

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

ELOISA MATTEI

**PROPRIEDADES FÍSICAS, ESTOQUE DE CARBONO E PRODUTIVIDADE DE
SOJA COM MANEJOS DA AVEIA PRETA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2018

ELOISA MATTEI

**PROPRIEDADES FÍSICAS, ESTOQUE DE CARBONO E PRODUTIVIDADE DE
SOJA COM MANEJOS DA AVEIA PRETA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Rampim

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Mattei, Eloisa

Propriedades físicas, estoque de carbono e produtividade de soja com manejos da aveia preta em sistema de integração lavoura-pecuária / Eloisa Mattei; orientador(a), Paulo Sérgio Rabello de Oliveira; coorientador(a), Leandro Rampim, 2018.
100 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Agronomia Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

1. Avena strigosa Schreb.. 2. Ciclagem de nutrientes . 3. Carbono Orgânico Total. I. de Oliveira, Paulo Sérgio Rabello . II. Rampim, Leandro . III. Título.



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

ELOISA MATTEI

Propriedades físicas, estoque de carbono e produtividade de soja com manejos da aveia preta em sistema de integração lavoura-pecuária

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Sistemas de Produção Vegetal Sustentáveis, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Edleusa Pereira Seidel

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Jean Sérgio Rosset

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)

Leandro Rampim

Universidade Estadual do Centro-Oeste - Campus de Guarapuava (UNICENTRO)

Marechal Cândido Rondon, 22 de fevereiro de 2018

À minha família que sempre acreditou em mim e no meu potencial, a vocês minha eterna gratidão,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela graça da vida, por ter me concedido chegar até aqui.

Aos meus pais, Luis Mattei e Neila Cella Mattei, por sempre acreditarem no meu potencial, pelo apoio e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Pelos conselhos e palavras de conforto, pelas preocupações e lições, que só me fizeram crescer. Pelas ligações de consolo quando a saudade batia. Minha gratidão eterna.

Às minhas irmãs, Simone Mattei, Fernanda Mattei, Ângela Taís Mattei e ao meu sobrinho, Alan Mattei Barp, pelo carinho, amizade, companheirismo e especialmente, pelas palavras de encorajamento, para que eu seguisse esta jornada com determinação. Vocês são indispensáveis na minha vida!

Ao meu namorado, Alan Dresch, pelo companheirismo, carinho, atenção neste momento tão importante para mim e também pela ajuda na condução experimental.

À minha família de Marechal, Analise Bennemann Dresch, Jailson Assis Dresch e Rafaela Dresch, pelos conselhos e compreensão, principalmente nos momentos de maiores apuros, tornando mais fácil o cumprimento desta importante missão.

Aos amigos e amigas que fiz ao longo desta caminhada, àqueles de longe que, de alguma forma, contribuíram, apoiando e colaborando para a elaboração deste trabalho, vocês são muito importantes!

Aos amigos dos grupos “Bike Power” e “Cia da Pesca”, por proporcionar momentos de descontração, alegria, pelas palavras de apoio e incentivo, tornando meus dias mais agradáveis. Vocês são demais!

Aos integrantes do grupo “GEPسيا”, Andressa Perini Vengen, Bruna Thaina Bartzen, Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego, Caroline Maffini, Jeferson Tiago Piano, Jonas Francisco Egewarth, Marinez Carpiski Sampaio, Vanessa Aline Egewarth, amigos e companheiros de trabalho.

Aos professores que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial ao meu orientador Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira e coorientador Dr. Leandro Rampim, por todos os ensinamentos, pela dedicação e pela confiança depositada em mim e ao meu trabalho, serei eternamente grata.

Aos professores membros da banca de qualificação, Prof. Dr. Jean Sérgio Rosset e Profa. Dra. Maria do Carmo Lana pelos apontamentos que engrandeceram esse estudo.

Às professoras, Dra. Maria do Carmo Lana e Dra. Edleusa Pereira Seidel, por abrirem as portas dos laboratórios de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas e Física do Solo.

Ao pesquisador, Dr. Jucenei Fernando Frandoloso, pela ajuda na realização das análises.

Aos funcionários do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE, por não terem medido esforços para que o trabalho pudesse ser conduzido da melhor forma possível, em especial ao Engenheiro Agrônomo Marcelo Lang.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE e ao Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Agronomia pela oportunidade de realização do Mestrado.

Às secretárias do PPGA, Leila e Marciane pela paciência e dedicação ao realizarem seu trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto.

MUITO OBRIGADA!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

RESUMO

MATTEI, Eloisa. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2018. **Propriedades físicas, estoque de carbono e produtividade de soja com manejos da aveia preta em sistema de integração lavoura-pecuária.** Orientador: Paulo Sérgio Rabello de Oliveira. Coorientador: Leandro Rampim.

Nos últimos anos, os sistemas integrados de produção vêm se tornando cada vez mais expressivos na região Sul do país, a introdução do sistema de integração lavoura-pecuária, quando conduzido e manejado de forma correta pode ser capaz de promover inúmeros benefícios. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das densidades de semeadura da aveia preta e do pousio em uma área cultivada e manejada em sistema de integração lavoura-pecuária, sobre as propriedades físicas e químicas do solo, decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais e avaliação dos componentes de produção e produtividade da cultura da soja em sucessão. O experimento foi conduzido no município de Marechal Cândido Rondon – PR, em um Latossolo Vermelho Eutroférico de textura muito argilosa, utilizando delineamento em blocos ao acaso em esquema de faixas, com testemunha adicional, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas densidades de semeadura de aveia preta (40 e 60 kg ha⁻¹) (faixa A), mais o pousio e os manejos da aveia (sem pastejo, um pastejo e dois pastejos) (faixas B), no ano de 2016. Foi avaliada a velocidade de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais da aveia durante o cultivo da soja em sucessão. Foram quantificados os teores e os estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total, matéria orgânica, densidade, macroporosidade e microporosidade, porosidade total e resistência do solo à penetração, após o cultivo de inverno e após a colheita da soja. No verão, na safra 2016/2017, foi implantada a cultura da soja, onde foram avaliados os efeitos dos manejos antecedentes sobre as características agrônômicas e produtividade. A aveia sem pastejo e o pousio com ressemeadura natural de nabo forrageiro + azevém foram os manejos que apresentaram as maiores produtividades de matéria seca remanescentes. A quantidade dos nutrientes, N, P e K liberados dos resíduos, foram semelhantes, independente do manejo adotado. O potássio foi o nutriente liberado mais rapidamente dos resíduos, e deve ser considerado no momento da recomendação de adubação da cultura a ser implantada em sucessão. O sistema de integração lavoura-pecuária no qual se realiza um e dois pastejos da

aveia, mesmo reduzindo a cobertura do solo possibilita elevada ciclagem de nutrientes. A densidade de semeadura da aveia preta e/ou os manejos, não foram capazes de promover alterações no COT e no ECOT. A utilização de 40 kg ha⁻¹ de sementes de aveia é recomendada, por não promover alteração no incremento de MOS. A menor densidade de semeadura promoveu maior porosidade total na camada de 10-20 cm, após a colheita da soja. A densidade de semeadura de 40 kg ha⁻¹ associada ao manejo sem pastejo, apresentou a maior densidade do solo. O sistema de integração lavoura-pecuária e/ou os pastejos promovem alterações, mas não comprometem a qualidade física do solo. A utilização de 40 kg ha⁻¹ de sementes de aveia preta para a região Oeste Paranaense é indicada, por não promover alterações na produtividade da soja em sucessão e gerar economia na aquisição de sementes. O cultivo de aveia no período de inverno em sistema de integração lavoura-pecuária, independente da densidade de semeadura e manejo adotado, não interfere na produtividade da soja cultivada em sequência, sendo assim uma excelente alternativa de diversificação da produção da propriedade.

Palavras-chave: *Avena strigosa* Schreb. Ciclagem de nutrientes. Carbono Orgânico Total.

ABSTRACT

MATTEI, Eloisa. State University of Western Paraná, February 2018. **Physical properties, carbon stock and soybean yield with black oat managements in a crop-livestock integration system.** Advisor: Paulo Sérgio Rabello de Oliveira. Co-advisor: Leandro Rampim.

In recent years, integrated production systems have become increasingly expressive in the southern regions of the country, with the introduction of crop-livestock integration system, when conducted and managed in a clear way may be able to promote numerous benefits. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of seeding technologies of blackbird and fallow in an area cultivated and managed in a crop-livestock integration system, on soil physical and chemical properties, decomposition and nutrient release two in the culture and evaluation of the components of production and production in the culture of soy in succession. The experiment was conducted in the municipality of Marechal Cândido Rondon - PR, in a very clayey eutrophic Red Latosol, using a randomized block design with a control plot, with additional control, with four replications. The doses were composed of two black oats (40 and 60 kg ha⁻¹) sowing densities (range A), plus the fallow and maneuvers of the bird (without collar, one collar and two year of 2016). The total and total organic carbon and nitrogen contents, organic matter, density, macroporosity and microporosity, total porosity and soil resistance to penetration were quantified, and the release of plant nutrients from oats during soybean cultivation in succession. after the winter crop and after the soybean harvest. In the summer, in the 2016/2017 harvest, the soybean crop was implanted, where the principles of the agronomic and productive characteristics were evaluated. with natural resection of forage turnip + ryegrass were the ones that are more fragile as larger dry matter yields. The amount of nutrients, N, P and K released from the residues, were spot s, independent of the adopted management. Potassium was the nutrient released faster from the residues, and the time of fertilization of the crop to be implanted in succession should be considered. The system of crop-livestock integration is not carried out and two grazing of the bird, even so the ground cover allows the cycling of nutrients. Seed density from the booster and/or managements were also not promenuous in COT and ECOT. The use of 40 kg ha⁻¹ of oat seeds is recommended, not promoting change in the addition of MOS. The lowest semifa density is higher by a 10-20 cm layer after a soybean harvest. The

sowing density of 40 kg ha⁻¹ associated with non-sticking management presented higher soil density. The crop-livestock integration system and / or the collules promote changes, but do not compromise the physical quality of the soil. The use of 40 kg ha⁻¹ of oat seeds for the western region of Paraná is indicated because it does not promote changes in soybean suction and generate savings in the purchase of seeds. The cultivation of birds is a winter period in a crop-livestock integration system, regardless of the seeding density and management adopted, does not interfere in the productivity of the soybeans grown in sequence, thus being an excellent alternative of diversification of the production of the property.

Keywords: *Avena strigosa* Schreb. Nutrient cycling. Total Organic Carbon.

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

Al ³⁺	Alumínio trocável
H+Al	Acidez potencial
Ca ²⁺	Cálcio trocável
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
Cfa	Clima subtropical úmido
Cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
cmol _c dm ⁻³	Centimol de carga por decímetro cúbico
C	Carbono
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COT	Carbono Orgânico Total
CV	Coeficiente de Variação
Ds	Densidade do solo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
et al.	Abreviatura da expressão latina “et alia”, significando “entre outros”
ECOT	Estoque de carbono orgânico total
ENT	Estoque de nitrogênio total
g	Gramma
g dm ⁻³	Gramma por decímetro cúbico
g kg ⁻¹	Gramma por quilo
ha	Hectare
ILP	Integração Lavoura Pecuária
K ⁺	Potássio trocável
kg ha ⁻¹	Quilo grammas por hectare
L ha ⁻¹	Litros por hectare
LVef	Latossolo Vermelho Eutroférico
m	Metro
Ma	Macroporosidade
Mg ²⁺	Magnésio trocável
mg m ⁻³	Miligrama por metro cúbico
mg dm ⁻³	Miligrama por decímetro cúbico

Mg ha ⁻¹	Megagrama por hectare
Mi	Microporosidade
mm	Milímetros
M.O.	Matéria Orgânica
MPa	Megapascal
m ²	Metro quadrado
N	Nitrogênio
N ₂	Nitrogênio atmosférico (gás)
NT	Nitrogênio Total
P	Fósforo
pH	Potencial de hidrogênio
PR	Unidade da Federação – Paraná
Pt	Porosidade total
R ²	Coeficiente de determinação
RP	Resistência do solo à penetração
S	Sul
SILP	Sistema Integração Lavoura-Pecuária
TFSE	Terra fina seca em estufa
T ^{1/2}	Tempo de meia vida
t ha ⁻¹	Toneladas por hectare
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Umidade gravimétrica	Ug
W	Oeste
1000 grãos	Massa de mil grãos
%	Porcentagem
°C	Unidade de temperatura: Graus Celsius
*	Significativo à 5% de erro
**	Significativo à 1% de erro
®	Marca registrada

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Médias mensais de temperaturas máxima, média e mínima do ar e precipitação pluviométrica acumulada mensal durante o período de condução do experimento. 1P e 2P: primeiro e segundo pastejo, respectivamente, da aveia preta no inverno de 2016.22
- Figura 2 - Matéria seca remanescente dos resíduos dos manejos, pousio, 2 pastejos (2 P), 1 pastejo (1 P) e sem pastejo (sem P), conduzidos em sistema de integração lavoura-pecuária27
- Figura 3 - Carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c) e potássio remanescentes (d) (kg ha^{-1}) dos resíduos dos manejos, pousio, 2 pastejos (2 P), 1 pastejo (1 P) e sem pastejo (sem P) em avaliações realizadas ao longo do tempo (A equação e a significância dos ajustes, estão apresentadas na Tabela 3).30
- Figura 4. Croqui de instalação do experimento na área experimental.39
- Figura 5 - Resistência do solo à penetração (MPa) nas camadas de 0-40 cm de profundidade, após o cultivo da aveia preta submetida a diferentes manejos (a) e após a colheita da soja (b). As barras indicam os valores do erro padrão da média e a sobreposição destas denota a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos.65
- Figura 6 - Resistência do solo à penetração (MPa) nas camadas de 0-40 cm de profundidade, em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da soja. As barras indicam os valores do erro padrão da média e a sobreposição destas denota a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos.67

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Características químicas e granulométricas do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, antes da implantação da cultura de inverno22
- Tabela 2 - Quadrado médio da matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) remanescentes dos resíduos dos manejos ao longo do tempo.....26
- Tabela 3 - Parâmetros dos modelos ajustados ($X = X_0 \cdot e^{-kt}$) aos valores de matéria seca, nitrogênio, fósforo, potássio e carbono remanescentes, tempo de meia vida ($T_{1/2}$) e valores de R^2 dos manejos em sistema de integração lavoura-pecuária28
- Tabela 4 - Quadrado médio do nitrogênio total, estoque de nitrogênio total, carbono orgânico total, estoque de carbono total e matéria orgânica do solo em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes manejos após o cultivo da aveia preta, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm.....42
- Tabela 5 - Quadrado médio do nitrogênio total, estoque de nitrogênio total, carbono orgânico total, estoque de carbono total e matéria orgânica do solo em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes manejos após o cultivo da soja, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm43
- Tabela 6 - Nitrogênio total do solo ($g\ kg^{-1}$), estoque de nitrogênio total ($Mg\ ha^{-1}$), carbono orgânico total ($g\ kg^{-1}$), estoque de carbono orgânico total ($Mg\ ha^{-1}$) e matéria orgânica do solo (%) em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes manejos após o cultivo da aveia preta, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm.....45
- Tabela 7 - Nitrogênio total do solo ($g\ kg^{-1}$), estoque de nitrogênio total ($Mg\ ha^{-1}$), carbono orgânico total ($g\ kg^{-1}$), estoque de carbono total ($Mg\ ha^{-1}$) e matéria orgânica do solo (%) em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes manejos após a colheita da soja, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm46
- Tabela 8 - Nitrogênio total, estoque de nitrogênio total e matéria orgânica no solo, conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, após o cultivo da aveia preta48
- Tabela 9 - Quadrado médio da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da aveia preta57
- Tabela 10 - Quadrado médio da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da soja58

Tabela 11 - Porosidade total do solo ($m^3 m^{-3}$) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da soja, para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm.....	59
Tabela 12 - Densidade do solo ($g cm^{-3}$) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da soja, para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm	59
Tabela 13 - Propriedades físicas do solo na camada de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, em sistema de integração lavoura-pecuária, com diferentes manejos, após o cultivo da aveia preta (AP) e após a colheita da soja (S)	60
Tabela 14 - Quadrado médio da resistência do solo à penetração (MPa) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, em diferentes camadas, após o cultivo da aveia preta.....	62
Tabela 15 - Quadrado médio da resistência do solo à penetração (MPa) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, em diferentes camadas, após o cultivo da soja.....	63
Tabela 16 - Resistência do solo à penetração (MPa) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, em diferentes camadas, após o manejo da aveia preta...	64
Tabela 17 - Quadrado médio da população de plantas (POP), altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) da soja Nidera 5909RR, na safra 2016/2017.....	76
Tabela 18 - Estande de plantas (EP), altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) da soja Nidera 5909RR, na safra 2016/2017	78

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1	1
1.1	INTRODUÇÃO	1
1.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1.2.1	Sistema de integração lavoura-pecuária	2
1.2.2	Sucessão de culturas utilizando aveia e soja	4
1.2.3	Aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.)	5
1.2.4	Propriedades físicas do solo	6
1.2.5	Atributos químicos do solo.....	7
1.2.6	A cultura da soja	9
1.3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
2	CAPÍTULO 2 – PALHADA REMANESCENTE E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA AVEIA PRETA MANEJADA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	18
2.1	INTRODUÇÃO.....	20
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	21
2.2.1	Localização, clima e solo da área experimental.....	21
2.2.2	Delineamento experimental	22
2.2.3	Implantação e manejo da cultura da aveia	23
2.2.4	Implantação e manejo da cultura da soja	24
2.2.5	Avaliações realizadas	24
2.2.6	Análise estatística.....	25
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
2.4	CONCLUSÕES.....	32
2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
3	CAPÍTULO 3 – ESTOQUES DE CARBONO ORGÂNICO E NITROGÊNIO NO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, SUBMETIDO A MANEJOS DE PASTEJO E AO POUSIO	36
3.1	INTRODUÇÃO.....	38
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	39
3.2.1	Localização, clima e solo da área experimental.....	39
3.2.2	Delineamento experimental	39
3.2.3	Implantação e manejo da cultura da aveia	40

3.2.4	Implantação e manejo da cultura da soja	40
3.2.5	Avaliações realizadas	40
3.2.6	Análise estatística	41
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.4	CONCLUSÕES.....	49
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
4	CAPÍTULO 4 – EFEITOS DO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	52
4.1	INTRODUÇÃO.....	54
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	55
4.2.1	Localização, clima e solo da área experimental	55
4.2.2	Delineamento experimental	55
4.2.3	Implantação e manejo da cultura da aveia	55
4.2.4	Implantação e manejo da cultura da soja	55
4.2.5	Avaliações realizadas	56
4.2.6	Análise estatística	56
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.4	CONCLUSÕES.....	67
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
5	CAPÍTULO 5 – INFLUÊNCIA DOS MANEJOS DA AVEIA PRETA E DO POUSIO NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	71
5.1	INTRODUÇÃO.....	73
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	74
5.2.1	Localização, clima e solo da área experimental	74
5.2.2	Delineamento experimental	74
5.2.3	Implantação e manejo da cultura da aveia	74
5.2.4	Implantação e manejo da cultura da soja	74
5.2.5	Avaliações realizadas	74
5.2.6	Análise estatística	75
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
5.4	CONCLUSÕES.....	79
5.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

1 CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o setor agropecuário brasileiro vem sofrendo algumas mudanças, as quais são motivadas pelo desafio de produzir alimentos em maior quantidade, melhor qualidade e menor custo, de forma compatível com os recursos naturais disponíveis. Dessa forma, a integração dentre sistemas de produção torna-se uma opção viável, as quais ocupam intensamente os recursos disponíveis nos agroecossistemas, promovendo melhoria na qualidade do solo, a qual tem como base produção vegetal e animal, além da redução na utilização de insumos, gerando assim maior renda para o produtor (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

Na região Sul do Brasil, devido ao elevado risco econômico, em função de geadas, falta de opções de culturas para o cultivo no período de outono/inverno e/ou ainda a baixa oferta de forragens de verão neste período, fazem com que o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (SILP) seja muito utilizado (BALBINOT JUNIOR et al., 2009). Trata-se de um sistema de produção caracterizado pela produção de pastagens, anuais ou perenes, no período de inverno e a produção de grãos no verão, em uma mesma área.

