e a colonização de diversos tipos de ambientes, mesmo que suas condições sejam inóspitas.

As espécies da família Asteraceae, quando se tratando de plantas daninhas, estão entre as mais importantes, sendo que algumas dessas espécies são as mais comuns em diversos ambientes do Brasil (SILVA et al., 2008). Segundo Lorenzi (2000), as espécies de Asteraceae estão entre as primeiras plantas daninhas que surgem no campo após o preparo do solo para plantio, o que confirma o seu potencial de desenvolvimento.

Para as demais famílias de plantas daninhas verificadas no levantamento como Amaranthaceae, Brassicaceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Cruciferae, Euphorbiaceae, Phyllanthaceae, Rubiaceae e Solanaceae foram identificadas apenas uma espécie por família (Tabela 2).

Através do estudo realizado, verificou-se grande diversidade de espécies das diferentes famílias, o que pode ser explicado, por fatores como: características da espécie, condições climáticas, banco de sementes, desenvolvimento da cultura e a época de controle (ALBUQUERQUE, 2006), além de diferentes herbicidas e rotações de culturas utilizadas na área anteriormente ao estudo. Segundo Silva et al. (2007), o solo agrícola é um banco de sementes de plantas daninhas que contém entre 2.000 e 50.000 sementes/m²/10⁻¹ cm de profundidade.

Todavia, o estabelecimento da comunidade infestante de plantas daninhas também pode sofrer influência da supressão de culturas antecessoras (BÁRBERI e MAZZONCINI, 2001), uma vez que algumas espécies se associam com maior intensidade a certas culturas que outras (ZIMDAHL, 1993).

Tabela 2: Distribuição das plantas daninhas por família e espécie coletadas em área de Latossolo Vermelho cultivado com diferentes culturas de inverno em função de diferentes manejos.

Família	Espécie	
	Nome científico	Nome comum
Amaranthaceae	<i>Amaranthusviridis</i> L.	Caruru
	<i>Bidens pilosa</i>	Picão Preto
Asteraceae	<i>Sonchusoleraceus</i> L.	Serralha
	<i>Coniza canadensis</i>	Buva
	<i>Galinsoga gapaviflora</i>	Picão Branco
Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i> L.	Nabo
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba
Covulvulaceae	<i>Ipomea triloba</i> L.	Corda de viola
Cruciferae	<i>Crambe abyssinica</i> Hochst	Crambe
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Leiteiro
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthustenellus</i>	Quebra pedra
	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Papuã
Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim Milhã
	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Capim Carrapicho
Rubiacea	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia
Solanaceae	<i>Solanumamericanum</i>	Maria pretinha

A espécie de maior frequência foi a *Commelina benghalensis* (0,56) seguida pelo *Crambe abyssinica* Hochst (0,40), pela *Brachiaria plantaginea* (0,38) e pela *Bidens pilosa* (0,33). Os valores de frequência relativa consistiram em 18,88%, 13,29%, 12,59% e 11,19 respectivamente (Tabela 3) para as espécies citadas.

De forma geral, dentre as espécies daninhas destaca-se a *Brachiaria plantaginea* (papuã), como uma das gramíneas de maior ocorrência nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Esta é uma espécie muito competitiva, podendo levar a prejuízos consideráveis na produtividade de várias culturas (KISSMANN e GROTH, 1997). Das plantas da família Commelinaceae, as do gênero *Commelina* têm o maior número de representantes no Brasil, sendo a *Commelina benghalensis* uma das espécies mais difundidas em todo o território nacional (BARRETO, 1997). Na família Asteraceae, a *Bidens pilosa*, é uma espécie muito comum, não só no Brasil como em várias outras partes do mundo, sendo considerada uma das plantas mais infestantes de culturas anuais e perenes (ADEGAS et al., 2003).

O *Crambe abyssinica Hochst* apresentou o maior número de indivíduos (936), bem como a maior abundância (49,26), densidade relativa (68,98), abundância relativa (56,36) e importância relativa (138,62) em relação às outras espécies encontradas (Tabela 3) fato que justifica a sua elevada frequência. Este resultado está vinculado a época de manejo, realizada praticamente no fim do ciclo da cultura, uma vez que esta já apresentava grande quantidade de sementes desenvolvidas, que favoreceram o banco de sementes do solo e germinaram logo após o manejo. Esta espécie também apresentou os maiores índices de valor de importância tanto para o manejo químico quanto para o manejo mecânico (Figura 2).

Tabela 3: Valores de frequência (F), densidade (D), abundância (A), frequência relativa (Fr), densidade relativa (Dr), abundância relativa (Ar) e índice de valor de importância (IVI) gerais, numa área de Latossolo Vermelho cultivado com diferentes culturas de inverno em função de diferentes manejos.