Embora seja uma prática bastante utilizada nesta região, alguns produtores temem a sua adoção, devido a questões culturais e técnicas. Uma das questões, está relacionada diretamente à possibilidade de ocorrer a compactação. Este problema pode estar relacionado com tipo de solo, teor de umidade, lotação animal, massa de forragem presente no solo e da espécie empregada no sistema (PARENTE e MAIA, 2011). Mesmo havendo a possibilidade de ocorrer a compactação, tem sido identificado impactos negativos limitados às camadas superficiais do solo, podendo ser temporário e reversível (LANZANOVA et al., 2007).

Os sistemas de ILP por serem diversificados podem originar solos bem estruturados, promovem maior e melhor infiltração de água, redução do escoamento superficial, evitando erosão e poluição de corpos hídricos, melhor penetração do sistema radicular no perfil do solo, maior volume de solo explorado pelas raízes e, conseqüentemente melhor aproveitamento do uso de água e nutrientes (FRANZLUEBBERS, 2007).

Em sistemas de integração, têm sido observadas melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo ao longo do tempo (SANTOS et al., 2011; SPERA et al., 2010; MENDONÇA et al., 2013). Lopes et al. (2007) trabalhando com sistema de ILP na região Oeste do Paraná, observaram que o cultivo de espécies anuais tem afetado positivamente os atributos físicos do solo.

As espécies anuais utilizadas sob plantio direto na rotação de culturas, com sistema radicular bem desenvolvido e boa quantidade de fitomassa produzida, influenciam os atributos do solo (STONE e SILVEIRA, 2001). Complementarmente, para Sá et al. (2014), a redução da resistência do solo à penetração na sua superfície, em sistema de semeadura direta, está relacionada a cobertura vegetal, a qual reduz o impacto das gotas de chuva, aumentando o teor de água, atividade microbiana e matéria orgânica, melhorando assim a estrutura do solo.

Embora seja um sistema bastante utilizado, ainda há poucos resultados sobre os atributos físicos e químicos do solo em lavouras manejadas em ILP, principalmente em experimentos conduzidos há vários anos, com longo histórico de avaliações (CONTE et al., 2011). Além disso, deve-se ressaltar que o sistema ILP nem sempre é uma alternativa capaz de maximizar o rendimento dos componentes envolvidos, por isso, a adoção de práticas corretas para determinada área, a escolha da forrageira e os manejos de pastejo a serem utilizados é de grande importância.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do sistema de integração lavoura-pecuária sobre as propriedades físicas e químicas do solo, decomposição e liberação de nutrientes e produtividade da soja, em função das densidades de semeadura e manejos da aveia preta, do pousio e do cultivo da soja em sucessão.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Sistema de integração lavoura-pecuária

O sistema de integração lavoura-pecuária (SILP) é um sistema planejado de utilização racional do solo, que visa beneficiar os componentes envolvidos, plantas e animais, buscando manter ou elevar o rendimento de grãos no verão, como elevar resposta animal no inverno (ANDREOLLA, 2010).

No estado do Paraná, parte das áreas que são cultiváveis no período de verão permanecem em pousio ou são cultivadas com plantas de cobertura no inverno,

devido às condições climáticas desfavoráveis e a falta de opções de cultivo para este período. É um sistema que visa a produção sustentável, através da integração de atividades, agrícolas e pecuárias, em uma mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, o qual busca efeito positivo entre os componentes envolvidos, contemplando o meio ambiente e a viabilidade econômica (BARCELLOS et al., 2011). Baseia-se em alguns conceitos básicos, como o plantio direto, rotação de culturas, uso de insumos e genótipos melhorados e o manejo correto das pastagens (LUSTOSA et al., 2011).

O sistema ILP tem capacidade de aumentar eficiência do uso do solo, melhorar atributos físicos e químicos, quando manejado e conduzido de forma correta, pode reduzir incidência de pragas e doenças e, conseqüentemente, incrementar a renda dos produtores (DIEL et al., 2014). Desta forma, manejo correto das pastagens de inverno, torna-se indispensável para alcançar rendimento do componente animal adequado, mas também para determinar potencial produtivo da cultura em sucessão, no verão (NICOLOSO et al., 2006).

Entre os benefícios promovidos pela ILP, podem ser citados: melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e aumento da matéria orgânica. O sistema pode ser introduzido em pequenas, médias e grandes propriedades, reduzindo a pressão para a abertura de novas áreas agrícolas, melhoria na utilização dos recursos naturais, redução dos riscos de erosão, promoção da biodiversidade, pode também promover novos nichos e habitats (polinizadores e inimigos naturais de insetos pragas e doenças) e aumento na ciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2015).

Para Kluthcouski et al. (2003), os benefícios vão além, podendo o produtor beneficiar-se do sistema de forma agrônômica, recuperando a qualidade do solo; ganhos econômicos, incrementando a renda a partir do aumento do rendimento por área; ecológica, com a redução de pragas, doenças, uso de agrotóxicos e erosões; e social, gerando emprego e movimentando o PIB (produto interno bruto) do Brasil.

Apesar das inúmeras vantagens, há reduzido número de pesquisas acerca deste sistema na região Sul do país, o qual requer conhecimento maior e mais aprofundado sobre a interação dos componentes envolvidos: solo, planta e animal, refletindo em dificuldades para obtenção de resultados a médio e longo prazo, além de melhor entendimento das possíveis práticas, no intuito de reverter limitações advindas da sua utilização que podem ser relevantes para o alto rendimento animal e vegetal (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

1.2.2 Sucessão de culturas utilizando aveia e soja

Na região Sul do Brasil há predominância de sistemas de integração baseados na sucessão de culturas. Segundo Franchini et al. (2011), a sucessão de culturas pode ser definida como a alternância de duas espécies ao longo do tempo em uma mesma área de produção agrícola, uma em cada estação do ano. Sediyaama (2009) descreve a sucessão como um sistema de produção, em que em um mesmo lugar e no mesmo ano agrícola, são cultivadas duas ou mais espécies, uma em sequência da outra.

É uma prática comumente utilizada pelos produtores, os quais, no verão, cultivam culturas anuais como a soja e o milho, e durante o inverno, espécies destinadas a cobertura do solo e/ou pastejo, como a aveia, nabo forrageiro, milheto, entre outras. Para Carvalho et al. (2007), esta prática apresenta vantagens, como a capacidade de promover melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de incremento na produtividade da soja em sucessão. Os mesmos autores citam o melhor aproveitamento dos adubos químicos, reduzindo custos com fertilizantes.

Outros autores divergem deste ponto de vista e apresentam desvantagens deste sistema, a tendência de a sucessão promover a degradação física, química e biológica do solo, redução expressiva da produtividade ao longo do tempo, além de promover condições favoráveis para o desenvolvimento de pragas e doenças (SEDIYAMA, 2009).

A sucessão de culturas em sistemas de integração lavoura-pecuária torna-se uma opção interessante para o produtor, que no verão, realiza o cultivo de plantas de interesse econômico e no inverno, o cultivo de forrageiras, as quais podem ser destinadas para o consumo animal, devido à baixa oferta de alimentos neste período do ano. Além do mais, o solo permanece coberto, reduzindo os riscos inerentes a erosão e indiretamente, contribui para o controle de plantas invasoras. Mas, para tanto, há a necessidade de uma cobertura vegetal satisfatória (CARNEIRO et al., 2008).

1.2.3 Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.)

Na região Sul do Brasil, a adoção do sistema de plantio direto associado ao uso da aveia preta no inverno, antecedendo o cultivo da soja e milho no verão, tem-se mostrado como uma estratégia eficiente no manejo do solo (AMADO et al., 2003). Dentre as espécies utilizadas nesta região no período de inverno, destacam-se a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e o azevém (*Lolium multiflorum* L.), as quais se consolidaram como forrageiras utilizadas nos sistemas de integração lavoura-pecuária (ROSO e RESTLE. 2000; MACARI et al., 2006).

A aveia preta é destaque em relação a outras forrageiras de inverno. Devido às suas características, como a alta produção de forragem em um curto período de tempo, boa rusticidade em relação a pragas e doenças, ser menos exigente em fertilidade (FONTANELI, 2011), apresentar alta capacidade de produção de matéria seca e qualidade de forragem, resistência ao pisoteio e baixo custo de produção (MACARI et al., 2006). Os grãos desta espécie, em função da sua coloração e peso, são considerados de baixo valor comercial (REIS et al., 1993).

É considerada uma ótima opção para o cultivo no período de inverno, por possuir produção de grãos de elevado valor nutricional, boa formação de pastagem, seja de forma isolada ou consorciada com outras forrageiras, produção de feno, silagem, ou utilizada apenas para cobertura do solo (FLOSS et al., 2007). A utilização de pastagem de aveia, neste período, tem se mostrado com uma ótima alternativa para produção animal, seja leite ou carne (CARVALHO et al., 2008), e devido ao sistema radicular agressivo, esta cultura contribui para a manutenção da qualidade física do solo (LOSS et al., 2011).

Em função da variabilidade genética da aveia, é possível optar por materiais que apresentam ciclo vegetativo mais longo, estendendo o período de pastejo dessa forrageira e permitindo que as pastagens perenes de verão se recuperem (OLIVEIRA, 2002). Dentre as cultivares, a utilização da aveia preta IAPAR 61 vem ganhando destaque, por ser mais produtiva em relação à aveia preta “Comum”, em função do seu ciclo mais longo (NORO et al., 2003).

1.2.4 Propriedades físicas do solo

As propriedades físicas do solo, assim como os químicos e biológicos, podem ser modificados com a utilização de sistemas de manejo do solo que envolvam o pastejo animal, podendo promover efeitos negativos no crescimento e desenvolvimento radicular das plantas (SILVA et al. 2000), e na produção das culturas que serão implantadas em sucessão ao pastejo (ALBUQUERQUE et al., 2001).

Muitos produtores e técnicos relutam em aceitar a introdução de animais em sistemas agrícolas, devido a possíveis danos promovidos sobre os atributos físicos do solo (CONTE et al., 2011), sob o argumento de que os animais poderão promover a compactação e ocasionar danos na cultura em sucessão (CARVALHO et al., 2011).

Provavelmente este paradigma seja de épocas onde predominava o uso de agricultura convencional, a partir do revolvimento do solo e lotação animal excessiva (TREIN et al., 1991). Porém, a presença do animal não significa, necessariamente, comprometimento do sistema (CONTE et al., 2007).

Esses efeitos negativos ou positivos poderão ser de médio a longo prazo (PARENTE e MAIA, 2011) e dependerá do manejo adotado nas áreas sob pastejo, sendo influenciado pela textura (CORREA e REICHARDT, 1995) e umidade do solo (LIMA et al., 2013), sistema de pastejo (LEÃO et al., 2004), altura da pastagem quando manejada e quantidade de resíduo vegetal aportado sobre o solo (STEINER et al., 2011).

Dentre os atributos físicos, a densidade e a porosidade do solo (FLORES et al., 2007), infiltração de água (LANZANOVA et al., 2007) e a resistência do solo à penetração (TORMENA et al., 2002), são os mais frequentemente utilizados como indicadores de qualidade do solo, por ser de fácil determinação e baixo custo de obtenção dos dados (MARCHÃO et al., 2007).

Andreolla et al. (2014), avaliando a influência do pastejo controlado no período de inverno sobre a qualidade física do solo, observaram que a mesma não é afetada pelo SILP, desmitificando que a presença do animal irá prejudicar as áreas agrícolas.

Cassol (2003) observou que a infiltração da água no solo é proporcional a quantidade de resíduos culturais, ou seja, quando se utiliza elevada pressão de pastejo, poderá ocorrer a degradação da qualidade física do solo. Dessa forma, a utilização de intensidades de pastejos, leves a moderadas, respeitando a capacidade

de suporte, promovem pouco ou nenhum prejuízo de compactação ao solo (SILVA et al., 2015).

Contudo, alguns trabalhos vêm demonstrando efeito neutro ou positivo do sistema sobre os atributos físicos do solo. Chioderolli et al. (2012), ressaltam que o sistema de ILP apresenta a capacidade de melhoria dos atributos físicos do solo, devido à deposição de palhada sobre a superfície, favorecendo a infiltração de água, melhorando o desenvolvimento do sistema radicular, reduzindo a possibilidade de erosão e, assim, garantindo a manutenção da estabilidade do sistema.

Marchão et al. (2007), estudando diversos sistemas de integração lavoura e pecuária no Cerrado, verificaram que os sistemas conduzidos em sistema de plantio direto, não apresentaram diferenças nos atributos físicos em relação ao sistema convencional de preparo de solo, não sendo observada perda da qualidade física. Resultados semelhantes foram verificados por Flores (2004), em que não foram verificadas diferenças na densidade e na porosidade de um Latossolo conduzido em ILP, submetido ao pastejo de aveia preta (*Avena strigosa* Schreber) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) no inverno.

1.2.5 Atributos químicos do solo

Dentre os atributos utilizados para a avaliação da qualidade química do solo, destacam-se os teores de carbono orgânico total (COT) e os seus respectivos estoques (ECOT) e nitrogênio total (NT), bem como a matéria orgânica (MO).

A matéria orgânica do solo (MOS) apresenta a capacidade de alterar os atributos físicos, químicos e biológicos, por isso é considerada um componente regulador do solo (ANGHINONI et al., 2013), além de servir como fonte de energia e substrato aos microrganismos, mantendo a qualidade e a funcionalidade do solo e ecossistema (GUIMARÃES et al., 2013).

É composta, basicamente, pelo carbono orgânico (CO) e o nitrogênio total, e seus estoques são influenciados pelas taxas de adição, por resíduos vegetais, e/ou animais, e de perdas, seja pela erosão, e/ou, oxidação pelos microrganismos do solo (SOUZA et al., 2009). Dessa forma, o aumento da produtividade dos sistemas agrícolas pode estar associado ao aumento no conteúdo de carbono no solo, em função das diferentes práticas de manejo adotadas (PRIYANKA e ANSHUMALI, 2016).

O sistema de ILP assim como o sistema de plantio direto (SPD), contribuem com o acréscimo de matéria orgânica no solo via resíduos vegetais, aumentando o sequestro de carbono, contribuindo para a manutenção da sustentabilidade agrícola do ambiente edáfico (GUARESCHI et al., 2012), sendo uma importante opção para redução do aquecimento global (CERRI et al., 2011).

A MOS desempenha funções que vão desde a atividade de microrganismos e da macrofauna do solo, os quais auxiliam na agregação, promovendo melhorias na infiltração da água e reduzindo riscos de erosão ou escoamento superficial, até melhorando na estabilidade de agregados, porosidade e densidade do solo, contribuindo na redução da compactação (SPERA et al., 2010).

O Brasil apresenta um grande potencial de dreno de dióxido de carbono, devido a adoção da prática do SPD em grandes áreas, por possuir sistemas onde há elevada adição de resíduos, rotação de culturas e ao cultivo de plantas de cobertura no período da entressafra das culturas comerciais (AMADO et al., 2001). Porém, resultados de pesquisa que quantificam este potencial ainda são escassos, uma vez que depende do tipo de solo, da textura e mineralogia (BAYER et al., 2011), do relevo e condições climáticas, temperatura e umidade (BRONICK e LAL, 2005).

De acordo com Cotrufo et al. (2015), a entrada do carbono e do nitrogênio do solo se dá pela adição de restos culturais e/ou animais, e a saída pela decomposição destes resíduos e pela exportação dos produtos oriundos do sistema, animal e/ou vegetal, além de possíveis perdas de solo por erosão.

Porém, para que os sistemas de integração contribuam de forma positiva sobre a qualidade do solo, há necessidade de que o manejo adotado durante os pastejos seja adequado, de forma a manter uma quantidade ideal de material orgânico (NICOLOSO et al., 2008). No entanto, a intensidade, bem como o manejo dos pastejos irão resultar em estoques de CO e N diferentes (MORAES et al., 2011).

Para Balbinot Junior et al. (2009), o pastejo no sistema ILP pode promover incremento nas concentrações de COT do solo, em função do crescimento contínuo da pastagem e produção de massa. Segundo Cordeiro et al. (2015), os sistemas de ILP sob plantio direto, favorecem o acúmulo de matéria orgânica a partir da produção vegetal presente sobre a superfície do solo.

Estudos relacionados ao comportamento e composição da MOS são importantes, a fim de identificar e estabelecer práticas de manejos conservacionistas,

as quais contribuem para o incremento da MOS, promovendo a sustentabilidade dos agroecossistemas (MACHADO et al., 2014).

1.2.6 A cultura da soja

A cultura da soja (*Glycine max* L.) é considerada uma das mais cultivadas no mundo, sendo o Brasil um dos maiores produtores, no último ano agrícola 2016/2017 foram cultivados cerca de 34 milhões de hectares e produção de 114 milhões de toneladas, evidenciando crescimento de 13% na produção, em relação a safra anterior (CONAB, 2017).

A região Sul, destaca-se no cenário nacional como a terceira maior produtora de soja, responsável por cerca de 35% da produção. O Paraná, destinou cerca de 5 milhões de hectares, para a produção de soja e em função das altas tecnologias empregadas e condições climáticas favoráveis, apresentou média de produtividade de 3.700 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

A cultura da soja apresenta algumas vantagens em relação a outras leguminosas, como elevada fonte de proteína e óleo (SILVA et al., 2006), utilizada tanto para alimentação humana como animal. Oferece também grande emprego na indústria em função dos diversos produtos produzidos e ao seu consumo (MELLO et al., 2004).