Espécie	Total indivíduos	F	D (pl m ⁻²)	A	Fr (%)	Dr (%)	Ar (%)	IVI
<i>Crambe abyssinica Hochst</i>	936	0,40	78,00	49,26	13,29	68,98	56,35	138,62
<i>Bidens pilosa</i>	109	0,33	9,08	6,81	11,19	8,03	7,79	27,01
<i>Commelina benghalensis</i>	104	0,56	8,67	3,85	18,88	7,66	4,41	30,95
<i>Brachiaria plantaginea</i>	86	0,38	7,17	4,78	12,59	6,34	5,47	24,39
<i>Galinsoga paviflora</i>	25	0,08	2,08	6,25	2,80	1,84	7,15	11,79
<i>Euphorbia heterophylla L.</i>	21	0,25	1,75	1,75	8,39	1,55	2,00	11,94
<i>Richardia brasiliensis</i>	20	0,23	1,67	1,82	7,69	1,47	2,08	11,25
<i>Phyllanthus tenellus</i>	18	0,19	1,50	2,00	6,29	1,33	2,29	9,91
<i>Digitaria horizontalis</i>	11	0,15	0,92	1,57	4,90	0,81	1,80	7,50
<i>Amaranthus viridis L.</i>	11	0,15	0,92	1,57	4,90	0,81	1,80	7,50
<i>Cenchrus echinatus L.</i>	5	0,08	0,42	1,25	2,80	0,37	1,43	4,60
<i>Coniza canadensis</i>	3	0,06	0,25	1,00	2,10	0,22	1,14	3,46
<i>Solanum americanum</i>	3	0,04	0,25	1,50	1,40	0,22	1,72	3,34
<i>Raphanus sativus L.</i>	2	0,02	0,17	2,00	0,70	0,15	2,29	3,13
<i>Ipomea triloba L.</i>	2	0,04	0,17	1,00	1,40	0,15	1,14	2,69
<i>Sonchusoleraceus L.</i>	1	0,02	0,08	1,00	0,70	0,07	1,14	1,92
Total	1357	2,98	113,08	87,42	100	100	100	300

Considerando o índice de valor de importância (Figura 2), no manejo químico os valores para o *Crambe abyssinica Hochst* foram seguidos pelos resultados da espécie *Bidens pilosa* e *Commelina benghalensis*. Já no manejo mecânico a sequência de maiores resultados de IVI, se deu pelos resultados de *Crambe abyssinica Hochst* seguido pela espécie *Commelina benghalensis* e pela *Brachiaria plantaginea*.

A presença de plantas daninhas no manejo químico foi menor comparada ao manejo mecânico, resultado já esperado decorrente dos diferentes sistemas de controle adotados, a

utilização de herbicidas destaca-se, em razão da sua maior eficiência de controle e facilidade de aplicação (ERASMO et al., 2004).

As comunidades infestantes podem variar sua composição florística em função do tipo e da intensidade de tratos culturais impostos (DUARTE et al., 2007). A escolha de um manejo adequado pode alterar a população de plantas daninhas, a dinâmica do banco de sementes do solo, a eficiência de herbicidas aplicados e, conseqüentemente, os períodos de interferência (BARROSO et al., 2012).

Comparando tendências de comportamento entre espécies de plantas daninhas em relação aos manejos de semeadura direta, arado de discos e grade niveladora, grade aradora e grade niveladora, escarificação e grade niveladora, Vollet al. (2001), observaram que as gramíneas tenderam a apresentar período de sobrevivência menor em semeadura direta, em relação aos demais manejos de movimentação do solo, enquanto as folhas largas mostraram período de sobrevivência maior.

Utomo e Susanto (1997) demonstraram que diferentes sistemas de manejo conduzem a diferentes infestações de plantas daninhas. Comparando sistemas de plantio direto, cultivo mínimo e convencional, os autores observaram uma grande diferença entre as espécies dominantes no final do estudo, onde a composição da população inicial era a mesma. No plantio direto, logo nos primeiros anos de cultivo, houve um grande aumento de folhas largas, mostrando claramente a adaptação destas plantas daninhas ao sistema. Tal adaptação também é observada em função do herbicida usado na área.

Argenta et al. (2001), avaliando os efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã constataram que a rolagem da aveia-preta foi mais eficiente em prevenir o estabelecimento de infestação de capim-papuã do que sua manutenção em pé.