Como visto, a soja possui grande importância no cenário do agronegócio brasileiro, podendo ser cultivada em SPD e além do mais, fazer parte de sistemas integrados, como o ILP (RICCE et al., 2011). Segundo Piano (2017), o SILP quando conduzido e manejado de forma adequada, pode contribuir de forma sustentável para a produção de soja, tornando-se uma opção viável para o produtor, como forma de aumentar e diversificar sua renda e melhorar a qualidade do plantio direto.

Dentre as vantagens do SILP para cultivo da soja, podemos citar a produção em quantidade e qualidade de palhada para o plantio direto, menor custo de produção pela redução no uso de insumos, máquinas e mão-de-obra, diversificação das atividades da propriedade, rotação e/ou sucessão de culturas, recuperação dos nutrientes lixiviados ou drenados para as camadas mais profundas através do sistema radicular das forrageiras, incremento de matéria orgânica, redução da pressão para abertura de novas áreas agrícolas e redução dos riscos climáticos (KICHEL et al., 2014).

Segundo Santos et al. (2014), avaliando a produtividade da soja em SILP submetido à diferentes sistemas de manejo do solo, verificaram que o sistema não prejudicou o rendimento de grãos. Além de não promover prejuízos em sua produção, Salton et al. (2014) afirmam que a soja cultivada em SILP e em plantio direto, é capaz de promover melhorias na estrutura física do solo, diversidade biológica, redução na incidência de nematoides e plantas daninhas.

1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

AMADO, T. J. C.; SANTI, A.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II – Influência na decomposição de resíduos liberação de nutrientes e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p.1085-1096, 2003.

ANDREOLLA, V. R. M. **Integração lavoura-pecuária: atributos físicos do solo e produtividade das culturas do feijão e milho**. 2010. 139p. Tese (Doutorado em Agronomia) Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, PR.

ANDREOLLA, V. R. M.; MORAES, A.; BONINI, A. K.; DEISS, L.; SANDINI, I. E. Soil physical attributes in integrated bean and sheep system under nitrogen levels. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 5, p. 922-930, 2014.

ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. In: ARAÚJO, A. P.; AVELAR, B. J. R. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: UFV, 2013. p. 221-278.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.

BARCELLOS, A. O.; MEDRADO, M. J. S.; GRISE, M. M.; SKORUPA, L. A.; ROCHA, W. S. Base conceitual, sistemas e benefícios da iLPF. In: BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed). **Marco referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Brasília/DF: EMBRAPA, 2011. p. 23-40.

BAYER, C.; AMADO, T. J. C.; TORNQUIST, C. G.; CERRI, C. E. P.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J. A.; NICOLOSO, R. S. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C., Eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, 2011. v.7. p.55-118.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, p. 3-22, 2005.

CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes

espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Revista Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.

CARVALHO, M. A. C. de; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O.; SÁ, M. E. de. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo do solo em feijoeiro. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 659-668, 2007.

CARVALHO, D. B. de; BELLO, M.; MORAES, A. de; PELISSARI, A.; BONA FILHO, A. Desenvolvimento de pastagens em integração lavoura-pecuária na região de Guarapuava – PR. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 11-19, 2008.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. A.; SILVA, F. S.; ASSMANN, J. M.; LOPES, M. L. T.; PFEIFER, F. M.; 88 CONTE, O.; SOUZA, E. D. **Integração Soja-Bovinos de Corte no Sul do Brasil**. Faculdade de Agronomia, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 60p., 2011.

CASSOL, L. C. **Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 157p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CERRI, C. C.; GALDOS, M. V.; MAIA, S. M. F.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; POWLSON, D.; CERRI, C. E. P. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. **European Journal of Soil Science**, v. 62, n. 1, p. 23-28, 2011.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 32, n. 1, p. 15-53, 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2016/2017**. Décimo primeiro levantamento, Agosto de 2017. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2017. 164p.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CEPIK, C. T. C.; DEBIASI, H. Demanda de tração em haste sulcadora na integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 220-228, 2007.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHIONI, I.; CARVALHO, P. C. de F. C.; LEVIEN, R.; WESP, C. de L. Evolução dos atributos físicos de solo em sistema

de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1301-1309, 2011.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 107-114, 1995.

COTRUFO, M. F.; SOONG, J. L.; HORTON, A. J.; CAMPBELL, E. E.; HADDIX, M. L.; WALL, D. H.; PARTON, W. J. Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. **Nature Geoscience**, v. 8, p. 776–779, 2015.

DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A. L.; ISERNHAGEN, E. C. C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 49, n. 8, p. 639-647, 2014.

FLORES, J. P. C. **Atributos de solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo em plantio direto com aplicação de calcário na superfície**. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. B.; FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 771- 780, 2007.

FLOSS, E. L.; FLOSS, L. G. Cultivo de aveia em sistema de produção. **Revista Plantio Direto**, ed. 97, Passo Fundo, RS. jan-fev, 2007. Disponível em: < http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=775 > Acesso em: 10 dez. 2017.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. Forrageiras para integração lavoura-pecuária na região sul brasileira. **III Encontro de Integração Lavoura – Pecuária no Sul do Brasil**. Pato Branco. UTFPR. 2011.

FRANCHINI, J. C.; COSTA; J. M. da; DEBIASI, H. Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade à produção agrícola no Paraná. **Informações agrônomicas**, Piracicaba, n. 134, p.1-13, jun. 2011.

FRANZLUEBBERS, A. J. **Soil physical aspects of integrated crop-livestock systems**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. **Anais...**Curitiba, 13 a 15 de agosto de 2007. (CD-ROM).

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 909-920, 2012.

GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I. S.; SILVA, T. O.; SILVA, T. L.; DIAS, N. S.; MATIAS, M. I. S. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. **Soil & Tillage Research**, v. 126, p. 177-182, 2013.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) – Experiências no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão, 570 p., 2003.

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 de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, 2007.

LEÃO, T. P.; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 415-423, 2004.

LIMA, I. M. A.; ARAÚJO, M. C.; BARBOSA, R. S. Avaliação das propriedades físicas do solo em sistemas silvipastoris, região centro-norte, estado do Piauí. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n.1, p. 117-124, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo em plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

LUSTOSA, S.; MACHADO, D.; BALDISSERA, T.; MORAES, A.; SANDINI, I. E. Experiências de Integração Lavoura-Pecuária na Região Central do Paraná. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 6, n. 2, p. 1-9, 2011.

MACARI, S.; ROCHA, M. G.; RESTLE, J. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 910-915, 2006.

MACHADO, L. V.; RANGEL, O, J. P.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.

MELLO FILHO, O. L.; SEDIYAMA, C. S.; MOREIRA, M. A.; REIS, M. S.; MASSONI, G. A.; PIOVESAN, N. D. Grain yield and seed quality of soybean selected for high protein content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 445-450. 2004.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras, milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 251-259, 2013.

MORAES, A.; PIVA, J. T.; SARTOR, L. R.; CARVALHO, P. C. F. Avanços científicos em integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: Encontro de Integração Lavoura-Pecuária No Sul do Brasil, 3.,2011, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: UTFPR, 2011.

NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1799-1805, 2006.

NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M. E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2425-2433, 2008.

NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELLI, R. S.; ANDREATTA, E. Gramíneas anuais de inverno para produção de forragem: avaliação preliminar de cultivares. **Agrociência**, v. 7, n. 1, p. 35-40, 2003.

OLIVEIRA, E. Opções de forrageiras de entressafra e inverno em sistema de integração lavoura e pecuária. In: Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. 1°. Pato Branco, 2002. **Anais...**Pato Branco: CEFET-PR, 2002, p.327-346.

PARENTE, H. N.; MAIA, M. O. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. **Revista Trópica**, v. 5, n. 3, p. 3-15, 2011.

PIANO, J. T. **Propriedades físicas, resíduos culturais e soja em sucessão à aveia pastejada em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2017, 72p. (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, 2017.

PRIYANKA, K.; ANSHUMALI. Soil carbon: an overview on soil carbon function and its fractionation. **Current World Environment**, v. 11, n. 1, p. 178-185, 2016.

REIS, R.; RODRIGUES, L. R.; VIEIRA, R. D.; GUIMARÃES, P.H. Produção e qualidade de sementes de aveias forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28 n. 12, p. 1425-1430, 1993.

RICCE, W. S.; ALVES, S. J.; PRETE, C. E. C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1220- 1225, 2011.

ROSO, C.; RESTLE, J. Aveia preta, triticale e centeio em mistura com azevém. 2. Produtividade animal e retorno econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 85-93, 2000.

SÁ, J. C. M.; TIVET, F.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; HARTMAN, D. C.; SANTOS, J. Z.; SANTOS, J. B. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 136, n. 1, p. 38-50, 2014.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; DREON, G. Fertilidade, teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura, pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 474-482, 2011.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; PIRES, J. L. F.; FONTANELI, R. S.; BIAZUS, V.; VERDI, A. C.; VARGAS, A. M. Rendimento de grãos e características agrônômicas de soja em função de pastagens perenes em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 319-326, 2014.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Macenas, 2009. 314 p.

SILVA, V. R.; REINERT, D.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 191-199, 2000.

SILVA, M. S.; NAVES, M. M. V.; OLIVEIRA, R. B.; LEITE, O. S. M. Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 571-576, 2006

SILVA, J. L. S.; SANTOS, D. T.; VIEIRA, P. C.; PILLON, C. N. **Integração Lavoura Pecuária-Floresta (ILPF)**. Boletim Técnico Informativo Plano ABC. 16p., 2015.

SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, 2009.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 37-44, 2010.

STEINER, F.; PIVETTA L. A.; CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M. Carbono orgânico e carbono residual do solo em sistema de plantio direto, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 401-408, 2011.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo Vermelho Distrófico

sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho após pastejo intenso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 1, p. 105-111, 1991.

2 CAPÍTULO 2 – PALHADA REMANESCENTE E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA AVEIA PRETA MANEJADA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

RESUMO

A formação e manutenção dos resíduos culturais sobre o solo, assim como sua decomposição e liberação de nutrientes permitem o fornecimento de elementos essenciais às culturas de interesse comercial. O objetivo do trabalho foi avaliar a decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos da cultura da aveia preta e do pousio conduzidos em sistema de integração lavoura-pecuária. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com duas repetições, sendo as parcelas constituídas por quatro manejos (pousio, aveia sem pastejo, aveia pastejada uma e duas vezes) e as subparcelas, pelas épocas de avaliação ao longo do cultivo da soja em sucessão (0, 10, 20, 30, 50, 100 e 120 dias após a semeadura). Foram determinadas as quantidades residuais de matéria seca e os teores de Carbono (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K). A aveia sem pastejo e o pousio com ressemeadura natural de aveia + azevém, foram os manejos que apresentaram as maiores quantidades de matéria seca remanescentes, chegando a 5.219 e 6.781 kg ha⁻¹, respectivamente. A quantidade dos nutrientes, N, P e K liberados dos resíduos, foram semelhantes independente do manejo adotado, com redução exponencial e proporcional à redução da matéria seca remanescente. O K foi o nutriente liberado mais rapidamente dos resíduos e deve ser considerado no momento do cálculo de adubação da cultura a ser implantada. O sistema de integração lavoura-pecuária no qual se realiza um e dois pastejos da aveia, mesmo reduzindo a cobertura do solo, possibilita elevada ciclagem de nutrientes.

Palavras-chave: Resíduos culturais. Tempo de meia vida. Reciclagem de nutrientes.

REMANESCENT SLING AND RELEASE OF BLACK OATS NUTRIENTS HANDLED IN INTEGRATION SYSTEM WASTE-LIVESTOCK

ABSTRACT

The formation and maintenance of cultural residues on the soil, as well as their decomposition and release of nutrients allow the supply of essential elements to crops of commercial interest. The objective of this work was to evaluate the decomposition and nutrient release of the residues of black oats and fallow, conducted in a crop-livestock integration system. The experimental design was a randomized complete block design with two replications, with four replications (fallow, oats without grazing, oats grazed once and twice), and the subplots, for the periods of evaluation (0, 10, 20, 30, 50, 100 and 120 days after sowing). The residual amounts of dry matter and the contents of Carbon (C), Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K) were determined. Oats without grazing and the resting of natural oats + ryegrass were the treatments that presented the highest amount of dry matter remaining, reaching 5,219 and 6,781 kg ha⁻¹, respectively. The amount of nutrients, N, P and K released from the residues, were similar regardless of the management adopted, with an exponential reduction proportional to the reduction of the remaining dry matter. K was the nutrient released faster from the residues and should be considered at the time of fertilization calculation of the culture to be implanted. The crop-livestock integration system in which one and two grazing of the oats is performed, even reducing the soil cover, allows a high cycling of nutrients.

Key words: Crop residues. Half-life. Recycling of nutrients.

2.1 INTRODUÇÃO

A utilização da aveia preta (*Avena Strigosa* Schreb.) na região Sul do Brasil como planta de cobertura ou ainda como alimentação para os animais no período de inverno, tem se mostrado uma estratégia eficiente para o sistema plantio direto (SPD), controle da erosão e na ciclagem de nutrientes, antecedendo o cultivo de soja e milho no verão.

O manejo conservacionista depende da utilização de diversas práticas agrícolas, destacando os sistemas de integração lavoura e pecuária (SILP), em função de que são atividades que se complementam. Porém, a garantia de sucesso deste sistema irá depender do manejo adequado dos componentes envolvidos, solo, planta e animal, os quais interagem entre si (VILELA et al., 2011).

Como alternativa para aumentar a produtividade das culturas de interesse econômico e reduzir custos com fertilizantes, tem-se utilizado estratégias de manejos as quais possibilitam aumentar a eficiência da adubação, redução dos impactos ambientais e melhorar a renda para o produtor (TEIXEIRA et al., 2012). Dentre estas alternativas, destaca-se a utilização de plantas de cobertura antecedendo as culturas comerciais, as quais são capazes de extrair os nutrientes das camadas mais profundas do solo, por meio do sistema radicular (MELO et al., 2011), aportar quantidade de fitomassa de forma satisfatória sobre a superfície do solo, e com o decorrer da decomposição, liberar nutrientes para as culturas sucessoras, reduzindo os custos de produção (SÁ et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2011).

Entretanto, vários são os fatores que podem influenciar na permanência dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo, tais como a composição química do material vegetal e as condições edafoclimáticas de cada região (SOUZA et al., 2010). De forma que, quanto mais rápida for sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes.

Para Crusciol et al. (2008), a aveia preta esta dentre as plantas de cobertura que são decompostas e liberam nutrientes para o solo de forma lenta e gradual, quando comparada ao nabo forrageiro, em que a decomposição e liberação de nutrientes é rápida e intensa. Além disso, os mesmos autores estimam que dentre as espécies utilizadas nas rotações e/ou sucessões de culturas, para a região Oeste do Paraná, a aveia preta é responsável por cerca de 30% do cultivo em relação às demais espécies utilizadas como planta de cobertura. Aita e Giacomini (2003) observaram

que cerca de 81% da fitomassa seca produzida ainda permanecia na superfície do solo 30 dias após o manejo, quando cultivada de forma solteira.

O acúmulo de nutrientes pelas plantas no sistema de integração lavoura-pecuária, bem como a sua disponibilidade, são fatores que podem estar associados ao manejo dos componentes envolvidos. Desta forma, estudos de liberação dos nutrientes das plantas de cobertura tornam-se indispensáveis, para melhor entender o sistema de integração lavoura-pecuária.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos da cultura da aveia preta e do pousio, conduzidos em sistema de integração lavoura-pecuária com a cultura da soja em sucessão.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização, clima e solo da área experimental

O trabalho foi conduzido em condições de campo, na safra 2016/2017, na Fazenda Experimental “Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa”, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Câmpus Marechal Cândido Rondon, localizado na região Oeste do Paraná, latitude 24°31'58"S e longitude 54°01'10"W, com altitude aproximada de 400 m.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013) e o clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa, clima subtropical úmido, com temperaturas médias variando entre 17°C e 19°C e precipitação média anual de 1.500 mm (CAVIGLIONE et al., 2000). Os dados climáticos referentes ao período experimental (Figura 1) foram obtidos junto da Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE, localizada próximo à área experimental.

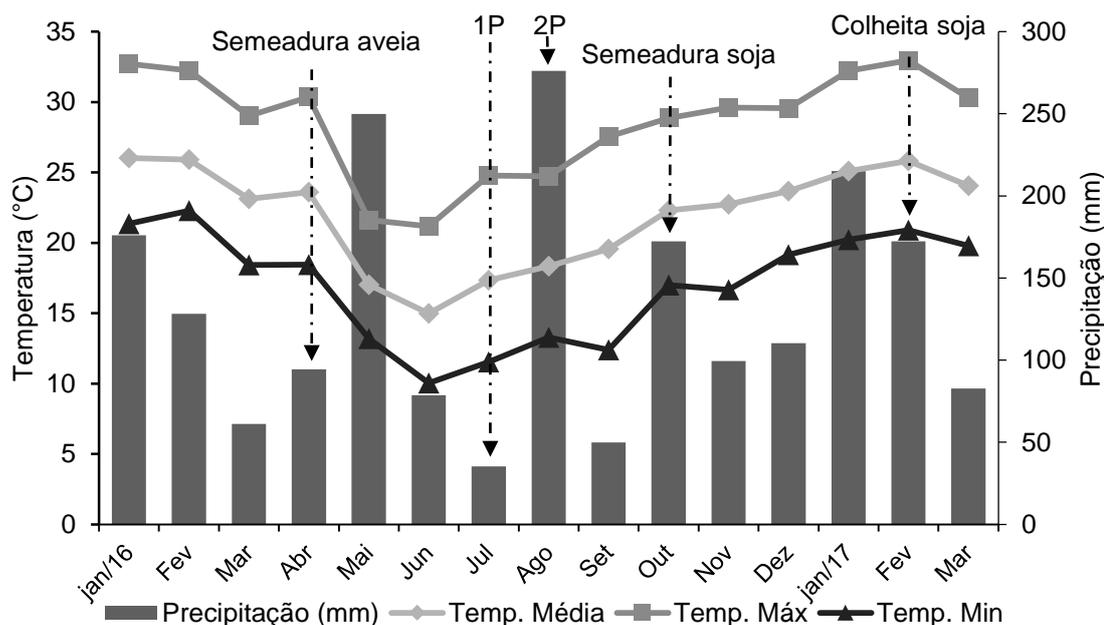


Figura 1 - Médias mensais de temperaturas máxima, média e mínima do ar e precipitação pluviométrica acumulada mensal durante o período de condução do experimento. 1P e 2P: primeiro e segundo pastejo, respectivamente, da aveia preta no inverno de 2016.

Fonte: UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR.

A área estava sendo manejada em sistema de integração lavoura-pecuária e sob o mesmo manejo há quatro anos, em semeadura direta. Um ano antes da implantação do experimento (2015), realizou-se a calagem na área. Em março de 2016 foi realizada amostragem de solo para a caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas e granulométricas do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, antes da implantação da cultura de inverno

Camadas	P	MO	pH	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC
cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³						
0-10	32,72	39,64	4,20	6,82	0,40	0,58	3,89	2,92	7,39	14,21
10-20	21,14	23,24	4,63	5,92	0,15	0,55	4,59	2,67	7,81	13,73
Camadas	V	Argila		Silte		Areia				
cm	%	g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹				
0-10	52,01	681,0		266,5		52,5				
10-20	56,88	751,5		199,1		49,4				

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

2.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com duas repetições. Nas parcelas (50 m²) foram alocados os quatro manejos: sem pastejo, um pastejo com altura de resíduo de 15 cm

e dois pastejos com altura de resíduo de 15 cm e pousio. Nas parcelas destinadas ao tratamento pousio, desenvolveu-se somente a vegetação espontânea (área de ressemeadura natural de espécies predominantes, azevém (*Lolium multiflorum*) e o nabo (*Brassica napus* L.). As subparcelas, foram constituídas pelas épocas de coleta dos *litter bags* ao longo do cultivo da cultura da soja (0, 10, 20, 30, 50, 100 e 120 dias após a semeadura (DAS)).

2.2.3 Implantação e manejo da cultura da aveia

Antes da implantação da cultura da aveia, com 30 dias de antecedência, foi realizada dessecação da área, utilizando-se Glifosato-sal de Isopropilamina + Clethodim, nas doses de 4,0 L ha⁻¹ e 0,5 L ha⁻¹ de produto comercial contendo 480 g L⁻¹ e 240 g L⁻¹ de ingrediente ativo, respectivamente.

A cultura da aveia foi semeada no período de outono/inverno, no dia 13 de abril de 2016, de forma mecanizada e direta sobre a palhada de soja, utilizando 40 e 60 kg ha⁻¹ de sementes de aveia preta, cultivar IAPAR 61 a 0,17 m de espaçamento entre linhas. A adubação de base foi realizada utilizando 250 kg ha⁻¹ do formulado 10-15-15 (N, P₂O₅ e K₂O) e para adubação de cobertura, 120 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

A adubação de cobertura da aveia foi realizada de forma manual, no tratamento pastejado duas vezes, a mesma foi parcelada em três vezes, sendo uma aplicação no início do perfilhamento e logo após cada pastejo. Para os tratamentos que sofreram apenas um pastejo e/ou que não foram pastejados, a adubação de cobertura foi parcelada em duas vezes, no perfilhamento e após o primeiro pastejo. Em relação aos tratamentos fitossanitários, durante o ciclo da aveia, não houve necessidade de aplicação de herbicidas, inseticidas e/ou fungicidas.

Quando as plantas apresentavam entre 25 e 35 cm de altura, iniciou-se os manejos das parcelas (exceto no pousio e sem pastejo), utilizando doze animais da raça holandesa em fase de lactação, com peso médio de 650 kg. Os pastejos eram realizados durante quatro horas diárias, sendo duas no período matutino e duas no vespertino, ou até que a resteva atingisse cerca de 15 cm, de forma que não ocorresse danos ao meristema apical das plantas. Com a retirada dos animais, a área permanecia vedada por período de 30 dias, após o qual foi realizado o segundo

pastejo à semelhança do primeiro. Os pastejos foram iniciados aos 86 e 116 dias após a semeadura (DAS).

2.2.4 Implantação e manejo da cultura da soja

Para a implantação da cultura de verão, a área foi previamente dessecada, 36 dias após o segundo pastejo, utilizando-se Glifosato-sal de Isopropilamina + Clethodim na dose de 3,0 L ha⁻¹ e 0,40 L ha⁻¹ de produto comercial contendo 480 g L⁻¹ e 240 g L⁻¹ de ingrediente ativo respectivamente.

A semeadura da soja foi realizada em sistema de semeadura direta na palha, no dia 21 de outubro de 2016, cerca de 20 dias após a dessecação, utilizando-se a cultivar de NIDERA 5909 RR, 0,50 m de espaçamento entre linhas, a 4 cm de profundidade e 14 sementes por metro linear. Para a adubação de base foi utilizado 310 kg ha⁻¹ do formulado comercial 02-20-18 (N, P₂O₅ e K₂O).

Em função do desenvolvimento da cultura, foram realizadas aplicações de fungicidas Piraclostrobina + Fluxapirroxade na dose de 300 mL ha⁻¹, de produto comercial; e inseticidas: Neonicotinóide + Piretróide e Benzoiluréia, nas doses de 250 mL ha⁻¹ e 300 mL ha⁻¹, de produto comercial, respectivamente, com volume de calda de 250 L ha⁻¹. A colheita da soja foi realizada de forma manual, no dia 27 de fevereiro de 2017.

2.2.5 Avaliações realizadas

Um dia antes da semeadura da soja, determinou-se produtividade de matéria seca da aveia onde utilizou 60 kg ha⁻¹ de sementes, estimada por meio de amostragem com um quadrado metálico de área conhecida (0,25 m²). A avaliação de decomposição e liberação de nutrientes da palhada foi realizada pelo método do *litter bag* (KLIEMANN et al., 2006) com dimensão de 0,20 x 0,30 m, sendo colocadas na superfície, em contato direto com o solo. Para preenchimento dos *litter bags*, o material passou por secagem em estufa de circulação forçada a 65°C, posteriormente, acondicionou-se 30 g desse material em cada bolsa, sem ser seccionado em fragmentos.

Em cada tratamento, foram distribuídos 12 *litter bags* sobre a superfície do solo, sendo realizadas seis coletas, duas bolsas por coleta, aos 0 dias após a

semeadura da soja (DAS), 10, 20, 30, 50, 100 e 120 DAS. Após recolhidas as bolsas, o material vegetal foi limpo em peneira, para eliminação do solo aderido, e levado à estufa (65°C por 48 h), para posterior pesagem e trituração em moinho tipo Willey.

Foram determinados os teores de C, N, P e K. O C foi obtido a partir da determinação da matéria orgânica em mufla, conforme descrito por Silva e Queiroz (2006). Para determinação do N, P e K, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica. Nos extratos, a quantidade de N foi determinada pela destilação em sistema semi-micro Kjeldahl, conforme descrito por Tedesco et al. (1995), o P foi determinado por espectrofotometria UV-VIS de acordo com Braga e Defelipo (1974), enquanto que, o K foi determinado por fotometria de chama (MALAVOLTA et al., 1997).

A partir dos resultados obtidos, foram determinadas as taxas de decomposição da palhada e de liberação de nutrientes da matéria seca remanescente, utilizando o modelo matemático exponencial negativo simples, $X = X_0 \cdot e^{-kt}$ (THOMAS e ASAKAWA, 1993). Onde X é a quantidade de matéria seca ou nutrientes remanescentes; t é um período de tempo em dias; X_0 refere-se à quantidade de matéria seca no início da decomposição e; k é a constante de decomposição. A partir do valor de k, foi calculado o tempo de meia-vida ($T^{1/2} = 0,693/k$) (PAUL e CLARK, 1989) que representa o período de tempo necessário para que 50% dos resíduos se decomponham ou para que metade dos nutrientes contidos nos resíduos seja liberada.

2.2.6 Análise estatística

Com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o Teste F ($p < 0,05$). Havendo significância para os manejos, tempo ou a interação desses fatores, realizou-se a escolha de um modelo matemático.

A escolha do tipo de modelo que melhor se ajustou a cada conjunto de dados foi realizada com base na significância dos parâmetros da equação e no coeficiente de determinação (R^2), o qual indica o grau de associação entre os valores observados e o modelo ajustado. As equações foram obtidas por meio do Software SigmaPlot®13.0.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores manejos (sem pastejo, 1 pastejo, 2 pastejos e pousio) e o tempo de decomposição (0, 10, 20, 30, 50, 100 e 120 DAS) foi significativa para todas as variáveis estudadas: matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo e potássio remanescentes (kg ha^{-1}) (Tabela 2).

Tabela 2 - Quadrado médio da matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) remanescentes dos resíduos dos manejos ao longo do tempo

FV	GL	MS	C	N	P	K
Bloco	1	1,3891	427,9114	73,7843	0,1471	250,2046
Manejo (M)	3	18146331,2824*	5129965,1537*	1247,8068 ^{ns}	9,6975*	341,6172*
Erro 1	3	22893,2046	8204,0347	334,7237	0,2925	15,3270
Tempo (T)	6	11481772,1683*	3332205,2303*	5665,1544*	28,8817*	6148,3293*
M x T	18	127034,1476*	42292,6107*	430,2311*	3,0452*	176,3732*
Erro 2	24	31194,0954	13434,7907	181,5011	1,2051	59,9160
CV 1 (%)		3,99	4,54	22,71	10,96	14,92
CV 2 (%)		4,66	5,81	16,72	22,25	29,50

FV - Fontes de variação; MS - Matéria seca; C - Carbono; N - Nitrogênio; P - Fósforo; K - Potássio; ns - Não significativo; * - Significativo a 5% pelo teste F.

Em relação aos manejos adotados, observou-se decréscimo exponencial da matéria seca remanescente. Essa perda foi mais acentuada na aveia pastejada uma e duas vezes, onde ocorreu redução de 68% e 66% aos 120 DAS, respectivamente (Figura 2). Esse fato pode ter ocorrido por consequência do material ter rebrotado, proporcionando incremento do número de folhas que colmos e incremento de número de perfilhos, em relação aos tratamentos com menor intensidade de pastejo. Assmann et al. (2014), trabalhando com trigo de duplo propósito e diferentes intensidades de pastejo, observaram que, o material residual se decompôs mais rapidamente com elevação da intensidade de pastejo.

Resultado contraditório foi observado por Medrado et al. (2011), avaliando a decomposição de matéria seca residual de diferentes coberturas invernais, em que, a presença do animal reduziu a velocidade de decomposição dos resíduos culturais em relação ao pousio. Os autores atribuem este fato, devido à maior quantidade de matéria seca produzida onde não ocorreu o pastejo, a qual possivelmente tenha influenciado na temperatura e umidade do solo, favorecendo a sobrevivência e crescimento da população de organismos decompositores, aumentando a velocidade de decomposição deste resíduo.

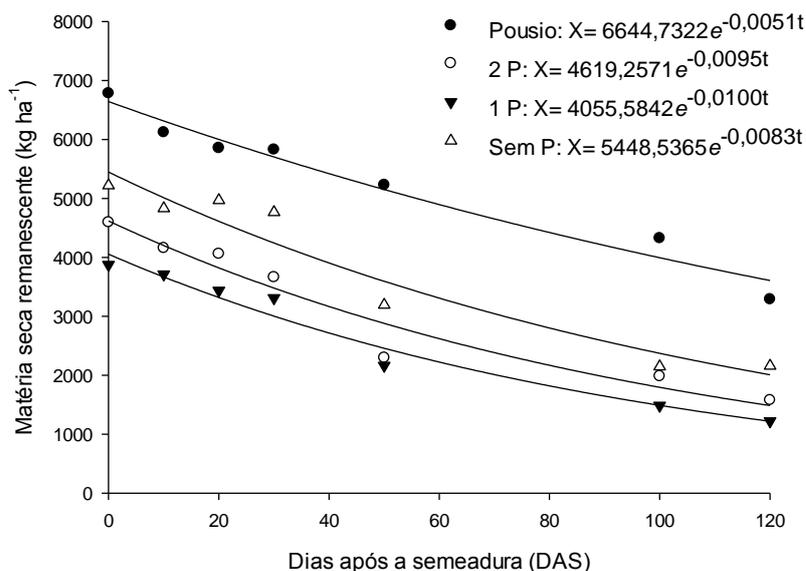


Figura 2 - Matéria seca remanescente dos resíduos dos manejos, pousio, 2 pastejos (2 P), 1 pastejo (1 P) e sem pastejo (sem P), conduzidos em sistema de integração lavoura-pecuária

Após 120 dias da semeadura da soja, registrou-se permanência de 51%, 41%, 34% e 32% da quantidade inicial da matéria seca sobre o solo do pousio, da aveia sem pastejo, aveia com dois pastejos e aveia pastejada uma única vez, respectivamente. O que pode ser explicado devido a maior quantidade de lignina e menor teor de açúcares solúveis e nitrogênio nos resíduos vegetais mais velhos (pousio e aveia sem pastejo) em relação aos resíduos mais jovens (aveia pastejada uma e duas vezes), tornando a decomposição mais lenta (SANAULLAH et al., 2010).

O maior tempo de meia vida ($T^{1/2}$) da biomassa remanescente, foi verificado para o pousio, com 136 dias (Tabela 3) e o menor, para os manejos com um e dois pastejos (69 e 73 dias, respectivamente), isso se deve ao fato da vegetação espontânea que se desenvolveu nesta área, ser constituída predominantemente por duas espécies: o azevém (*Lolium multiflorum*) e o nabo (*Brassica napus* L.), espécies que apresentam grande capacidade de ressemeadura natural e permanecem na área de um ano para outro.

Tabela 3 - Parâmetros dos modelos ajustados ($X = X_0 \cdot e^{-kt}$) aos valores de matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo e potássio remanescentes, tempo de meia vida ($T^{1/2}$) e valores de R^2 dos manejos em sistema de integração lavoura-pecuária

Manejos	$k^{(1)}$	$T^{1/2(2)}$ Dias	R^2
Matéria seca remanescente			
Pousio	0,0051	136	0,96**
2 Pastejos	0,0095	73	0,95**
1 Pastejo	0,0100	69	0,97**
Sem Pastejo	0,0083	83	0,94**
Carbono total remanescente			
Pousio	0,0053	131	0,93**
2 Pastejos	0,0100	69	0,97**
1 Pastejo	0,0103	67	0,98**
Sem Pastejo	0,0085	82	0,97**
Nitrogênio remanescente			
Pousio	0,0039	178	0,63**
2 Pastejos	0,0137	51	0,92**
1 Pastejo	0,0096	72	0,84**
Sem Pastejo	0,0056	124	0,75**
Fósforo remanescente			
Pousio	0,0030	231	0,68**
2 Pastejos	0,0155	45	0,81**
1 Pastejo	0,0219	32	0,94**
Sem Pastejo	0,0060	116	0,74**
Potássio remanescente			
Pousio	0,0782	9	0,97**
2 Pastejos	0,0748	9	0,93**
1 Pastejo	0,0512	14	0,96**
Sem Pastejo	0,0323	21	0,79**

(1) Constante de decomposição; (2) Tempo de meia vida; ** Significativo a 1% pelo teste F.

Possivelmente devido a relação C/N elevada dos resíduos produzidos no pousio (35) em relação aos manejos pastejados uma e duas vezes (21 e 16,4, respectivamente), não somente ao fato de possuir uma espécie da família das Poaceae, mas, por não ter recebido nenhum tipo de adubação nitrogenada, seja de semeadura, ou de cobertura. Segundo Lobo et al. (2012), à medida que ocorre o incremento da concentração de N no tecido dos vegetais, a relação C/N tende a ser reduzida.

A velocidade de decomposição dos resíduos culturais, bem como a quantidade de nutrientes disponibilizados pela aveia para a cultura subsequente, é importante, pois permitem verificar se essa palhada será suficiente para atender a demanda de nutrientes, total ou parcial, ou se há sincronismo entre a época de maior

liberação de nutrientes e de exigência pela cultura sucessora (CALONEGO et al., 2012).

Além disso, vale ressaltar que a presença dos resíduos culturais sobre a superfície preserva o solo contra o impacto da gota da chuva, reduzindo o risco de erosões, mantendo a umidade, aumentando o aporte de matéria orgânica e, conseqüentemente, favorecendo a qualidade física e química do solo.

O carbono total (C), apresentou comportamento semelhante a matéria seca remanescente, ou seja, a perda do C do resíduo foi proporcional a perda de massa da matéria seca remanescente (Figura 3a).

A maior quantidade de C acumulado na matéria seca remanescente e tempo de meia vida ($T^{1/2}$) foram observados para o pousio, cerca de 3.600 kg ha^{-1} (Figura 3 (a)) e 131 dias (Tabela 3). Ao final dos 120 DAS cerca de 55% do C havia sido liberado. Já, as maiores perdas foram observadas com os resíduos culturais da aveia com um pastejo, cerca de 70% aos 120 DAS.

O C total é utilizado pelos microrganismos, especialmente fungos e bactérias, os quais colonizam os resíduos vegetais como fonte de energia, que é liberado na forma de Dióxido de Carbono (CO_2) para a atmosfera (MANZONI et al., 2008). Dessa forma, em função da temperatura média elevada e precipitações ocorridas durante o período experimental (Figura 1), esses fatores podem ter contribuído para a colonização dos resíduos por esses microrganismos.

Por ser o nutriente mais extraído, o nitrogênio (N) apresentou o maior acúmulo na matéria seca. Destacando-se o manejo da aveia com dois pastejos, em que, a quantidade inicial (0 DAS) de N no tecido vegetal é de aproximadamente 164 kg ha^{-1} . Possivelmente devido à diferenciação estrutural que o pastejo causou, promovendo maior densidade de perfilhos e conseqüentemente de folhas, associado à alta mobilidade do nutriente sendo direcionado para regiões onde há maior taxa de crescimento devido à rebrota. Porém, sua liberação ocorreu rapidamente, até os 120 DAS cerca de 71% do N acumulado na matéria seca residual havia sido liberado (Figura 3 (b)), apresentando o menor tempo de meia vida, 51 dias (Tabela 3).

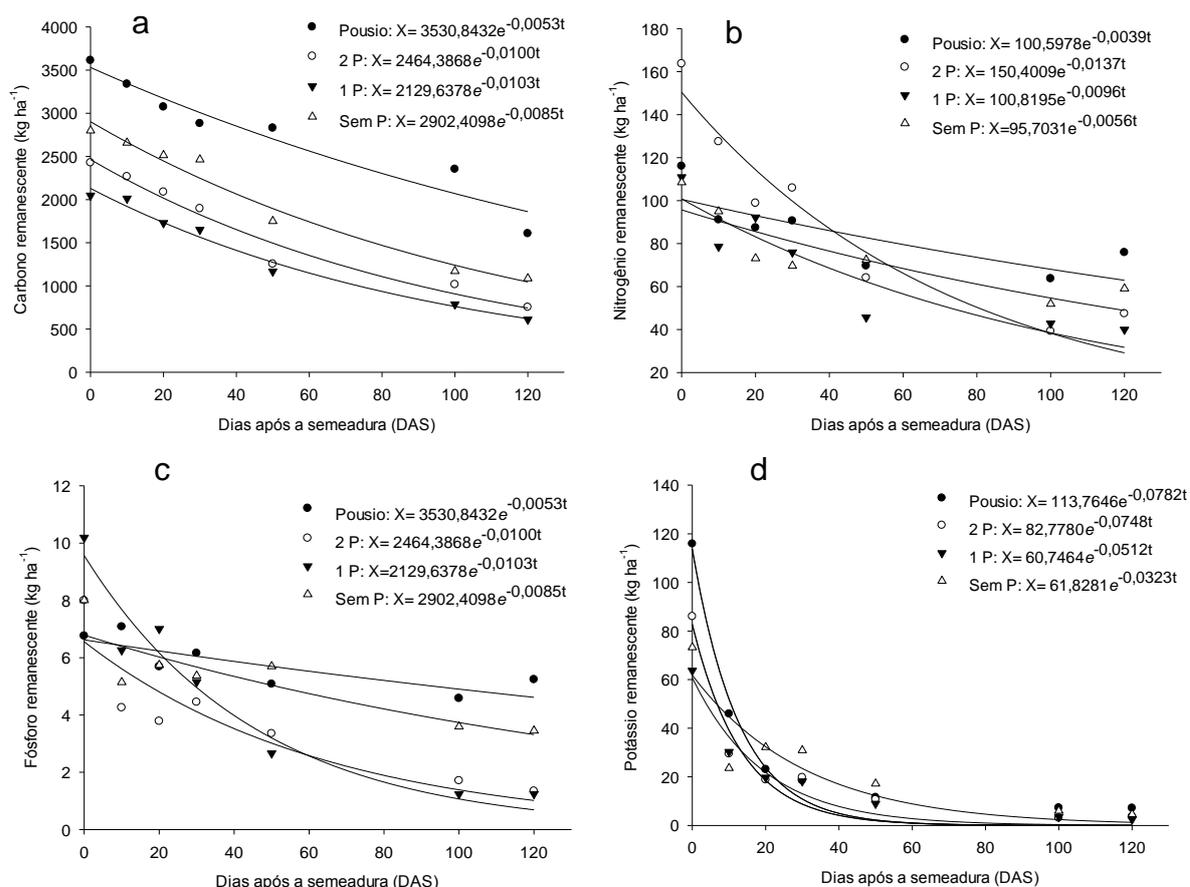


Figura 3 - Carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c) e potássio remanescentes (d) (kg ha⁻¹) dos resíduos dos manejos, pousio, 2 pastejos (2 P), 1 pastejo (1 P) e sem pastejo (sem P) em avaliações realizadas ao longo do tempo (A equação e a significância dos ajustes, estão apresentadas na Tabela 3).