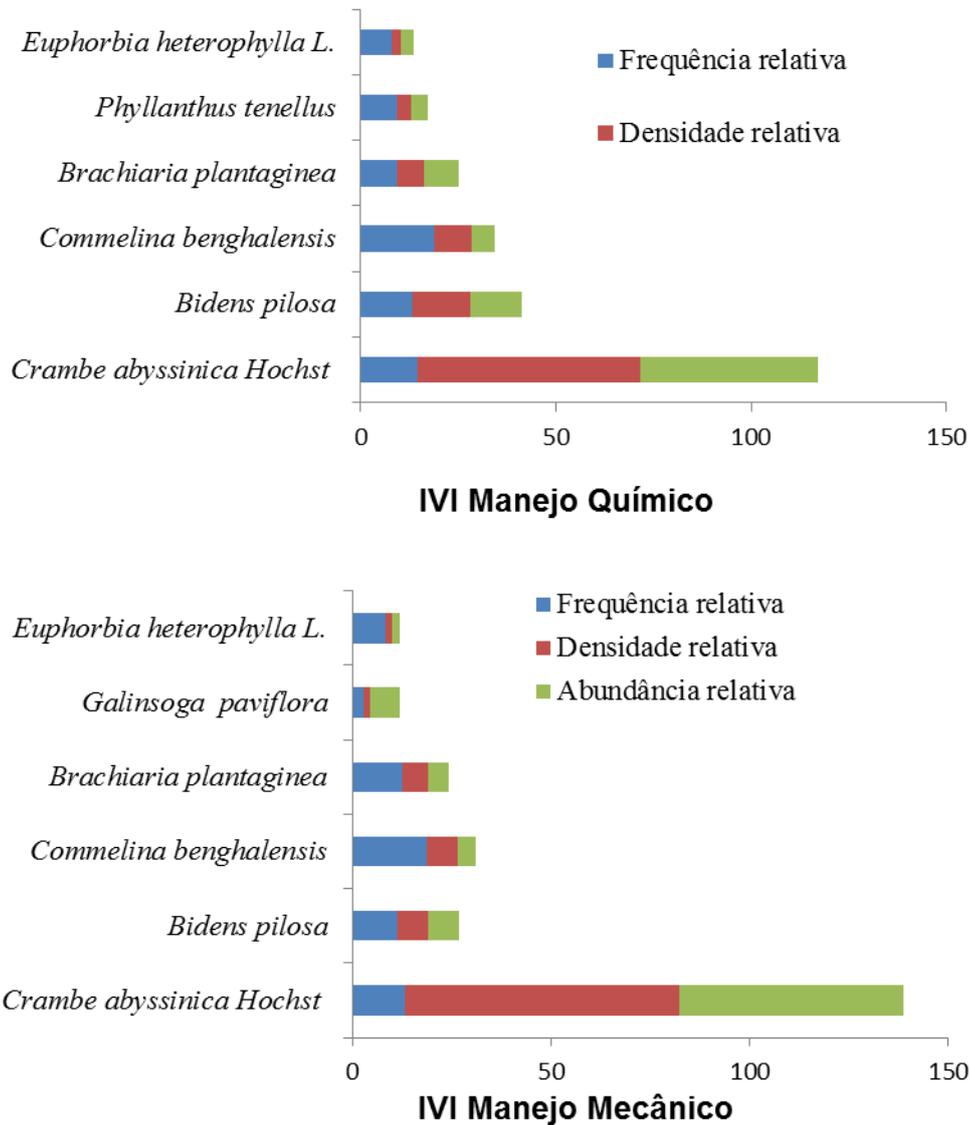


Figura 2 - Índice de valor de importância das principais espécies infestantes em função dos diferentes manejos empregados.

A diversidade na composição de espécies entre as os manejos empregados está relacionado principalmente ao banco de sementes presente no solo e influência dos manejos. Diferentes sistemas de manejo do solo condicionam as sementes a microambientes do solo, devido a alterações em suas propriedades físico-químicas e nas condições da superfície do solo (MULUGUETA e STOLTENBERG, 1997).

Segundo Voll et al. (1995), levantamentos de espécies daninhas, por amostragens do banco de sementes do solo ou da flora daninha emergente, devem permitir a identificação e a quantificação da flora infestante, bem como a determinação da sua evolução. Esses conhecimentos podem ser usados na predição da necessidade de controle, adequando

diferentes manejos de solo, da cultura e de herbicidas, com a racionalização de uso desses últimos, com base em considerações de custo/benefício na produção.

3.4 Conclusão

O crambe deve ser manejado antes dos noventa dias de desenvolvimento para que a espécie não se torne planta daninha.

As famílias Poaceae e Asteraceae foram as que apresentaram o maior número de espécies.

A espécie *Commelina benghalensis* (Commelinaceae) foi a espécie com a maior Fr (18,88%), seguida pelo *Crambe abyssinica Hochst* (Cruciferae) e pela *Brachiaria plantaginea* (Poaceae) com 13,29 e 12,59%, respectivamente.

A presença de plantas daninhas no manejo químico foi menor quando comparada ao manejo mecânico.

3.5 Referências Bibliográficas

ADEGAS, F.S.; VOLL, E.; PRETE, C.E. C. Embebição e Germinação de Sementes de Picão-Preto (*Bidens pilosa*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.1, p.21-25, 2003.

ALBUQUERQUE, J. A. A. **Interferência de plantas daninhas e do feijão sobre a cultura da mandioca**. 2006. 56 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 2006.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C.G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 851-860, 2001.

BÀRBERI, P.; MAZZONCINI, M. Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. **WeedScience**, v. 49, p. 491-9, 2001.

BARRETO, R. C. Levantamento das espécies de Commelinaceae R. Br. nativas do Brasil. 1997. 490 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

BARROSO, A.A.M.; ALVES, P.L.C.A.; YAMAUTI, M.S. e NEPOMUCENO, M.P. Comunidade infestante e sua interferência no feijoeiro implantado sob plantio direto, na safra de primavera. **Planta daninha**, Viçosa, v.30, n.2, p. 279-286, 2012

CORREIA, N.M.; CENTURION, M.A.P.C.; ALVES, P.L.C.A. Influência de extratos aquosos de sorgo sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de soja. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.498-503, 2005.

DUARTE, A. P.; SILVA, A. C.; DEUBER, R. Plantas infestantes em lavouras de milho safrinha, sob diferentes manejos, no médio Paranapanema. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 285-291, 2007.

ERASMO, E.A.L.; PINHEIRO, L.L.A.; COSTA, N.V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta daninha**, Viçosa, v.22, n. 2, p. 195-201, 2004.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** (SiBCS). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FLECK, N.G.; LAZAROTO, C.A.; SCHAEGLER, C.E. E FERREIRA, F.B. Controle de Papuã (*Brachiaria plantaginea*) em soja em função da dose de e da época de Aplicação do herbicida Clethodim . **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 375-383, 2008.

HOLM, L. G.; PANCHO, J. V.; HERBERGER, J. P.; PLUCKNETT, D. L. **The world's worst weeds – distribution and biology**. 2nd ed. Krieger Publishing Company, Malabar, USA, 609pp. 1991.

IAPAR. 2007 Cartas climáticas do Paraná. Disponível em: http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificacao_Climaticas.html. Acesso em: 30 mai. 2011.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A.L.; OLIVEIRA, M.F. de. Plantas daninhas na cultura do milho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Circular Técnica, 79). 7p. 2006.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997.

LIMA, J. M. *et al.* Prospecção fitoquímica de *Sonchus oleraceuse* sua toxicidade sobre o microcrustáceo *Artemia salina*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 207-11, 2009.

MACIEL, M.A.M.; ECHEVARRIA, A.; MONTEATH, S.A.F.A.; VEIGA JR., V.F.; KAISER, C.R.; GOMES, F.E.S.; SILVEIRA, J.W.S.; SOUSA, R.H.C.; VANDERLINDE, F.A. Ethnobotany, Chemistry and Pharmacology Studies of the medicinal specimen *Ixoracoccinea* Linn. In: GUPTA, V.K.; SINGH, G.D.; SINGH, S.; KAUL, A. **Medicinal Plants: Phytochemistry, Pharmacology and Therapeutics**. Daya Publishing House: New Delhi, v.1, Chapter 2, p.32-50, 2010.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3ª ed. Plantarum, Nova Odessa, Brasil, 2000. 620 pp.

LOREZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 6.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2006. 339 p.

MORAES, A.; PIVA, J. T.; SARTOR, L. R.; SARTOR, L.; DE CARVALHO, P. Avanços científicos em integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. III Encontro de integração lavoura pecuária no sul do Brasil. **Synergismus Scyentifica**, Pato Branco, v. 6, n. 2, 2011.

MULUGUETA, D.; STOLTENBERG, D. E. Increase weed emergence and seed bank depletion by soil disturbance in no-tillage systems. **Weed Science**, v. 45, p. 120-126, 1997.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.

POTT, A.; POTT, V.J.; SOUZA, T.W. de. **Plantas daninhas de pastagem na Região dos Cerrados**. Corumbá: Embrapa Gado de Corte, 2006. 336p.

RIZZARDI, M.A.; SILVA, L.F. Influência das coberturas vegetais antecessoras de aveia-preta e nabo-forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.4, p.669-675, 2006.

SILVA, A. A. *et al.* **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. In: Capítulo 1 - Biologia de plantas daninhas. Viçosa: Ed. UFV, p.17-61, 2007.

SILVA, A. M. A.; COELHO, I. D.; MEDEIROS, P. R. Levantamento florístico das plantas daninhas em um parque público de Campina Grande, Paraíba, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 21, n.4, 2008.

TUFFI SANTOS, L. D.; SANTOS, I.C.; OLIVEIRA, C.H.; SANTOS, M.V.; FERREIRA, F.A.; QUEIROS, D.S. Levantamento fitossociológico em pastagens degradadas sob condições de várzeas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 343-349, 2004.

UTOMO, M.; SUSANTO, H. **Effect of long-term conservation tillage on soil properties and weed dynamics in Sumatra**. In: Proceedings 16 th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, 1997, p.336-339.

VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P.; KARAM, D. Dinâmica de populações de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. sob manejos de solo e de herbicidas. I. Sobrevivência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.12, p.1387-1396, 1995.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. London: Academic Press, 1993. 450 p.

CAPÍTULO 4

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM CULTURAS DE INVERNO

Resumo

Algumas culturas de inverno semeadas em sistema de plantio direto, podem representar uma importante alternativa para a ciclagem de nutrientes. O objetivo do trabalho foi avaliar a produção de matéria seca (MS) e acúmulo de nutrientes por culturas de inverno na região Oeste do Paraná. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram representados por quatro diferentes culturas de inverno: aveia IPR 126, crambe FMS Brilhante, Nabo forrageiro cultivar comum e trigo BRS Tarumã. Foram determinadas a produção de matéria seca (MS), os teores de C, N, P, K, Ca, Mg e a relação C/N na MS além do acúmulo de nutrientes. A produção de matéria seca foi superior para o nabo forrageiro com 4.929,14 kg ha⁻¹. As diferentes culturas de inverno utilizadas influenciaram nos teores de C, N e na relação C/N. As demais características estudadas não foram influenciadas. Entre as quatro culturas de inverno o nabo forrageiro apresentou maior produção de matéria seca. A composição química foi influenciada pelas culturas, nos teores de C, N e na relação C/N, conseqüentemente no aporte diferenciado na área. As culturas de inverno, nas condições estudadas influenciam no acúmulo de magnésio.

Palavras chave: ciclagem de nutrientes, decomposição, mineralização.

DRY MATTER PRODUCTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF DIFFERENT WINTER CROPS ON A TYPIC

Abstract

Some winter crops sown in no-tillage system may represent an important alternative to nutrient cycling. The objective of this study was to evaluate the production of dry matter (DM) and nutrient accumulation by winter crops in western Paraná. The experimental design was a randomized complete block design with four treatments and six replications. The treatments consisted of four different winter crops: oats IPR 126, wheat BRS Tarumãt crambe Bright FMS and forage turnip cultivar common. We determined the dry matter (DM), and the concentrations of C, N, P, K, Ca, Mg and C/N ratio in DM addition of nutrient uptake. The dry matter production was higher for the turnip with 4929.14 kg ha⁻¹. The different winter cereals influenced the levels of C and N in the C: N. The other characteristics studied were not affected. Among the four crops of winter the turnip had the highest dry matter production. The chemical composition was influenced by the cultures, in the levels of C, N and C / N ratio, thus the differentiated input in the area. Winter crops under the conditions studied influence the accumulation of magnesium.

Keywords: nutrient cycling, decomposition, mineralization

4.1 Introdução

As culturas de inverno semeadas em sistema de plantio direto, apresentam capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais e, depois, de liberá-los nas camadas superficiais por meio da decomposição e da mineralização dos seus resíduos (TORRES et al., 2008), o que pode contribuir para o uso eficiente de fertilizantes nas culturas anuais em sucessão (CALEGARI, 2004; CARVALHO et al., 2004). Essas espécies auxiliam na conservação dos solos, pela maior agregação das partículas e pela proteção da superfície do solo ao impacto direto das chuvas (PACHECO et al., 2011).