Amado et al. (2003), avaliando a decomposição da aveia e da ervilhaca, observaram que a ervilhaca liberou maior quantidade de N (cerca de 55 kg ha⁻¹ aos 90 dias após o manejo), enquanto no consórcio aveia + ervilhaca houve uma redução na liberação deste nutriente. Da mesma forma, Aita e Giacomini (2003), observaram que a ervilhaca possuía 60% do N inicial nos resíduos culturais nos primeiros 15 dias de avaliação, enquanto no nabo e na aveia, este valor foi superior a 90%.

Em relação ao fósforo (P), observou-se que a quantidade inicial nos resíduos dos manejos adotados para a aveia (1 P, 2 P e sem P) foram mais elevados do que no pousio, fato que pode ser explicado devido a adubação de base realizada no momento da implantação da aveia (Figura 3 (c)). Porém, o tempo de meia vida ($T^{1/2}$) desses manejos foram menores, 32, 45 e 116 dias para os manejos citados acima, respectivamente, quando comparado ao pousio, com 231 dias (Tabela 3).

O maior tempo de meia vida ($T^{1/2}$) do P para o pousio, pode ser atribuído à maior produção de matéria seca (Figura 2) e elevada relação C/N. Além disso, por ser

um nutriente que se encontra na forma orgânica nos resíduos vegetais, sua liberação é considerada lenta, reduzindo a possibilidade de retenção aos óxidos-hidróxidos de ferro e alumínio (SILVA NETO et al., 2008), tornando a sua utilização mais eficiente em relação a utilização de adubos minerais prontamente solúveis.

O potássio (K), foi o segundo nutriente mais extraído pelas plantas, apresentando maior tempo de meia vida ($T^{1/2}$) de 14 e 21 dias, para os resíduos provenientes da aveia pastejada uma vez e sem pastejo, em relação ao demais manejos (9 dias) (Tabela 3). Da mesma forma, Santos et al. (2014), avaliando a liberação de K da palhada de milho + *Brachiaria ruziziensis* após a dessecação da área, observaram tempo de meia vida ($T^{1/2}$) de 13 dias. Esses resultados foram inferiores aos obtidos por Torres e Pereira (2008), estudando a dinâmica do K nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado, onde o clima é classificado como Aw, tropical quente, com temperatura média anual variando de 29°C a 16,9°C e precipitação média de 64,9 mm, em que, o tempo de meia vida da aveia variou de 110 a 130 dias em dois anos de avaliações.

Nos primeiros dias de avaliação, a velocidade de liberação do K da matéria seca remanescente foi rápida; aos 50 DAS, o valor médio de K residual dos manejos adotados foi em torno de 12 kg ha⁻¹. Aos 100 DAS, todos os resíduos, independente do manejo adotado, atingiram praticamente a liberação total deste nutriente, ou seja, pode-se considerar um aproveitamento de quase 100% do K da palhada para a cultura em sucessão.

De acordo com Mendonça et al. (2015), a velocidade com que ocorre a liberação de nutrientes durante o processo de decomposição dos resíduos culturais, irá depender da forma e da localização que esses se encontram no tecido vegetal. O K, por não ser um componente e não possuir função estrutural nas células das plantas, é de fácil liberação (GIACOMINI et al., 2003). Deste modo, após a dessecação dos vegetais a concentração desse nutriente no tecido é reduzida, pois é facilmente lavado pela água das chuvas após o rompimento das membranas plasmáticas (CRUSCIOL et al., 2008).

Considerando que o período de maior exigência nutricional da cultura soja inicia-se por volta dos 30 dias após a emergência e se mantém elevada até o início do enchimento de grãos (CARMELLO e OLIVEIRA, 2006), possivelmente o aproveitamento do K liberado pelos resíduos culturais foi elevado.

2.4 CONCLUSÕES

A aveia sem pastejo e o pousio com ressemeadura natural de nabo forrageiro + azevém, foram os manejos que apresentaram as maiores produtividades de matéria seca remanescente, chegando a 5.219 e 6.781 kg ha⁻¹, respectivamente.

A quantidade dos nutrientes liberados, N, P e K dos resíduos, independente do manejo adotado, foram semelhantes, com exponencial e progressivo decréscimo na matéria seca.

O potássio foi o nutriente liberado mais rapidamente dos resíduos, e deve ser considerado no momento da recomendação de adubação da cultura a ser implantada em sucessão.

O sistema de integração-lavoura pecuária onde se realiza um e dois pastejos da aveia, mesmo reduzindo a cobertura do solo possibilita elevada ciclagem de nutrientes para a cultura sucessora.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMADO, T. J. C.; SANTI, A.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II influencia na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1085-1096, 2003.

ASSMANN, T. S.; BORTOLLI, M. A. de; ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B.; PITTA, C. S. R.; FRANZLUEBBERS, A. J.; GLIENKE, C. L.; ASSMANN, J. M. Does cattle grazing of dual-purpose wheat accelerate the rate of stubble decomposition and nutrients released? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, n. 1, p. 37-42, 2014.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V.; Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palhada de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

CARMELLO, Q. A. C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição de lavouras de soja: situação atual e perspectivas. **Visão Agrícola**, v. 3, n. 5, p. 8-11, 2006.

CAVIGLIONE, J. H.; KILHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR. 2000. CD-ROM.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

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

GIACOMINI S. J.; AITA, C.; HUBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E. B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição dos resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p.1097-1104, 2003.

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

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L. T. Rendimento de massa de matéria seca e relação C/N da aveia preta em função do lodo de esgoto e adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 224-234, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MANZONI, S.; JACKSON, R. B.; TROFYMOW, J. A.; PORPORATO, A. The global stoichiometry of litter nitrogen mineralization. **Science**, v. 321, n. 1, p. 684–686, 2008.

MEDRADO, R. D.; RIOS, E. M.; LOPES, E. C. P.; CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; LANG, C. R. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 2, p. 097-107, 2011.

MELO, A.V.; GALVÃO, J. C. C.; BRAUN, H. SANTOS, M. M.; COIMBRA, R. R.; SILVA, R. R.; REIS, W. F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 411-420, 2011.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 183-193, 2015.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. 1. ed. San Diego, Academic Press. 1989, 275 p.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Tillage Research**. v. 104, n. 1, p. 56-64, 2009.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C. dos; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, DF, EMBRAPA, 2013. 353p.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no Cerrado Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1855-1861, 2014.

SANAULLAH, M.; CHABBI, A.; LEMAIRE, G.; CHARRIER, X.; RUMPEL, C. How does plant leaf senescence of grassland species influence decomposition kinetics and litter compounds dynamics? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, n. 2, p. 159-171, 2010.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

SILVA NETO, L. F.; INDA, A. V.; BAYER, C.; DICK, D. P.; TONIN, A. T. Óxidos de ferro em Latossolos tropicais e subtropicais brasileiros em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1873-1881, 2008.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; GUERRA, J. G. M.; ANDRADE, I. P. S.; ROCHA, H. S. Influência da decomposição de diferentes resíduos vegetais submetidos a lâminas de irrigação no comportamento da vegetação espontânea. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 317-324, 2010.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H., VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, **Boletim Técnico** n. 5, 2. ed. 1995, 174p.

TEIXEIRA, M. B; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 867-876, 2011.

TEIXEIRA, C. M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**. v. 30, n. 1, p. 55-64, 2012.

TORRES, J. L. R.; PERREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária B, brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

3 CAPÍTULO 3 – ESTOQUES DE CARBONO ORGÂNICO E NITROGÊNIO NO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, SUBMETIDO A MANEJOS DE PASTEJO E AO POUSIO

RESUMO

O sistema plantio direto, assim como o sistema de integração lavoura-pecuária são utilizados com intuito de manter ou melhorar a qualidade dos solos. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do sistema de integração lavoura-pecuária sobre os teores e os estoques de carbono orgânico total, nitrogênio total e matéria orgânica do solo. O experimento foi conduzido na estação experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Latossolo Vermelho Eutroférico, o delineamento experimental utilizado, foi o de blocos casualizados em esquema de faixas, com testemunha adicional (pousio) e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas densidades de semeadura de aveia (40 e 60 kg ha⁻¹, IAPAR 61), nas faixas A e diferentes manejos (sem pastejo, um pastejo e dois pastejos) nas faixas B, além do pousio. As amostras para determinação dos teores de carbono orgânico total, nitrogênio total e matéria orgânica, foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Os estoques foram calculados a partir dos teores obtidos, considerando a espessura e a densidade do solo na camada correspondente. As avaliações foram realizadas após os manejos da aveia, no período de inverno, e após a colheita da soja, no verão. A densidade de semeadura da aveia preta e/ou os manejos, não foram capazes de promover alterações no COT e no ECOT, independente do momento da avaliação. A utilização de 40 kg ha⁻¹ de sementes de aveia é recomendada, por não promover alteração no incremento de MOS, gerando dessa forma, economia na aquisição de sementes. A interação fatorial adicional promoveu alterações sobre o NT, na camada de 5-10 cm, sendo que o pousio teve um teor de NT igual aos manejos com dois pastejos.

Palavras-chave: Matéria orgânica. Plantio direto. Aveia preta.

ORGANIC AND NITROGEN CARBON STOCKS IN THE SOIL IN A WASTE-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM SUBJECT TO PASTEJO AND POUSIO MANAGEMENT

ABSTRACT

The no-tillage system, as well as the crop-livestock integration system, are used to maintain or improve soil quality. The objective of the present study was to evaluate the effect of the crop-livestock integration system on the contents and stocks of total organic carbon, total nitrogen and organic matter of the soil. The experiment was conducted in the experimental station of the State University of the West of Paraná, in an Eutrophic Red Latosol, the experimental design was a randomized complete block design, with additional control (fallow) and four replications. The treatments consisted of two sowing densities (40 and 60 kg ha⁻¹, IAPAR 61), in the A bands and different management (without grazing, one grazing and two grazing) in the B bands, in addition to the fallow. Samples for determination of total organic carbon, total nitrogen and organic matter were collected in the layers of 0-5, 5-10 and 10-20 cm. The stocks were calculated from the obtained contents, considering the thickness and the density of the soil in the corresponding layer. The evaluations were carried out after the wintering of the oats and after the soybean harvest in the summer. Seed density of black oats and/or managements were not able to promote changes in TOC and ECOT, regardless of the moment of evaluation. The use of 40 kg ha⁻¹ of oat seeds is recommended, as it does not promote alteration in the increment of MOS, thus generating savings in seed acquisition. The additional factorial interaction promoted NT alterations in the 5-10 cm layer, and the fallow had an NT content equal to the two grazing treatments.

Key words: organic matter. Direct planting. Black oats.

3.1 INTRODUÇÃO

As propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente edáfico exercem grande influência sobre sua capacidade produtiva, porém, quando é submetido a processos produtivos intensos e ao manejo inadequado, pode acabar comprometendo sua qualidade. O monocultivo é considerado uma das práticas inadequadas, a qual têm promovido redução na produtividade e degradação do solo, a partir da redução da matéria orgânica (MOS), aumento da erosão e conseqüentemente a perda de fertilidade (VENDRAME et al., 2010).

Para que o solo recupere sua qualidade, há a necessidade de adoção de sistemas e práticas conservacionistas, as quais apresentam a capacidade de incrementar matéria orgânica no solo (MOS) ao longo do tempo (RANGEL E SILVA, 2007).

Dentre as práticas conservacionistas do solo, citam-se o sistema de plantio direto (SPD) e/ou o sistema de integração lavoura-pecuária (SILP), pois apresentam a capacidade de manter ou aumentar o aporte de resíduos vegetais sobre a superfície, ausência do revolvimento do solo, redução na emissão de CO₂ e aumento no estoque de carbono no solo (LOSS et al., 2011). Além disso, promovem outros benefícios, como aumento da atividade microbiana, melhoria dos atributos físicos e químicos do solo (CHÁVEZ et al., 2011).

No entanto, os manejos adotados nestes sistemas irão refletir nos estoques e na quantidade de matéria orgânica do solo (MOS), podendo diminuir, manter ou aumentar (KHORRAMDEL et al., 2013). Salton et al. (2011) verificaram aumento no carbono do solo, em experimentos com nove e onze anos de duração, os quais atribuíram ao desenvolvimento do sistema radicular das gramíneas em integração lavoura-pecuária (ILP). Souza et al. (2009), avaliando os pastejos de forma moderada, em sistema de integração gramíneas-soja conduzidos há dez anos em SPD, verificaram que os mesmos promoveram aumento nos estoques de carbono orgânico total (ECOT) e estoques de nitrogênio total (ENT), semelhante ao que ocorreu no plantio direto sem pastejo, porém, quando a intensidade de pastejo foi elevada, ocorreram perdas nos estoques desses elementos.

Estratégias eficientes, que apresentam a capacidade de manter ou elevar a quantidade matéria orgânica, assim como carbono e nitrogênio no solo e que reduzam as perdas, são indispensáveis. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o

efeito sistema de integração lavoura-pecuária sobre a quantidade e os estoques de carbono orgânico total, nitrogênio total e matéria orgânica do solo.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Localização, clima e solo da área experimental

As informações sobre localização, o clima e as características do solo da área experimental, estão apresentadas no item 2.2.1 do Capítulo 2 (p. 21).

3.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de faixas, com tratamento adicional (pousio, com ressemeadura natural de avevém e nabo forrageiro) e quatro repetições. Nas faixas A (10 x 18 m), foram alocadas duas densidades de semeadura da cultura da aveia preta (40 e 60 kg ha⁻¹ de sementes) mais a parcela pousio (Figura 4). Nas faixas B (5 x 20 m), transversais as faixas A, foram alocados os manejos da cultura da aveia: sem pastejo, um pastejo e dois pastejos, com altura de resíduo de 0,15-0,20 m. As parcelas foram formadas pela combinação das faixas A e B (5 x 10 m), 50 m² e cada bloco (18 x 30 m) por 540 m².

Esquema de Semeadura



Esquema de Pastejo



Figura 4. Croqui de instalação do experimento na área experimental.

3.2.3 Implantação e manejo da cultura da aveia

As informações sobre a implantação e manejo da cultura da aveia estão apresentadas no item 2.2.3 do Capítulo 2 (p. 23).

3.2.4 Implantação e manejo da cultura da soja

As informações sobre a implantação e manejo da cultura da soja estão apresentadas no item 2.2.4 do Capítulo 2 (p. 24).

3.2.5 Avaliações realizadas

Os teores de carbono e nitrogênio total do solo foram avaliados após a dessecação da aveia e após a colheita da soja. Foram coletadas quatro amostras por parcela, para formar uma amostra composta representativa, com auxílio de um trado tipo holandês, retiradas nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas ao Laboratório de Física do Solo, secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm para as análises. As amostras para determinação do nitrogênio total, foram encaminhadas diretamente para o congelador, onde permaneceram até o início das análises.

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio (YEOMANS e BREMNER, 1988). O nitrogênio total (NT) do solo foi determinado pelo método Kjeldahl (BREMNER e MULVANEY, 1982).

Os estoques totais de carbono e nitrogênio do solo foram calculados em função dos teores de carbono orgânico total e nitrogênio total, da densidade do solo e da espessura da camada do solo (FREIXO et al., 2002). As equações utilizadas são descritas a seguir:

$$ECOT = (COT \cdot Ds \cdot e) / 10$$

Onde: ECOT é o estoque de carbono orgânico total em determinada profundidade expresso em Mg ha⁻¹; COT é o conteúdo de carbono orgânico total, expresso em g dm⁻³; Ds representa a densidade do solo em cada profundidade, expresso em Mg m⁻³, e; e é a espessura da camada considerada em cm.

$$ENT = (NT \cdot Ds \cdot e) / 10$$

Onde: ENT é o estoque de nitrogênio total em determinada profundidade, expresso em Mg ha⁻¹; NT é o conteúdo de nitrogênio total expresso em g kg⁻¹; Ds representa a densidade do solo em cada profundidade, expresso em Mg m⁻³, e; e espessura da camada considerada em cm.

A matéria orgânica do solo (MOS) foi determinada pelo método de incineração via mufla, proposto por Goldin (1987). O teor de matéria orgânica foi determinado conforme a equação:

$$MO(\%) = \frac{P - (T - C). 100}{P}$$

Em que: MO= matéria orgânica, expresso em %; P= peso da amostra (g) depois de aquecida a 105°C; C= tara do cadinho (g) e; T= peso da cinza + cadinho (g).

3.2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, de acordo com o resultado do teste F, havendo significância, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparações entre médias, ou o teste de Dunnett ao nível de 5% quando a interação fatorial vs testemunha foi significativa.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a amostragem realizada após o cultivo da aveia, verificou-se que o fatorial vs adicional foi capaz de promover alterações significativas no teor de nitrogênio total (NT) na camada de 5-10 cm. Além disso, houve interação significativa densidade de semeadura x manejos da aveia, em que o mesmo promoveu alterações no estoque de nitrogênio total (ENT) e na matéria orgânica do solo (MOS), na camada de 10-20 cm (Tabela 4).