Além disso, as culturas de inverno são recomendadas por prolongar o período de utilização da pastagem, bem como incrementar a qualidade e aumentar o aporte de biomassa, permitindo que a pastagem suporte maior número de animais (SANTOS, 2003), promovem recuperação e à manutenção da qualidade do solo, pois são utilizadas como plantas de cobertura do solo com o objetivo de manter e aumentar os teores de matéria orgânica (KLIEMANN et al., 2006). Ainda podem proporcionar produção de grãos para a alimentação humana e animal (BORTOLINI et al., 2004), aumento da sustentabilidade dos sistemas agrícolas (BOER et al., 2007), e otimizar o uso da terra, da infra-estrutura e da mão-de-obra, permitindo diversificar e verticalizar a produção (MELLO et al., 2004).

As culturas comumente cultivadas são a aveia branca, a aveia preta, o centeio, a cevada, o triticale e o trigo. Estas culturas também podem ser utilizados como espécies de duplo propósito, produzindo forragem precocemente e ainda grãos, com baixo custo, contribuindo para maior estabilidade da produção (BORTOLINI et al., 2004). Ainda não são frequentes os cultivos de crambe e nabo forrageiro como culturas de inverno na região oeste do Paraná.

Magalhães et al. (2000) avaliaram as relações entre produção de massa seca e a exportação de nutrientes, em solos sob cerrado com vários anos de utilização, observaram que a produção de matéria seca, os teores de nutrientes da parte aérea e as quantidades exportadas variaram com a quantidade de anos de uso do solo pela forrageira.

A quantidade de nutrientes na biomassa vegetal com elevada relação C/N, com liberação lenta e gradual dos nutrientes ao longo do tempo, poderá reduzir os custos com uso de fertilizantes no próximo cultivo, pela melhor utilização dos nutrientes contidos na biomassa em decomposição. A presença do nutriente na biomassa seca das plantas resulta em menor perda por erosão e lixiviação, do que estando diretamente no solo, assim, conhecer os

teores é importante para o manejo desses nutrientes dentro dos ciclos de cultivo (PITTELKOW et al., 2012). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de matéria seca e os teores de nutrientes em plantas de cobertura como a aveia IPR 126, crambe FMS Brilhante, Nabo forrageiro cultivar comum e trigo BRS Tarumã, cultivados em LATOSSOLO VERMELHO.

4.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental “Professor Antonio Carlos dos Santos Pessoa” (latitude 24° 33' 22" S e longitude 54° 03' 24" W, com altitude aproximada de 400 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon, em LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVe) (EMBRAPA, 2013). Na Tabela 1, estão descritas as características químicas da área antes da instalação do experimento. Devido aos baixos valores do V% foi realizada calagem 30 dias antes da semeadura na dosagem de 2 Mg ha⁻¹ (PRNT 80) para elevá-lo a 70 %.

Tabela 1: Características químicas (0 – 20 cm), na área experimental, antes da implantação das culturas de inverno.

Camada	P	MO	pH	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	
cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----								%
0-10	24,49	32,64	4,55	9,40	0,46	0,53	4,56	1,54	6,63	16,02	41,66	
10 - 20	25,86	32,64	4,65	8,62	0,34	0,44	5,32	1,67	7,42	16,04	46,32	

Prof.: profundidade. P e K – Extrator MEHLICH-1; Al, Ca e Mg = KCl 1 mol L⁻¹; H+Al = pH SMP (7,5).

Os cultivos antecedentes na área constituíam no sistema de plantio direto. E por quatro anos, tradicionalmente, foram cultivados o milho safrinha (para produção de silagem) na entressafra e o soja como cultura de verão.

O clima local, classificado segundo Koppen, é do tipo Cfa, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18°C, do trimestre mais quente entre 28 e 29°C, por sua vez, a temperatura anual variou entre 22 e 23 °C. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais entre 400 a 500 mm (IAPAR, 2006). Os dados climáticos do período experimental foram obtidos na estação climatológica automática da

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, distante cerca de 100 m da área experimental e são apresentados na Figura 1.

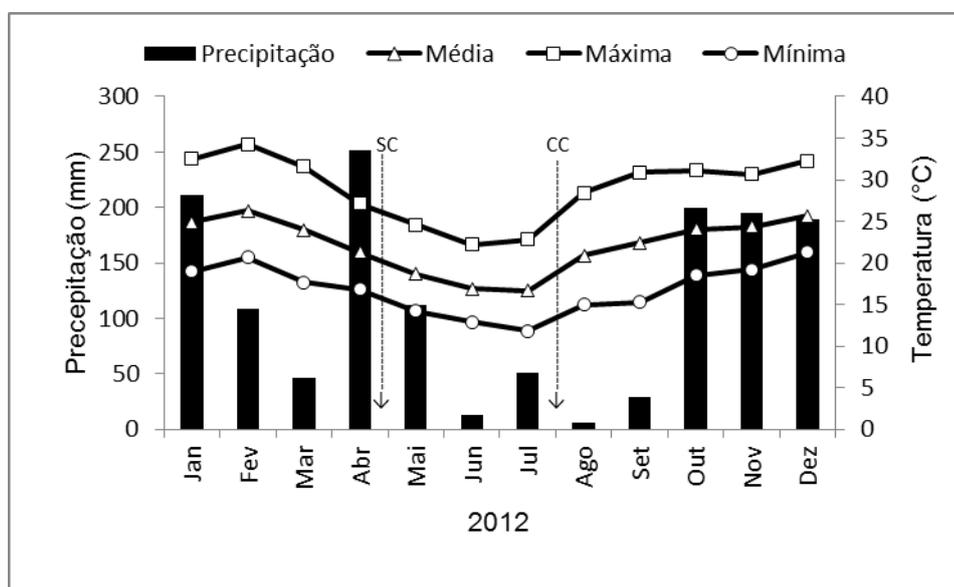


Figura 1: Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental. SC: semeadura das culturas de inverno. CC: Coleta das culturas de inverno.