Quando os fatores foram avaliados de forma isolada, a densidade de semeadura da aveia promoveu alterações no teor de nitrogênio total (0-5 cm), no estoque de nitrogênio total (10-20 cm) e na matéria orgânica do solo (5-10 cm). O manejo, também promoveu alterações no teor de nitrogênio total (0-5 e 5-10 cm) e no estoque de nitrogênio total (0-5 e 10-20 cm) (Tabela 4).

Na avaliação realizada após o cultivo da soja, não foram observadas diferenças significativas para as variáveis avaliadas: nitrogênio total, estoque de

nitrogênio total, carbono orgânico total (COT), estoque de carbono orgânico total (ECOT) e matéria orgânica do solo (Tabela 5).

Tabela 4 - Quadrado médio do nitrogênio total, estoque de nitrogênio total, carbono orgânico total, estoque de carbono total e matéria orgânica do solo em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes manejos após o cultivo da aveia preta, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm

FV	GL	Nitrogênio Total (g kg ⁻¹)			Estoque Nitrogênio Total (Mg ha ⁻¹)		
		0-5	5-10	10-20	0-5	15-10	10-20
Bloco	3	0,01706	0,00489	0,01744	1,36412	4,24179	2,21406
Densidade (D)	1	0,08327*	0,00029 ^{ns}	0,04043 ^{ns}	0,66669 ^{ns}	1,97041 ^{ns}	44,14097*
Erro 1	3	0,00414	0,01029	0,00672	1,64801	4,61113	2,82368
Manejo (M)	2	0,29232*	0,04421**	0,02936 ^{ns}	9,49200*	0,36869 ^{ns}	25,12734*
Erro 2	6	0,01856	0,00254	0,01237	1,41329	3,76673	2,07916
D X M	2	0,01397 ^{ns}	0,00469 ^{ns}	0,00627 ^{ns}	0,15848 ^{ns}	7,22574 ^{ns}	10,34285*
Fatorial vs Adicional	1	0,01369 ^{ns}	0,01138*	0,01568 ^{ns}	0,97986 ^{ns}	2,24228 ^{ns}	2,70513 ^{ns}
Erro 3	9	0,04471	0,00177	0,01847	2,07980	1,88901	1,96673
CV 1 (%)		4,86	8,61	6,54	17,37	27,23	10,67
CV 2 (%)		10,28	4,27	8,88	16,09	24,61	9,16
CV 3 (%)		15,96	3,57	10,84	19,52	17,43	8,91
		Carbono Orgânico Total (g kg ⁻¹)			Estoque Carbono Total (Mg ha ⁻¹)		
		0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Bloco	3	11,51752	8,76985	4,19040	1,38910	4,55881	6,34158
Densidade (D)	1	2,43157 ^{ns}	0,87536 ^{ns}	0,87536 ^{ns}	1,64991 ^{ns}	0,72114 ^{ns}	9,52503 ^{ns}
Erro 1	3	0,63221	2,18841	0,89157	0,86639	1,96763	1,04698
Manejo (M)	2	3,39811 ^{ns}	1,86623 ^{ns}	2,26744 ^{ns}	0,95069 ^{ns}	1,00296 ^{ns}	0,82371 ^{ns}
Erro 2	6	1,90675	2,24717	1,71628	0,42446	1,42459	1,78930
D X M	2	0,11549 ^{ns}	0,018237 ^{ns}	2,75375 ^{ns}	0,13244 ^{ns}	0,56336 ^{ns}	3,23572 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,08684 ^{ns}	0,00347 ^{ns}	1,68125 ^{ns}	0,01026 ^{ns}	0,049222 ^{ns}	5,61080 ^{ns}
Erro 3	9	1,50352	3,63925	1,08069	0,66826	1,45305	2,45854
CV 1 (%)		6,19	12,56	8,02	13,09	18,55	6,78
CV 2 (%)		10,75	12,73	11,13	9,16	15,79	8,86
CV 3 (%)		9,54	16,20	8,83	11,49	15,94	10,38
		Matéria Orgânica (%)					
		0-5	5-10	10-20			
Bloco	3	2,335094	0,754935	0,780839			
Densidade (D)	1	0,277096 ^{ns}	0,191028*	2,606851 ^{ns}			
Erro 1	3	0,081094	0,017909	3,028017			
Manejo (M)	2	0,075155 ^{ns}	0,124764 ^{ns}	1,756041 ^{ns}			
Erro 2	6	0,376975	0,072042	1,211463			
D X M	2	1,429902 ^{ns}	0,111201 ^{ns}	2,131986*			
Fatorial vs Adicional	1	0,167351 ^{ns}	0,127661 ^{ns}	0,474579 ^{ns}			
Erro 3	9	0,708789	0,070227	0,406038			
CV 1 (%)		2,32	1,12	14,18			
CV 2 (%)		5,00	2,24	8,97			
CV 3 (%)		6,86	2,22	5,19			

^{ns}, *, **: não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as densidades; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para interação (D x M).

Tabela 5 - Quadrado médio do nitrogênio total, estoque de nitrogênio total, carbono orgânico total, estoque de carbono total e matéria orgânica do solo em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes manejos após o cultivo da soja, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm

FV	GL	Nitrogênio Total (g kg ⁻¹)			Estoque Nitrogênio Total (Mg ha ⁻¹)		
		0-5	5-10	10-20	0-5	15-10	10-20
Bloco	3	0,037030	0,022645	0,037284	1,814558	0,551300	3,781137
Densidade (D)	1	0,000356 ^{ns}	0,013975 ^{ns}	0,010812 ^{ns}	0,871690 ^{ns}	0,122861 ^{ns}	0,690318 ^{ns}
Erro 1	3	0,021375	0,002378	0,012714	2,011398	0,095024	1,336458
Manejo (M)	2	0,021297 ^{ns}	0,003897 ^{ns}	0,004845 ^{ns}	1,448915 ^{ns}	0,249018 ^{ns}	1,124029 ^{ns}
Erro 2	6	0,006235	0,010215	0,014325	0,532695	0,808808	1,592489
D X M	2	0,003090 ^{ns}	0,002898 ^{ns}	0,002731 ^{ns}	0,059022 ^{ns}	0,310981 ^{ns}	0,314856 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,053836 ^{ns}	0,005589 ^{ns}	0,011143 ^{ns}	2,636598 ^{ns}	0,701716 ^{ns}	1,283556 ^{ns}
Erro 3	9	0,012221	0,008114	0,010192	1,310629	0,679555	1,219494
CV 1 (%)		10,93	4,35	9,87	17,82	4,31	8,09
CV 2 (%)		5,91	9,02	10,48	9,17	12,58	8,83
CV 3 (%)		8,27	8,04	8,84	14,38	11,53	7,73
		Carbono Orgânico Total (g kg ⁻¹)			Estoque Carbono Total (Mg ha ⁻¹)		
		0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Bloco	3	5,323106	4,863135	2,713224	2,425612	0,959466	4,237806
Densidade (D)	1	7,446675 ^{ns}	0,218841 ^{ns}	4,431531 ^{ns}	4,876628 ^{ns}	0,295955 ^{ns}	1,423316 ^{ns}
Erro 1	3	7,560148	2,099253	4,690899	5,944157	2,239717	9,957688
Manejo (M)	2	1,775044 ^{ns}	0,784180 ^{ns}	3,799324 ^{ns}	0,340781 ^{ns}	0,277380 ^{ns}	4,369097 ^{ns}
Erro 2	6	1,134731	2,559225	1,570387	0,916243	1,522344	3,559524
D X M	2	0,753756 ^{ns}	0,784180 ^{ns}	2,133700 ^{ns}	0,088249 ^{ns}	1,069868 ^{ns}	4,536010 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	7,837463 ^{ns}	0,281368 ^{ns}	2,439383 ^{ns}	3,388119 ^{ns}	0,130318 ^{ns}	1,919003 ^{ns}
Erro 3	9	3,881052	1,253608	2,499110	1,700987	1,307290	5,246014
CV 1 (%)		22,75	13,60	20,35	36,15	21,81	23,10
CV 2 (%)		8,81	15,02	11,78	14,19	19,98	13,81
CV 3 (%)		16,30	10,51	14,86	19,34	16,67	16,77
		Matéria Orgânica (%)					
		0-5		5-10		10-20	
Bloco	3	0,379255		0,703749		4,166359	
Densidade (D)	1	0,201924 ^{ns}		0,092228 ^{ns}		0,000256 ^{ns}	
Erro 1	3	0,442499		0,136938		1,443754	
Manejo (M)	2	0,144042 ^{ns}		0,037766 ^{ns}		2,993525 ^{ns}	
Erro 2	6	0,302025		0,090399		1,314705	
D X M	2	0,183425 ^{ns}		0,161905 ^{ns}		2,278253 ^{ns}	
Fatorial vs Adicional	1	0,162641 ^{ns}		0,168133 ^{ns}		0,217332 ^{ns}	
Erro 3	9	0,090380		0,058400		0,360113	
CV 1 (%)		5,35		3,11		9,98	
CV 2 (%)		4,42		2,53		9,52	
CV 3 (%)		2,42		2,03		4,98	

^{ns}, *, **: não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as densidades; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para interação (D x M).

Após o manejo da aveia, os teores de NT na camada de 5-10 cm foram estatisticamente superiores ao pousio quando foi utilizada densidade de semeadura de 40 e 60 kg ha⁻¹ de sementes de aveia e manejadas sem pastejo e 1 pastejo. Quando foram realizados 2 pastejos na densidade de 40 e 60 kg ha⁻¹ de aveia, não foram observadas diferenças em relação ao pousio (Tabela 6).

Apesar de não ter ocorrido diferença significativa, os maiores teores de COT foram observados na camada de 0-5 cm, independente do manejo adotado (Tabela 6 e 7). Este resultado está associado ao acúmulo dos resíduos vegetais produzidos e depositados sobre a superfície, bem como a sua decomposição, favorecendo desta forma a obtenção dos maiores teores nas camadas superficiais.

Rego et al. (2017) quantificando o COT em diferentes sistemas de produção, também verificaram a não diferença para as camadas analisadas no sistema de integração lavoura-pecuária. Por outro lado, ao avaliarem intensidades de pastejo em sistema de ILP, Souza et al. (2009) verificaram que o COT sofreu redução quando ocorreram os pastejos com altura de resíduos de 10 cm, em relação a área não pastejada.

Verifica-se, na primeira avaliação (Tabela 6), que as adições de carbono (C) ao solo variaram em função da densidade e do manejo adotado, apesar de não ter sido verificada diferença significativa. Entretanto, na segunda avaliação (Tabela 7), isso se inverteu, demonstrando que ocorreram perdas de C, especialmente no tratamento com maior número de pastejos. A perda no estoque deste elemento onde ocorre o maior número de pastejos, continuará a acontecer, visto que o incremento de resíduos pela parte aérea e a exportação pelos produtos gerados, carnes e grãos, bem como perdas ocasionadas pela respiração microbiana (SOUZA et al. 2008), são superiores às verificadas nos demais manejos.

De maneira geral, os teores de COT variam de 9,26 a 13,75 g C kg⁻¹ de solo. Esses valores estão abaixo dos valores encontrados por Carmo et al. (2012), avaliando as frações da MO em solo conduzido em plantio direto com gramíneas, em Latossolo Vermelho-Amarelo, em que os valores variaram de 15,1 a 22,6 g C kg⁻¹ de solo. Por outro lado, Rosset et al. (2014) avaliando os estoques de C em sistemas de manejo com diferentes tempos de implantação na região Oeste do Paraná, verificaram que os valores de COT variaram de 7,8 a 19 g C kg⁻¹ nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, valores semelhantes aos obtidos neste estudo.

Tabela 6 - Nitrogênio total do solo (g kg^{-1}), estoque de nitrogênio total (Mg ha^{-1}), carbono orgânico total (g kg^{-1}), estoque de carbono orgânico total (Mg ha^{-1}) e matéria orgânica do solo (%) em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes manejos após o cultivo da aveia preta, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm

Manejo	Nitrogênio Total (g kg^{-1})			Estoque Nitrogênio Total (Mg ha^{-1})		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
Pousio	1,30	1,10	1,20	6,90	7,20	15,00
⋮						
40 Sem Pastejo	1,43	1,24 ⁺	1,28	8,21	7,85	16,65
40 1 Pastejo	1,30	1,20 ⁺	1,27	7,76	7,53	15,69
40 2 Pastejos	1,10	1,14 ^{ns}	1,12	5,93	9,49	11,20
60 Sem Pastejo	1,57	1,26 ⁺	1,32	8,41	8,44	17,82
60 1 Pastejo	1,33	1,22 ⁺	1,32	7,65	7,98	17,33
60 2 Pastejos	1,28	1,07 ^{ns}	1,27	6,83	6,72	16,53
Média	1,30	1,20	1,30	7,40	7,90	15,70
Manejo	Carbono Orgânico Total (g kg^{-1})			Estoque Carbono Orgânico Total (Mg ha^{-1})		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
Pousio	13,00	11,70	11,20	7,10	7,50	14,00
⋮						
40 Sem Pastejo	13,75	11,84	10,41	7,71	7,51	13,56
40 1 Pastejo	13,37	11,84	12,32	7,58	7,40	15,23
40 2 Pastejos	12,32	11,08	12,32	6,85	7,31	15,16
60 Sem Pastejo	13,08	12,22	12,13	7,07	8,19	16,27
60 1 Pastejo	12,51	12,32	11,84	6,88	8,02	15,57
60 2 Pastejos	11,94	11,36	12,22	6,62	7,04	15,90
Média	12,90	11,80	11,80	7,10	7,60	15,10
Manejo	Matéria Orgânica (%)					
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm			
Pousio	12,10	11,80	12,00			
40 Sem Pastejo	12,68	12,17	13,78			
40 1 Pastejo	12,24	11,98	11,94			
40 2 Pastejos	11,67	12,09	12,25			
60 Sem Pastejo	12,14	12,06	11,94			
60 1 Pastejo	12,78	11,99	12,04			
60 2 Pastejos	12,30	11,64	12,00			
Média	12,30	12,00	12,30			

*: significativo e superior ao pousio pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; †: significativo e inferior ao pousio pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade. 40 e 60: densidades de semeadura 40 e 60 kg ha^{-1} de sementes de aveia.

Os estoques de COT nas duas fases de avaliação apresentaram comportamento semelhante, ou seja, mantiveram-se praticamente constantes à medida que aumentou a profundidade do solo, considerando a divisão do estoque de COT na camada de 10-20 cm pela metade, visto que, a espessura desta camada é o

dobro em relação às demais (Tabela 6 e 7). Este resultado não é comumente observado, visto que, quando há a adoção do sistema de plantio direto, há maior deposição de resíduos sobre a superfície e o revolvimento do solo ocorre apenas na linha de semeadura, havendo maior ECOT na camada superficial (SILVA et al., 2011).

Tabela 7 - Nitrogênio total do solo (g kg^{-1}), estoque de nitrogênio total (Mg ha^{-1}), carbono orgânico total (g kg^{-1}), estoque de carbono total (Mg ha^{-1}) e matéria orgânica do solo (%) em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes manejos após a colheita da soja, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm

Manejo	Nitrogênio Total (g kg^{-1})			Estoque Nitrogênio Total (Mg ha^{-1})		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
Pousio	1,20	1,10	1,10	7,20	6,80	13,80
⋮						
40 Sem Pastejo	1,39	1,14	1,09	7,62	7,52	14,14
40 1 Pastejo	1,41	1,09	1,17	8,29	7,13	14,48
40 2 Pastejos	1,28	1,08	1,13	7,77	6,77	14,01
60 Sem Pastejo	1,37	1,16	1,18	7,81	7,26	14,03
60 1 Pastejo	1,37	1,12	1,19	8,82	7,30	15,12
60 2 Pastejos	1,31	1,17	1,15	8,20	7,30	14,49
Média	1,30	1,10	1,10	8,00	7,10	14,30
Manejo	Carbono Orgânico Total (g kg^{-1})			Estoque Carbono Orgânico Total (Mg ha^{-1})		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
Pousio	10,80	10,40	11,40	5,90	6,70	14,30
⋮						
40 Sem Pastejo	12,41	10,60	10,98	7,21	6,70	14,32
40 1 Pastejo	12,41	10,60	10,69	7,15	6,65	13,26
40 2 Pastejos	13,75	10,60	11,17	7,65	6,99	13,80
60 Sem Pastejo	11,55	10,69	9,26	6,24	7,18	12,45
60 1 Pastejo	11,75	11,46	9,55	6,48	7,44	12,56
60 2 Pastejos	11,94	10,22	11,46	6,58	6,38	14,92
Média	12,10	10,70	10,60	6,70	6,90	13,70
Manejo	Matéria Orgânica (%)					
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm			
Pousio	12,20	11,70	12,30			
⋮						
40 Sem Pastejo	12,87	12,08	12,14			
40 1 Pastejo	12,34	11,67	11,99			
40 2 Pastejos	12,43	11,79	11,86			
60 Sem Pastejo	12,34	11,89	12,17			
60 1 Pastejo	12,36	12,04	13,05			
60 2 Pastejos	12,39	11,98	10,79			
Média	12,40	11,90	12,00			

*: significativo e superior ao pousio pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; †: significativo e inferior ao pousio pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; ††: não significativo pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade. 40 e 60: densidades de semeadura 40 e 60 kg ha^{-1} de sementes de aveia.

Resultados obtidos neste estudo, podem estar associados ao manejo do sistema, à quantidade de resíduos culturais aportados ao solo e, especialmente, ao desenvolvimento do sistema radicular das espécies envolvidas em profundidade, promovendo acúmulo de carbono ao longo do perfil do solo. Para Hutchinson et al. (2007), algumas práticas de manejo como plantio direto, rotação de culturas, melhoria de pastagens e sistemas de integração, podem contribuir para o aumento o ECOT do solo.

Quando realizada as avaliações dos fatores de forma isolada, verificou-se que os manejos (SP, 1P e 2P) influenciaram de forma significativa o teor de NT do solo, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. Os manejos onde não ocorreram pastejo ou 1 pastejo, não diferiram entre si, apresentando os maiores teores, 1,50 g kg⁻¹ e 1,38 g kg⁻¹ (0-5 cm), 1,25 g kg⁻¹ e 1,21 g kg⁻¹ (5-10 cm) respectivamente, seguido do manejo com 2 pastejos, 1,12 g kg⁻¹ (0-5 cm) e 1,10 g kg⁻¹ (5-10 cm) (Tabela 8).

Os manejos influenciaram no ENT na camada de 0-5 cm, em que as maiores médias foram observadas onde não ocorreram os pastejos e 1P, o qual não diferiu de 2P (Tabela 8). Para a camada de 10-20 cm, houve interação entre as variáveis densidade de semeadura e manejo adotado, onde a D40 associada ao manejo com 2P promoveu redução no ENT do solo (Tabela 8).

O aumento no ENT nos manejos sem pastejo e 1 pastejo, podem estar associados a aplicação de N na aveia e à quantidade de matéria seca remanescente produzida. Onde ocorreram dois pastejos, a quantidade de matéria seca remanescente foi menor (2.609,38 kg ha⁻¹) quando comparada aos demais manejos (SP: 7.250,00 kg ha⁻¹ e 1P: 4.015,63 kg ha⁻¹), favorecendo desta forma a obtenção destes resultados.