Fonte: Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da Unioeste, Marechal Cândido Rondon-Pr.

O experimento foi implantado a campo sob o delineamento de blocos casualizados. Os tratamentos foram constituídos por quatro (04) diferentes culturas de inverno (aveia IPR 126, crambe FMS Brilhante, Nabo forrageiro cultivar comum e trigo BRS Tarumã) e por seis (06) blocos.

O experimento foi iniciado no outono-inverno de 2012, sendo que, a área encontrava-se em pousio, para tanto foi dessecada 30 dias antes da semeadura, utilizando-se glifosato-sal de isopropilamina na dose de 3,0 L ha⁻¹ com volume de calda de 250 L ha⁻¹. Durante o desenvolvimento das culturas não foi realizada nenhuma aplicação de herbicida. As culturas de inverno foram semeadas no dia 19/04/12, com semeadora adubadora, acoplada a trator, no sistema de semeadura direta sobre palhada de milho. Foram utilizados 60 kg ha⁻¹ de sementes de aveia, 15 kg ha⁻¹ de sementes de crambe, 15 kg ha⁻¹ de sementes de nabo forrageiro e 90 kg ha⁻¹ de sementes de trigo, com 0,17 m entre linhas. A adubação para a cultura da aveia, do crambe, do nabo forrageiro e do trigo, foi realizada de acordo com a CQFS (2004). Para a adubação de base foi utilizado 200 kg ha⁻¹ de um formulado 8-20-20 (N, P₂O₅ e K₂O respectivamente). As adubações em cobertura foram realizadas utilizando-se 90 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia.

A amostragem para a determinação de matéria seca e teores de nutrientes pelas plantas foi realizada 90 dias após a semeadura das culturas de inverno, neste período o crambe e o nabo forrageiro encontravam-se no estágio de maturação, a aveia no estágio de florescimento e o trigo no estágio de emborrachamento. Com auxílio de quadrado metálico vazado com área conhecida (0,25 m²), que foi lançado aleatoriamente em cada parcela e todo o material vegetal contido no seu interior foi coletado. Após a coleta, o material, foi submetido à secagem em estufa com ventilação forçada de ar sob temperatura de 55°C por 72 horas, com posterior pesagem para a determinação da matéria seca. Após a secagem as amostras foram trituradas em moinho do tipo Willey, com peneira de 20 mesh, para a determinação das concentrações totais de C, N, P, K, Ca e Mg. O C foi obtido a partir da determinação da matéria orgânica em mufla conforme descrito por Silva e Queiroz (2006). Para a estimativa da concentração de C nas amostras a concentração de matéria orgânica foi dividida por 1,72 conforme recomendado por Peixoto et al. (2007). O N foi determinado por digestão sulfúrica e destilação em sistema semi-micro Kjeldal, enquanto para a determinação de macronutrientes foi realizada a digestão nitroperclórica, com posterior leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

Os valores do acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea da planta foram obtidos multiplicando-se sua concentração no tecido pela produção de MS, sendo expressos em kg ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do programa SISVAR (FERREIRA, 2011) e as médias comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.3 Resultados e Discussão

De acordo com os resultados obtidos, para a produção de matéria seca das culturas de inverno, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as culturas, assim como, ocorreram modificações para o carbono (C), nitrogênio (N) e relação C/N entre as culturas estudadas. Já os valores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (MG) e fósforo (P) não foram influenciados ($p > 0,05$) pelos tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2: Valores de F calculado composição química da matéria seca, de diferentes culturas de inverno, manejados em sistema plantio direto.

Fontes de Variação	GL	Matéria Seca	K	Ca	Mg	P	C	N	Relação C/N
Cultura	3	5,71*	0,65	1,28	1,30	0,89	18,64*	69,20*	14,62*
Bloco	5	1,17	0,34	0,58	2,29	0,32	0,25	4,15	1,52
Erro	15								
CV (%)		21,71	35,22	49,68	42,39	37,25	11,20	5,75	14,45

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as culturas; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para as culturas com os manejos.

4.3.1 Produção de Matéria Seca

Para a produção de matéria seca (MS) houve diferença significativa entre as culturas estudadas, das quais o nabo forrageiro proporcionou maior produção de matéria seca que o trigo, porém semelhante a aveia e ao crambe (Tabela 3). Os resultados para o nabo forrageiro são muito próximos aos encontrados por Lima et al., (2007) que avaliando o comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), verificaram que no estágio de florescimento esta cultura apresentou 5.480,5 kg ha⁻¹ de matéria seca, consistindo em uma propriedade desejável para um adubo verde.

Tabela 3: Produção e composição química da matéria seca, de diferentes culturas de inverno, manejados em sistema plantio direto.

Cultura	MS (Kg ha ⁻¹)	C (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	Relação C/N	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)
Aveia	4283ab	112,90b	18,43d	6,16b	20,54	5,23	1,40	0,54
Crambe	3951ab	153,10ab	26,19b	5,86b	22,29	7,08	1,52	0,56
Nabo	4929a	185,35a	22,28c	8,46a	16,83	6,17	1,71	0,41
TrigoBRS	2893b	149,09ab	29,23a	5,11b	21,06	4,06	1,04	0,57
Média	4014	150,11	24,03	6,4	20,18	5,64	1,42	0,52

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%).

O nabo apresentou produção de MS superior ao trigo, porém, ambos não diferiram das produções do crambe e aveia (Tabela 3). A menor produção do nabo em relação ao trigo deve-se ao ciclo das culturas, pois o nabo possui ciclo mais curto apresentando seu pico de produção e acúmulo de MS precocemente em relação ao trigo de duplo propósito que possui um ciclo mais longo.