A ausência de resultados significativos para o NT e para seu estoque após a colheita da soja, deve-se a implantação em área total desta leguminosa, que apresenta capacidade de fixação de N₂, favorecendo desta forma, a homogeneidade na quantidade e no estoque de NT na área experimental. Além disso, segundo Vieira et al. (2007), o aumento no estoque de C esta relacionado ao aumento no estoque de N, que, de acordo com Souza et al. (2009), o N fixado via simbiótica é mais eficiente do que o N adicionado via fertilizante em promover o acúmulo de C no solo.

Em um experimento conduzido por Bayer et al. (2000) na região Sul do Brasil, demonstrou que a utilização de culturas com elevada produção de resíduos culturais e N, pela inclusão de uma leguminosa em rotação, promoveu aumento significativo

nos estoques de COT e NT do solo. Possivelmente este fato está associado à ausência de significância ocorrida para todas as variáveis avaliadas após a colheita da soja.

Tabela 8 - Nitrogênio total, estoque de nitrogênio total e matéria orgânica no solo, conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, após o cultivo da aveia preta

Nitrogênio Total (g kg ⁻¹)									
Manejo	0-5 cm			5-10 cm			10-20 cm		
	D40	D60	Média	D40	D60	Média	D40	D60	Média
SP	1,43	1,57	1,50 a	1,24	1,26	1,25 a	1,28	1,32	1,30
1P	1,28	1,47	1,38 a	1,20	1,22	1,21 a	1,27	1,32	1,29
2P	1,11	1,14	1,12 b	1,14	1,07	1,10 b	1,12	1,27	1,19
Média	1,28 B	1,39 A		1,19	1,18		1,22	1,30	

Estoque Nitrogênio Total (Mg ha ⁻¹)									
Manejo	0-5 cm			5-10 cm			10-20 cm		
	D40	D60	Média	D40	D60	Média	D40	D60	Média
SP	8,21	8,41	8,31 a	7,85	8,44	8,14	16,65 aA	17,82 aA	17,23
1P	7,52	8,18	7,85 ab	7,53	7,98	7,75	15,69 aA	17,33 aA	16,51
2P	6,16	6,31	6,23 b	9,49	6,72	8,11	11,20 bB	16,53 aA	13,87
Média	7,30	7,63		8,28	7,71		14,51	17,23	

Matéria Orgânica (%)									
Manejo	0-5 cm			5-10 cm			10-20 cm		
	D40	D60	Média	D40	D60	Média	D40	D60	Média
SP	12,68	12,14	12,41	12,17	12,06	12,12	13,78 aA	11,94 aB	12,86
1P	12,24	12,78	12,51	11,98	11,99	11,99	11,94 bA	12,04 aA	11,99
2P	11,67	12,30	11,98	12,09	11,64	11,87	12,25 abA	12,00 aA	12,12
Média	12,19	12,41		12,08 A	11,90 B		12,65	11,99	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). D40 e D60: densidades de semeadura, 40 e 60 kg ha⁻¹ de sementes de aveia; SP: Sem pastejo, 1P: 1 pastejo, 2P: 2 pastejos.

A MOS apresentou resultados semelhantes, após o manejo da aveia e após a colheita da soja (Tabela 6 e 7). Porém, observou-se que a densidade de semeadura utilizada e os manejos adotados, influenciaram o teor na camada de 10-20 cm (Tabela 8).

Onde não ocorreram os pastejos e a densidade de semeadura foi de 40 kg ha⁻¹, o teor de MOS foi superior (13,78%) à densidade de 60 kg ha⁻¹ (11,94%). Este resultado pode estar relacionado ao maior crescimento e desenvolvimento do sistema radicular da pastagem, quando utilizou-se 40 kg ha⁻¹, aportando matéria orgânica em profundidade. De acordo com Salton et al. (2011), os sistemas de integração lavoura-pecuária, em plantio direto, promovem um aporte diferenciado de resíduos vegetais em relação aos sistemas convencionais, unicamente de grãos, seja em superfície

como na subsuperfície do solo. Fato que pode ter contribuído para obtenção dos maiores teores de MO ao longo do perfil.

Verificou-se ainda, que a densidade de semeadura influenciou o teor de MOS na camada de 5-10 cm. Sendo que, quando foram utilizados 40 kg ha⁻¹ de sementes de aveia, a quantidade de MO foi maior (12,08%) do que quando utilizados 60 kg ha⁻¹ (11,90%), independente do manejo adotado (Tabela 8).

A MO é um atributo do solo que é influenciado por diversos fatores, dentre eles, objeto de estudo, a quantidade de resíduos vegetais aportados sobre o solo e os manejos adotados, visto que a forma com que os animais distribuem seus dejetos na área, também poderá influenciar nesses resultados. Onde não ocorreram os pastejos, possivelmente esses resíduos foram melhores distribuídos, apresentando uma atividade microbiana mais uniforme.

3.4 CONCLUSÕES

A densidade de semeadura da aveia preta e/ou os manejos, não foram capazes de promover alterações no COT e no ECOT, independente do momento da avaliação.

A utilização de 40 kg ha⁻¹ de sementes de aveia é recomendada, por não promover alteração no incremento de MOS, gerando dessa forma, economia na aquisição de sementes.

A interação fatorial adicional promoveu alterações sobre o NT, na camada de 5-10 cm, sendo que o pousio teve um teor de NT igual aos manejos com dois pastejos.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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**, v. 24, n. 3, p. 599-607, 2000.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Total nitrogen. In: PAGE, A. L. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624.

CARMO, F. F.; FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; VIVALDI, L. J.; ARAÚJO, L. G. Frações granulométricas da matéria orgânica em Latossolo sob plantio direto com gramíneas. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3, p. 420-431, 2012.

CHÁVEZ, L. F.; ESCOBAR, L. F.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; MEURER, E. J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1254-1261, 2011.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 18, p. 1111- 1116, 1987.

HUTCHINSON, J. J.; CAMPBELL, C. A.; DESJARDINS, R. L. Some perspectives on carbon sequestration in agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 142, n. 2-4, p. 288-302, 2007.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHEKI, A.; MAHALLATI, M. N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. **Soil & Tillage Research**, v. 133, p. 25-31, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

RANGEL, O. L. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.

REGO, C. A. R. M.; EGEWARTH, J. F.; FRANZISKOWSKI, M. A.; CREMONEZ, F. E.; OLIVEIRA, P. S. R.; LANA, M. C.; COSTA, B. P.; MATTEI, E.; SAMPAIO, M. C.; EGEWARTH, V. A.; HERRERA, J. L. Quantification of the carbono content of the fractions of humic substances and total organic carbono in diferente production systems. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 12, p. 1-8, 2017.

ROSSET, J. S.; LANA, M. C.; PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; RAMPIM, L.; SARTO, M. V. M.; SEIDEL, E. P. Estoque de carbono, propriedades químicas e físicas do solo em sistemas de manejo com diferentes tempos de implantação na Região Oeste do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 3053-3072, 2014.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2011.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; LIMA, C. V. S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J. & CARVALHO, P. C. F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistemas de integração agricultura-pecuária submetidos a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1273- 1282, 2008.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de Carbono Orgânico e de Nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, 2009.

SILVA, E. F. da; LOURENTE, E. P. R.; MARCHETT, M. E.; MERCANTE, F. M.; FERREIRA, A. K. T.; FUJII, G. C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2011.

VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. F.; MARTINS, E. S.; BECQUER, T. Fertility and acidity status of Latossolos (Oxisols) under pasture in the Brazilian Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 4, p. 1085-1094, 2010.

VIEIRA, F.C.B. **Estoques e labilidade da matéria orgânica e acidificação de um Argissolo sob plantio direto afetado por sistemas de cultura e adubação nitrogenada**. 2007. 123p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1467-1476, 1988.

4 CAPÍTULO 4 – EFEITOS DO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

RESUMO

O manejo da cultura de inverno, seja com a finalidade de cobertura vegetal do solo ou alimentação animal, pode promover alterações na qualidade física do solo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da densidade de semeadura da aveia preta, manejada em sistema de integração lavoura-pecuária, ou o pousio, sobre as propriedades físicas do solo. O experimento foi conduzido na estação experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Latossolo Vermelho Eutroférico, com delineamento experimental de blocos casualizados em esquema de faixas, com testemunha adicional (pousio) e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas densidades de semeadura de aveia (40 e 60 kg ha⁻¹, IAPAR 61), nas faixas A e diferentes manejos (sem pastejo, um pastejo e dois pastejos) nas faixas B, além do pousio, no cultivo de inverno de 2016. As amostras indeformadas, para determinação da macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e densidade do solo, foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Para resistência do solo à penetração (RP), os resultados foram obtidos até 40 cm de profundidade. As avaliações foram realizadas após os manejos da aveia e após a colheita da soja, safra 2016/2017. A menor densidade de semeadura (40 kg ha⁻¹ de aveia) promoveu maior porosidade total na camada de 10-20 cm, após a colheita da soja. A densidade de semeadura de 40 kg ha⁻¹ associada ao manejo sem pastejo, apresentou a maior densidade do solo. O sistema de integração lavoura-pecuária e/ou os pastejos promovem alterações, mas não comprometem a qualidade física do solo.

Palavras-chave: Porosidade do solo. Qualidade física. Resistência à penetração.

EFFECT OF THE WASTE-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

ABSTRACT

The management of the winter crop, whether for the purpose of plant cover of the soil or animal feed, can promote changes in the physical quality of the soil. Thus, the objective of this work was to evaluate the impact of black oat seed density, managed in a crop-livestock integration system, or fallow, on the physical properties of the soil. The experiment was conducted at the experimental station of the State University of the West of Paraná, in a Red Latosol Eutroferric, with experimental design of randomized blocks in strips scheme, with additional control (fallow) and four replications. The treatments consisted of two sowing densities (40 and 60 kg ha⁻¹, IAPAR 61) in the A bands and different treatments (without grazing, one grazing and two grazing) in the B bands, in addition to fallow, in the cultivation (Ma), microporosity (Mi), total porosity (Pt) and soil density, were collected in the layers of 0-5, 5-10 and 10-20 cm. For soil resistance to penetration (RP), the results were obtained up to 40 cm depth. The evaluations were carried out after the management of the oats and after the soybean harvest, 2016/2017 harvest. The lower sowing density (40 kg ha⁻¹ of oats) promoted higher total porosity in the 10-20 cm layer after soybean harvest. The sowing density of 40 kg ha⁻¹ associated with grazing management presented the highest soil density. The crop-livestock and/or grazing integration system promotes changes, but does not compromise the physical quality of the soil.

Key words: Porosity of soil. Physical quality. Resistance to penetration.

4.1 INTRODUÇÃO

No início dos anos 90, ainda era possível observar os efeitos decorrentes do preparo do solo, perdas expressivas pela erosão e compactação do solo, o qual era atribuído ao tráfego de máquinas sobre o solo desestruturado, em função do preparo intenso (CONTE et al., 2011). Ainda em preparo convencional, ao introduzir animais nos sistemas agrícolas, surgiram novamente as preocupações referentes aos possíveis danos na qualidade física do solo, pois o mesmo poderia promover novamente a sua compactação (CORREA e REICHARDT, 1995).

Devido aos inúmeros benefícios promovidos pelo sistema de integração lavoura-pecuária (SILP) e como alternativa para substituir os sistemas pouco sustentáveis, nos últimos anos as áreas agrícolas utilizadas por este sistema no Brasil vem aumentando. Este modelo de produção, agrícola e pecuária, baseia-se no princípio de otimização das áreas agrícolas, nas quais são implantadas as culturas anuais para produção de grãos, associadas ou não com a pastagem para produção de derivados animais, como carne e leite (BORTOLINI et al., 2013). No entanto, ainda há diversas dúvidas acerca dos impactos positivos e negativos, especialmente sobre a qualidade física do solo (FLORES et al., 2007).

A adoção dos sistemas integrados, têm a capacidade de melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, aumentar a ciclagem e a eficiência de utilização dos nutrientes, reduzir custos de produção, diversificação, aumento da renda para o produtor e viabilização para recuperação das áreas com pastagens degradadas (ALVARENGA et al., 2010).

Diversos são os resultados de pesquisas referentes as propriedades físicas do solo, SILP. Aratani et al. (2009) em experimento conduzido em Latossolo Vermelho com textura muito argilosa, verificaram que a utilização do SILP não prejudicou a qualidade física do solo, não diferindo do sistema de semeadura direta sem pastejo. Por outro lado, Spera et al. (2010) trabalhando há dez anos de estabelecimento de seis sistemas de produção integração lavoura-pecuária em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, sob plantio direto, verificaram que os sistemas integrados alteraram de forma negativa as propriedades físicas, porém, sem ultrapassar os limites considerados críticos de um solo com boa qualidade.

A diversidade de resultados encontrados em trabalhos conduzidos em SILP, em trabalhos conduzidos em SILP, deve-se principalmente aos diversos fatores, como

condições edafoclimáticas, espécie animal, espécie vegetal, cultura de interesse econômico (grãos), carga animal utilizada, duração do período de pastejo, entre outros (BORTOLINI et al., 2016).

Apesar dos trabalhos relatarem que o sistema em questão quando conduzido de forma adequada, pode influenciar nas propriedades físicas do solo, mas não promover perdas no rendimento da cultura subsequente, ainda há muito que ser pesquisado com finalidade de refinar o manejo a ser realizado as propriedades rurais que se interessam em introduzir e aprimorar o sistema de integração lavoura-pecuária. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho, sob sistema de integração lavoura-pecuária submetido a densidades de semeadura e manejos da aveia preta, na região Oeste do Paraná.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Localização, clima e solo da área experimental

As informações sobre localização, o clima e as características do solo da área experimental, estão apresentadas no item 2.2.1 do Capítulo 2 (p. 21).

4.2.2 Delineamento experimental

As informações sobre o delineamento experimental estão apresentadas no item 3.2.2 do Capítulo 3 (p. 39).

4.2.3 Implantação e manejo da cultura da aveia

As informações sobre a implantação e manejo da cultura da aveia estão apresentadas no item 2.2.3 do Capítulo 2 (p. 23).

4.2.4 Implantação e manejo da cultura da soja

As informações sobre a implantação e manejo da cultura da soja estão apresentadas no item 2.2.4 do Capítulo 2 (p. 24).

4.2.5 Avaliações realizadas

As amostragens para a determinação das características físicas do solo foram realizadas após o cultivo da aveia preta e após a colheita da soja. Foram coletadas três amostras indeformadas por parcelas, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm com auxílio de anéis de aço de volume conhecido. Em laboratório, foram determinadas a macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e densidade do solo (Ds), pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

A determinação de resistência do solo à penetração também foi realizada após o segundo pastejo e após a colheita da soja, utilizando um penetrógrafo eletrônico modelo penetroLOG-Falker-PLG1020. Foram tomadas as leituras em dois pontos distintos e aleatórios em cada parcela, até a profundidade de 0,40 m. Além disso, coletou-se amostras de solo para determinação da umidade gravimétrica.

4.2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, de acordo com o resultado do teste F, havendo significância, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparações entre médias, ou o teste de Dunnett ao nível de 5% quando a interação fatorial vs adicional foi significativa.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado efeito significativo para Ma, Mi, Pt e Ds para todas as camadas avaliadas, 0-5, 5-10 e 10-20 cm, após o cultivo da aveia preta (Tabela 9).

Tabela 9 - Quadrado médio da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da aveia preta

FV	GL	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)			Microporosidade (m ³ m ⁻³)		
		0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Bloco	3	0,004542	0,002513	0,002422	0,010562	0,001631	0,002342
Densidade (D)	1	0,009433 ^{ns}	0,000652 ^{ns}	0,000262 ^{ns}	0,007488 ^{ns}	0,000467 ^{ns}	0,000761 ^{ns}
Erro 1	3	0,007814	0,003302	0,002949	0,009170	0,000234	0,004388
Manejo (M)	2	0,009645 ^{ns}	0,010548 ^{ns}	0,007311 ^{ns}	0,002835 ^{ns}	0,008450 ^{ns}	0,001546 ^{ns}
Erro 2	6	0,001238	0,004145	0,001655	0,002249	0,003657	0,001418
D X M	2	0,006877 ^{ns}	0,007950 ^{ns}	0,000229 ^{ns}	0,004237 ^{ns}	0,004320 ^{ns}	0,002147 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,007623 ^{ns}	0,000291 ^{ns}	0,000617 ^{ns}	0,000139 ^{ns}	0,000550 ^{ns}	0,003061 ^{ns}
Erro 3	9	0,005046	0,002254	0,001250	0,004290	0,000493	0,001674
CV 1 (%)		52,73	50,33	49,34	21,53	3,51	15,22
CV 2 (%)		20,98	56,39	36,96	10,66	13,87	8,65
CV 3 (%)		42,37	41,58	32,13	14,72	5,09	9,41
		Porosidade Total (m ³ m ⁻³)			Densidade do Solo (g cm ⁻³)		
		0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Bloco	3	0,001944	0,000552	0,000407	0,028663	0,019451	0,000721
Densidade (D)	1	0,000112 ^{ns}	0,002223 ^{ns}	0,000130 ^{ns}	0,010113 ^{ns}	0,001928 ^{ns}	0,023378 ^{ns}
Erro 1	3	0,002458	0,002742	0,000344	0,024879	0,025702	0,007195
Manejo (M)	2	0,002050 ^{ns}	0,000531 ^{ns}	0,002310 ^{ns}	0,01944 ^{ns}	0,006056 ^s	0,007216 ^{ns}
Erro 2	6	0,000688	0,000572	0,000368	0,003326	0,007885	0,004404
D X M	2	0,000342 ^{ns}	0,000670 ^{ns}	0,001588 ^{ns}	0,001284 ^{ns}	0,013942 ^{ns}	0,006605 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,000252 ^{ns}	0,000859 ^{ns}	0,000929 ^{ns}	0,003077 ^{ns}	0,000512 ^{ns}	0,003959 ^{ns}
Erro 3	9	0,001761	0,001049	0,001179	0,014756	0,014296	0,003842
CV 1 (%)		8,09	9,52	3,40	14,17	12,47	6,60
CV 2 (%)		4,28	4,35	3,52	5,18	6,91	5,16
CV 3 (%)		6,85	6,47	6,30	10,91	9,30	4,82

^{ns}, * : não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as densidades; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para interação (D x M).

Com relação aos resultados obtidos para macroporosidade e microporosidade após o cultivo da soja, não foram observadas diferenças significativas para as camadas estudadas, independente do manejo e densidade de semeadura da aveia utilizada (Tabela 10).

A densidade de semeadura (40 e 60 kg ha⁻¹) promoveu alterações na porosidade total do solo na camada de 10-20 cm e a interação, densidade de semeadura da aveia x manejos adotados (sem pastejo, um pastejo e dois pastejos), promoveu alterações na densidade do solo, na camada 10-20 cm após o cultivo da soja (Tabela 10).