Crusciol et al. (2005) verificaram produção de 2.938 kg ha⁻¹ de matéria seca na parte aérea de nabo forrageiro, cultivar Siletina, quando a densidade de semeadura foi 20 kg ha⁻¹. Esse valor foi mais baixo do que o encontrado no presente estudo, em que a densidade de semeadura foi de 15 kg ha⁻¹ de sementes de nabo forrageiro. De acordo com Calegari (1998), o nabo forrageiro apresenta produtividade média de 3.000 kg ha⁻¹ de matéria seca da parte aérea, e, mesmo em áreas sem adubação, esse valor pode oscilar entre 2.000 e 6.000 kg ha⁻¹ de matéria seca no estágio de floração. Heinz et al. (2011) encontraram para a produção de matéria seca da parte aérea 5.586kg ha⁻¹ e 2.688kg ha⁻¹ para o nabo forrageiro e o crambe, respectivamente, observando uma produção de biomassa 52% maior do nabo forrageiro em relação ao crambe no dia do manejo. A diferença na produção de matéria seca observada entre esses trabalhos pode ser atribuída às condições climáticas, de solo, às cultivares utilizadas ou ao estágio em que as plantas foram manejadas.

4.3.2 Concentrações dos nutrientes

Os valores obtidos para a concentração total de N nas plantas demonstraram diferenças significativas entre as quatro culturas estudadas, dentre as quais o teor de N da cultura do trigo foi superior (Tabela 3). O teor de N pela parte aérea desta gramínea atingiu 29,23 g kg⁻¹, seguido pelo crambe com um acúmulo de 26,19 g kg⁻¹, nabo forrageiro com 22,28 g kg⁻¹ e por último a aveia com 18,43 g kg⁻¹. A aveia, apesar de apresentar menor quantidade de N que as demais culturas, segundo Borket et al. (2003), também pode conter quantidades razoáveis de N devido a quantidade de N total contida na biomassa assim como o nabo forrageiro pela eficiência na ciclagem de N do solo (AITA et al., 2001).

Considerando os teores de C encontrados houve diferenças significativas entre as culturas. O nabo forrageiro apresentou os maiores valores com 185,35 g kg⁻¹ diferenciando-se do crambe e do trigo que apresentaram valores intermediários (153,10 e 149,09 g kg⁻¹ respectivamente) e da aveia com 112,90 g kg⁻¹ (Tabela 3).

O sistema de plantio direto favorece o seqüestro de carbono pelas plantas, uma vez que aumenta o influxo de C via material orgânico, que, devido à mínima mobilização do solo, apresenta lenta e gradual decomposição, reduzindo o efluxo de C do solo para a atmosfera, determinando o balanço positivo no acúmulo de C no solo (BAYER et al., 2006).

Para a relação C/N a diferença significativa encontrada foi para o nabo forrageiro em relação às demais culturas, constituindo em 8,46 para a cultura do nabo forrageiro. A relação C/N tem sido a característica mais usada em modelos para prever a disponibilidade de N no

solo durante a decomposição de materiais orgânicos (NICOLARDOT et al., 2001). As leguminosas apresentam menor relação C/N na parte aérea, formando um material que apresenta uma relação C/N menor que a de equilíbrio ($< 28/1$), sendo desta forma um material que durante a decomposição libera nitrogênio para a cultura implantada em sucessão sobre os restos culturais (DIEKOW et al., 2005).

Nabo forrageiro, apresenta relação C/N média, na faixa de 20 a 25 (GIACOMONI et al., 2003), e, conseqüentemente, elevada taxa de mineralização, comparável à de leguminosas (Amado et al., 2002). Essa espécie caracteriza-se também por comportamento de planta recicladora e disponibilizadora de nutrientes, especialmente nitrogênio (AITA & GIACOMONI, 2003) e potássio (GIACOMONI et al., 2003). Neste estudo o baixo valor encontrado para a relação C/N para o nabo forrageiro (8,46) deve-se a época em que foi realizado a manejo da cultura.

Os demais elementos químicos como o K, Ca, Mg e P também estudados, não apresentaram diferenças significativas entre as culturas. A maior concentração de potássio foi obtida na cultura do crambe com $22,29 \text{ g kg}^{-1}$, cultura esta que também apresentou a maior concentração de cálcio ($7,08 \text{ g kg}^{-1}$). O magnésio foi encontrado em maior quantidade na cultura do nabo forrageiro que apresentou $1,71 \text{ g kg}^{-1}$ deste nutriente. Já o fósforo foi encontrado em maiores concentrações na cultura do trigo com $0,57 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 3).

4.3.3 Acúmulo de nutrientes

Para os valores acumulados dos nutrientes na matéria seca houve diferença ($p < 0,05$) para os valores obtidos de Mg apenas, já para o acúmulo de C; N; K; Ca e P não houve diferença (Tabela 4). Em relação ao magnésio a cultura do trigo acumulou maior quantidade ($9,15 \text{ kg ha}^{-1}$) se comparado ao crambe ($3,96 \text{ kg ha}^{-1}$) e ao nabo forrageiro ($4,31 \text{ kg ha}^{-1}$) e foi semelhante à aveia ($5,50 \text{ kg ha}^{-1}$).

Tabela 4: Acúmulo de nutrientes na matéria seca, de diferentes culturas de inverno, manejados em sistema plantio direto.

Cultura	C (kg ha^{-1})	N (kg ha^{-1})	K (kg ha^{-1})	Ca (kg ha^{-1})	Mg (kg ha^{-1})	P (kg ha^{-1})
Aveia	614,62	114,74	80,11	24,99	5,50ab	2,06
Crambe	595,54	81,10	78,60	17,87	3,96b	1,71
Nabo	571,26	92,24	80,59	20,14	4,31b	2,13
TrigoBRS	630,08	91,11	81,23	30,46	9,15a	2,34

Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%).

Kubo et al. (2007), com o objetivo de verificar a produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes pelas culturas de aveia branca, trigo e aveia preta verificaram que a maior quantidade acumulada do nutriente fósforo foi na aveia preta com e sem adubação de N (9,71 e 10,95 kg ha⁻¹, respectivamente), que foram superiores significativamente ao trigo (0,76 kg ha⁻¹) e aveia branca (0,39 kg ha⁻¹). E para o potássio acumulado obtiveram a maior quantidade na aveia preta com adubação de N (216 kg ha⁻¹) seguido pela aveia preta sem adubação de N (212 kg ha⁻¹) que foram significativamente superiores à aveia branca (48,38 kg ha⁻¹) e trigo (38,63 kg ha⁻¹).

O acúmulo de N neste trabalho embora não significativo, foi maior na cultura da aveia que apresentou 114,74 kg ha⁻¹, diferindo-se dos resultados encontrados por Giacomini et al. (2003), os quais, com o objetivo de avaliar o acúmulo de nutrientes de espécies consorciadas ou cultivadas isoladamente verificaram que em cultivo isolado, a quantidade de N acumulada pela ervilhaca, nos três anos, foi superior à da aveia e, somente no segundo ano, foi superior ao nabo. Nos anos avaliados o acúmulo de N pela parte aérea da leguminosa atingiu 113, 91 e 63 kg ha⁻¹, em 1998, 1999 e 2000, respectivamente, contra 101, 67 e 63 kg ha⁻¹ no nabo e apenas 59, 57 e 42 kg ha⁻¹ na aveia.

4.4 Conclusões

Entre as quatro culturas de inverno o nabo forrageiro apresentou maior produção de matéria seca, o crambe e a aveia apresentaram produção intermediária e o trigo foi a cultura de menor produção.

A composição química, foi influenciada pelas culturas, nos teores de C, N e na relação C/N, conseqüentemente no aporte diferenciado na área.

As culturas de inverno, nas condições estudadas influenciam no acúmulo de magnésio.

4.5 Referencias Bibliográficas

AITA, C.; GIACOMONI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N. & DA ROS, C.O.C. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.157-1165, 2001.

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

BAYER, C. L.; MARTIN-NETO, J.; MIELNICZUK, A.; PAVINATO, J.; DIECKOW. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**. v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.1269-1276, 2007.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.1, p. 43-153, 2003.

BORTOLINI, P.C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P.C.F. Culturas de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.45-50, 2004.

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

CALEGARI, A. Espécies para cobertura de solo. In: DAROLT, M.R. (Coord.). Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: Iapar, 1998. p.65-94. (Circular, 101).

CARVALHO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; ATHAYDES, M.L.F.; ARF, O.; SÁ, M.E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verde no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.47-53, 2004.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.161-168, 2005.

DIEKOW, J; CERETTA, C. A; GONÇALVES, C. N; MARCOLAN, A. L. Influência da relação c/n de plantas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no rendimento de grãos de milho. Disponível em: www.ufsm.br/ppgcs/congressos/XXVI Congresso. Acesso em julho de 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informações Tecnológica, 2009. 627p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, DF, EMBRAPA, 2013. 353p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lovras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

IAPAR. 2006 Cartas climáticas do Paraná. Disponível em: http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificacao_Climaticas.html. Acesso em: 30 mai. 2013.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.325-334, 2003.

HEINZI, R.; GARBIATEL, M. V.; NETOI, A. L. V.; MOTAI, L. H. S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINOI, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 41, n.9, p. 1549-1555, 2011.

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

KUBO, C. T.; MATA, J. DE D. V. DA; SILVA, M. A. G. DA; SENGIK, É.; MUNIZ, A. S. E NEIRO, E. DA S. Produtividade de soja em plantio direto em sucessão ao trigo, aveia branca, aveia preta com e sem adubação nitrogenada. **Acta Scientia Agronomica**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 235-240, 2007.

LIMA, J. D.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, R. K.; SOLIMAN, E. P.; MORAES, W. S. Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como adubo verde. Goiânia-GO, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p. 60-63, 2007.

MELLO, L. M. M.; YANO, E. H.; NARIMATSU, K. C. P.; TAKAHASHI, C. M.; BORGHI, É. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 121-129, 2004.

MAGALHÃES, R.T., OLIVEIRA, I.P.; KLIEMANN H.J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "Barreirão". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.32, p.13-20, 2000.

NICOLARDOT, B.; RECOUS, S. & MARY, B. Simulation of C and N mineralization during crop residue decomposition: A simple dynamics model based on the C:N ratio of the residue. **Plant Soil**, p.83-103, 2001.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L. T. C.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p.17-25, 2011.

PEIXOTO, A.M.; SOUZA, J.S.I.; TOLEDO, F F.; et al. **Enciclopédia Agrícola Brasileira**, v.6, 1 ed. 2007, 631p.

PITTELKOW, F. K.; SCARAMUZZA, J. F.; WEBER, O. L. S.; L. MARASCHIN,; VALADÃO, F. C. A.; OLIVEIRA, E. S. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Agrarian**. Dourados, v.5, n.17, p.212-222, 2012.

SANTOS, Henrique P. dos. Espécies vegetais para sistema de produção no sul do Brasil. Cap. 2p. 133-176. In: SANTOS, H. P.; REIS, E. M. Rotação de culturas em plantio direto. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, p.212, 2003.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. Ed UFV, 2006. 235 p.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1609-1618, 2008.