Tabela 10 - Quadrado médio da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da soja

FV	GL	Macroporosidade ($m^3 m^{-3}$)			Microporosidade ($m^3 m^{-3}$)		
		0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Bloco	3	0,001922	0,000318	0,000524	0,000955	0,001413	0,002499
Densidade (D)	1	0,000112 ^{ns}	0,000434 ^{ns}	0,000036 ^{ns}	0,000483 ^{ns}	0,000207 ^{ns}	0,003521 ^{ns}
Erro 1	3	0,000827	0,000865	0,002437	0,001887	0,001004	0,001613
Manejo (M)	2	0,004859 ^{ns}	0,000111 ^{ns}	0,001507 ^{ns}	0,000804 ^{ns}	0,000826 ^{ns}	0,001006 ^{ns}
Erro 2	6	0,002887	0,000638	0,001507	0,000542	0,000453	0,001245
D X M	2	0,003210 ^{ns}	0,000270 ^{ns}	0,000618 ^{ns}	0,000739 ^{ns}	0,000408 ^{ns}	0,000172 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,000991 ^{ns}	0,000594 ^{ns}	0,004354 ^{ns}	0,002704 ^{ns}	0,000594 ^{ns}	0,000489 ^{ns}
Erro 3	9	0,002007	0,000404	0,000465	0,002186	0,000836	0,001048
CV 1 (%)		24,6887	29,5959	45,6138	9,4826	7,3537	9,6807
CV 2 (%)		46,1216	25,4203	35,8667	5,0838	4,9381	8,5047
CV 3 (%)		38,4538	20,2373	19,9221	10,2059	6,7092	7,8021
		Porosidade Total ($m^3 m^{-3}$)			Densidade do Solo ($g cm^{-3}$)		
		0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Bloco	3	0,000294	0,002727	0,000935	0,022115	0,006308	0,027023
Densidade (D)	1	0,000131 ^{ns}	0,001240 ^{ns}	0,002555*	0,024164 ^{ns}	0,003869 ^{ns}	0,002447 ^{ns}
Erro 1	3	0,001629	0,000538	0,000225	0,016807	0,006137	0,004425
Manejo (M)	2	0,003393 ^{ns}	0,000378 ^{ns}	0,000894 ^{ns}	0,033964 ^{ns}	0,008885 ^{ns}	0,000166 ^{ns}
Erro 2	6	0,001749	0,000541	0,000431	0,018012	0,004596	0,003562
D X M	2	0,000925 ^{ns}	0,000863 ^{ns}	0,000630 ^{ns}	0,003773 ^{ns}	0,002715 ^{ns}	0,012859*
Fatorial vs Adicional	1	0,000099 ^{ns}	0,002288 ^{ns}	0,000278 ^{ns}	0,002315 ^{ns}	0,004425 ^{ns}	0,000156 ^{ns}
Erro 3	9	0,000596	0,000378	0,000798	0,011604	0,004975	0,002832
CV 1 (%)		7,0255	4,3746	2,8682	10,8827	6,1402	5,2986
CV 2 (%)		7,2779	4,3864	3,9672	11,2691	5,3133	4,7538
CV 3 (%)		4,2479	3,6691	5,3999	9,0427	5,5280	4,2386

^{ns}, *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as densidades; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para interação (D x M).

Para a porosidade total do solo (PT), verificou-se que na camada de 10-20 cm a mesma foi superior quando o solo foi cultivado com 40 kg ha⁻¹ de sementes de aveia preta (0,5322 m³ m⁻³), se comparada à densidade de 60 kg ha⁻¹ (0,5115 m³ m⁻³) (Tabela 11), independente do manejo adotado. Este resultado pode estar associado a quantidade de matéria orgânica (MO) aportada ao solo (Tabela 11), apresentando resultado semelhante a porosidade total.

Kay e VandenBygaart (2002), relatam que o teor de matéria orgânica apresenta papel fundamental na qualidade física do solo, dentre os inúmeros benefícios promovidos, é responsável pela melhor estruturação, em função da sua atuação no processo de agregação, como agente cimentante, resultando no aumento

da porosidade do solo. Da mesma forma, Araújo et al. (2004), afirmam que a porosidade varia em função do teor de matéria orgânica presente no solo.

Tabela 11 - Porosidade total do solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da soja, para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm

Densidade de semeadura	Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
D40	0,5729 a	0,5339 a	0,5322 a
D60	0,5775 a	0,5195 a	0,5115 b

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

Quando a aveia não foi pastejada, na camada 10-20 cm, a densidade do solo foi superior quando a densidade de semeadura utilizada foi de 40 kg ha^{-1} ($1,31 \text{ g cm}^{-3}$) em relação a densidade de 60 kg ha^{-1} ($1,20 \text{ g cm}^{-3}$) (Tabela 12). O aumento da densidade em profundidade pode estar relacionado as pressões exercidas nas camadas superiores (LOSS et al., 2012), neste caso, acredita-se que o tráfego de máquinas e implementos agrícolas pode ter sido o promotor do aumento desses valores em profundidade onde não ocorreram os pastejos.

Tabela 12 - Densidade do solo (g cm^{-3}) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da soja, para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm

Manejo	Densidade do solo (g cm^{-3})					
	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm	
	D40	D60	D40	D60	D40	D60
Sem Pastejo	1,01	1,14	1,32	1,26	1,31 aA	1,20 aB
1 Pastejo	1,17	1,29	1,31	1,31	1,24 bA	1,27 aA
2 Pastejos	1,22	1,25	1,25	1,24	1,24 bA	1,26 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%). D40 e D60: densidades de semeadura, 40 e 60 kg ha^{-1} de sementes de aveia.

Para todas as camadas do solo, não houve interação entre os fatores estudados e não se observou diferença significativa entre a área com, e a sem pisoteio animal, independente da densidade de semeadura utilizada, indicando que o pisoteio não alterou as variáveis avaliadas (Tabela 13).

Tabela 13 - Propriedades físicas do solo na camada de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, em sistema de integração lavoura-pecuária, com diferentes manejos, após o cultivo da aveia preta (AP) e após a colheita da soja (S)

Manejo	Macroporosidade (AP)			Macroporosidade (S)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Testemunha	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
⋮						
40 Sem Pastejo	0,13	0,06	0,09	0,12	0,10	0,11
40 1 Pastejo	0,13	0,16	0,09	0,11	0,11	0,11
40 2 Pastejos	0,18	0,13	0,15	0,12	0,10	0,10
60 Sem Pastejo	0,23	0,08	0,08	0,16	0,09	0,10
60 1 Pastejo	0,12	0,08	0,10	0,08	0,09	0,14
60 2 Pastejos	0,20	0,16	0,14	0,10	0,10	0,10
Média	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Microporosidade (AP)			Microporosidade (S)		
Testemunha	0,50	0,40	0,40	0,50	0,40	0,40
⋮						
40 Sem Pastejo	0,48	0,49	0,42	0,46	0,45	0,42
40 1 Pastejo	0,46	0,42	0,45	0,46	0,44	0,42
40 2 Pastejos	0,44	0,42	0,43	0,45	0,41	0,43
60 Sem Pastejo	0,39	0,45	0,47	0,45	0,43	0,39
60 1 Pastejo	0,47	0,46	0,44	0,48	0,43	0,39
60 2 Pastejos	0,42	0,39	0,42	0,46	0,42	0,42
Média	0,40	0,40	0,40	0,50	0,40	0,40
	Porosidade Total (AP)			Porosidade Total (S)		
Testemunha	0,60	0,50	0,50	0,60	0,60	0,50
⋮						
40 Sem Pastejo	0,61	0,55	0,51	0,58	0,54	0,53
40 1 Pastejo	0,60	0,58	0,55	0,57	0,54	0,54
40 2 Pastejos	0,62	0,55	0,58	0,56	0,51	0,53
60 Sem Pastejo	0,63	0,53	0,55	0,61	0,52	0,49
60 1 Pastejo	0,59	0,54	0,54	0,56	0,52	0,53
60 2 Pastejos	0,62	0,55	0,56	0,56	0,52	0,52
Média	0,60	0,60	0,50	0,60	0,50	0,50
	Densidade (AP)			Densidade (S)		
Testemunha	1,10	1,30	1,30	1,20	1,20	1,30
⋮						
40 Sem Pastejo	1,15	1,27	1,30	1,10	1,32	1,31
40 1 Pastejo	1,20	1,22	1,27	1,17	1,31	1,24
40 2 Pastejos	1,07	1,34	1,20	1,22	1,25	1,24
60 Sem Pastejo	1,07	1,34	1,35	1,14	1,26	1,20
60 1 Pastejo	1,14	1,29	1,29	1,29	1,31	1,27
60 2 Pastejos	1,07	1,26	1,33	1,25	1,24	1,26
Média	1,10	1,30	1,30	1,20	1,30	1,30

40 e 60: densidades de semeadura, 40 e 60 kg ha⁻¹ de sementes.

Embora não tenha sido encontrada diferenças significativas, os valores para a Ma estiveram ou mantiveram-se acima de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, da mesma forma aconteceu para a Mi, apresentando valores em torno de $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, tanto após o cultivo da aveia preta como após a colheita da soja (Tabela 13). Estes valores indicam que este solo não possui restrições ao crescimento e desenvolvimento das plantas (CAMPOS e ALVES, 2008).

Segundo Conte et al. (2011), esses resultados demonstram que a pressão exercida pelos cascos dos animais ao solo, é menor do que a capacidade de suporte do solo à deformação plástica. Além disso, é importante ressaltar que os animais entraram na área para realizar os pastejos, com uma baixa umidade do solo (Figura 1), reduzindo assim os riscos inerentes à degradação física do solo.

Observando a Tabela 13, é possível verificar que os valores da densidade do solo aumentaram após a colheita da soja em relação à avaliação realizada após os manejos da cultura da aveia, principalmente na camada de 0-5 cm. Esse aumento na densidade do solo, especialmente nas camadas mais superficiais, pode ser justificado pelo não revolvimento do solo, tráfego de máquinas e implementos agrícolas, apresentando efeito mais pronunciado quando o solo é manejado em condições desfavoráveis de umidade (LOPES et al., 2015).

Resultados semelhantes referente a porosidade total foram obtidos por Bonetti et al. (2015), avaliando intensidades de pastejos, os quais observaram que intensidades baixas e moderadas apresentaram resultados semelhantes às áreas sem pastejo, demonstrando que estes manejos não causam prejuízos na porosidade do solo.

A resistência do solo à penetração após o cultivo da aveia preta apresentou significância para o fatorial vs adicional, para as camadas de 0-5 e 5-10 cm. Quando avaliado os fatores de forma isolada, foi observada significância para os manejos adotados, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 e 35-40 cm (Tabela 14).

Tabela 14 - Quadrado médio da resistência do solo à penetração (MPa) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, em diferentes camadas, após o cultivo da aveia preta

Resistência do solo à penetração (MPa)					
F.V.	G.L.	Camadas (cm)			
		0-5	5-10	10-15	15-20
Bloco	3	0,222119	0,355697	0,150095	0,228975
Densidade (D)	1	0,004697 ^{ns}	0,077010 ^{ns}	0,018371 ^{ns}	0,011756 ^{ns}
Erro 1	3	0,063733	0,111628	0,154860	0,318141
Manejo (M)	2	0,774363 ^{**}	2,005363 ^{**}	2,534593 [*]	1,814218 [*]
Erro 2	6	0,049638	0,166866	0,238888	0,177812
D X M	2	0,026987 ^{ns}	0,166870 ^{ns}	0,247431 ^{ns}	0,484281 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	1,051453 [*]	1,389934 ^{**}	0,436815 ^{ns}	0,298498 ^{ns}
Erro 3	9	0,121213	0,098226	0,091329	0,265592
CV 1 (%)		32,25	18,97	17,37	23,60
CV 2 (%)		28,46	23,20	21,57	17,61
CV 3 (%)		44,47	17,80	13,34	21,56

F.V.	G.L.	Camadas (cm)			
		20-25	25-30	30-35	35-40
Bloco	3	0,377118	0,366855	0,781729	0,540939
Densidade (D)	1	0,028497 ^{ns}	0,001520 ^{ns}	0,131313 ^{ns}	0,017361 ^{ns}
Erro 1	3	0,354115	0,263758	0,324363	0,234095
Manejo (M)	2	0,634689 [*]	0,326516 ^{ns}	0,273538 ^{ns}	0,405358 [*]
Erro 2	6	0,118051	0,095333	0,252524	0,059061
D X M	2	0,254456 ^{ns}	0,085082 ^{ns}	0,507839 ^{ns}	0,193258 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,098600 ^{ns}	0,143179 ^{ns}	0,812559 ^{ns}	0,107464 ^{ns}
Erro 3	9	0,358578	0,535069	0,456927	0,230182
CV 1 (%)		25,91	23,43	24,55	22,51
CV 2 (%)		14,96	14,08	21,66	11,31
CV 3 (%)		26,08	33,37	29,13	22,31

^{ns}, ^{*}, ^{**}: não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as densidades; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para interação (D x M).

Após o cultivo da soja, foi observado diferença significativa para a densidade de semeadura da aveia preta utilizada, para as camadas de 0-5, 5-10, 30-35 e 35-40 cm. Para as demais camadas, a densidade de semeadura não promoveu alteração na resistência à penetração (Tabela 15).

No que se refere ao manejo adotado, verificou-se que 1 pastejo ou 2 pastejos foram capazes de promover alteração na resistência do solo à penetração nas camadas de 5-10 e 10-15 cm (Tabela 15).

Tabela 15 - Quadrado médio da resistência do solo à penetração (MPa) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, em diferentes camadas, após o cultivo da soja

Resistência do solo à penetração (MPa)					
F.V.	G.L.	Camadas (cm)			
		0-5	5-10	10-15	15-20
Bloco	3	0,038132	0,098636	0,150240	0,253099
Densidade (D)	1	0,063808*	0,264285*	0,509396 ^{ns}	0,528808 ^{ns}
Erro 1	3	0,003522	0,157751	0,051037	0,101739
Manejo (M)	2	0,157174 ^{ns}	0,391917*	0,157342*	0,185408 ^{ns}
Erro 2	6	0,031006	0,066110	0,027045	0,039835
D X M	2	0,001458 ^{ns}	0,004938 ^{ns}	0,002614 ^{ns}	0,044524 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,016176 ^{ns}	0,043698 ^{ns}	0,005571 ^{ns}	0,180288 ^{ns}
Erro 3	9	0,048696	0,073848	0,111643	0,097744
CV 1 (%)		9,66	7,77	11,02	15,51
CV 2 (%)		28,67	15,90	8,02	9,70
CV 3 (%)		35,93	16,80	16,30	15,20

F.V.	G.L.	Camadas (cm)			
		20-25	25-30	30-35	35-40
Bloco	3	0,22862	0,430223	0,275744	0,175528
Densidade (D)	1	0,237307 ^{ns}	0,808501 ^{ns}	0,936743*	1,012298**
Erro 1	3	0,056214	0,217891	0,046614	0,002684
Manejo (M)	2	0,222265 ^{ns}	0,019075 ^{ns}	0,055043 ^{ns}	0,132337 ^{ns}
Erro 2	6	0,061519	0,211254	0,159589	0,099724
D X M	2	0,188328 ^{ns}	0,015076 ^{ns}	0,058198 ^{ns}	0,116040 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,306902 ^{ns}	0,002121 ^{ns}	0,001391 ^{ns}	0,000688 ^{ns}
Erro 3	9	0,117248	0,148182	0,108567	0,110723
CV 1 (%)		11,50	23,68	11,25	2,76
CV 2 (%)		12,03	23,32	20,82	16,82
CV 3 (%)		16,61	19,53	17,17	17,73

^{ns}, *, **: não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as densidades; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para interação (D x M).

Realizando o desdobramento do fatorial vs adicional da resistência à penetração após o cultivo da aveia, observa-se que as médias foram significativas e superiores ao pousio em relação a um e dois pastejos e quando utilizou a densidade de 40 kg ha⁻¹ sementes de aveia preta. O mesmo aconteceu para quando foram realizados dois pastejos utilizando 60 kg ha⁻¹ de sementes. Esse fato foi observado para as camadas de 0-5 e 5-10 cm (Tabela 16).

Para os demais tratamentos (40 e 60 kg ha⁻¹ de aveia preta sem pastejo e 60 kg ha⁻¹ com um pastejo), as médias não diferiram do pousio (Tabela 16).

Tabela 16 - Resistência do solo à penetração (MPa) conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária, em diferentes camadas, após o manejo da aveia preta

Manejo	Resistência do solo à penetração (MPa)							
	Camadas (cm)							
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40
Pousio	0,30	1,20	2,00	2,10	2,20	2,40	2,70	2,30
⋮								
40 Sem Pastejo	0,48 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,91	2,25	2,33	2,15	1,93	1,76
40 1 Pastejo	1,00 ⁺	2,09 ⁺	2,35	2,31	2,27	2,01	2,28	2,28
40 2 Pastejos	1,15 ⁺	2,36 ⁺	2,77	2,67	2,47	2,31	2,32	2,25
60 Sem Pastejo	0,57 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,76	1,93	2,18	2,39	2,44	2,06
60 1 Pastejo	0,85 ^{ns}	1,65 ^{ns}	2,01	2,16	1,88	1,85	2,63	2,44
60 2 Pastejos	1,13 ⁺	2,33 ⁺	3,10	3,28	2,79	2,27	1,89	1,96
Média	0,78	1,76	2,27	2,39	2,30	2,20	2,30	2,10

*: significativo e superior ao pousio pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; ⋮: significativo e inferior ao pousio pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade. 40 e 60: densidades de semeadura 40 e 60 kg ha⁻¹ de sementes de aveia.

Os resultados da resistência do solo à penetração em função dos manejos adotados, após o manejo da aveia e após a colheita da soja, são mostrados nas Figuras 5a e 5b, respectivamente.

Levando em consideração apenas o manejo do pastejo, observou-se diferença significativa para todas as profundidades analisadas, exceto para as profundidades de 25-30 e 30-35 cm, na avaliação realizada após o cultivo da aveia (Figura 5a). Na avaliação realizada após o cultivo da soja, verificou-se diferença significativa apenas para as camadas superficiais 0-5, 5-10 e 10-15 cm (Figura 5b), as demais não diferiram em função do manejo adotado.

De maneira geral, os maiores valores de resistência à penetração ocorreram nas áreas onde foram realizados um e dois pastejos (Figura 5a), podendo ser atribuídos ao pisoteio animal. Resultados semelhantes foram observados por Lanza et al. (2007), trabalhando com pastagem de inverno também em sistema de integração lavoura-pecuária, em que os valores de RP foram superiores na presença animal.

Além disso, vale ressaltar o comportamento da resistência do solo à penetração ao longo do perfil quando ocorreram dois pastejos, em que os valores foram visualmente superiores quando a avaliação foi realizada após o cultivo da aveia (Figura 5a) em relação a avaliação realizada após a colheita da soja (Figura 5b).

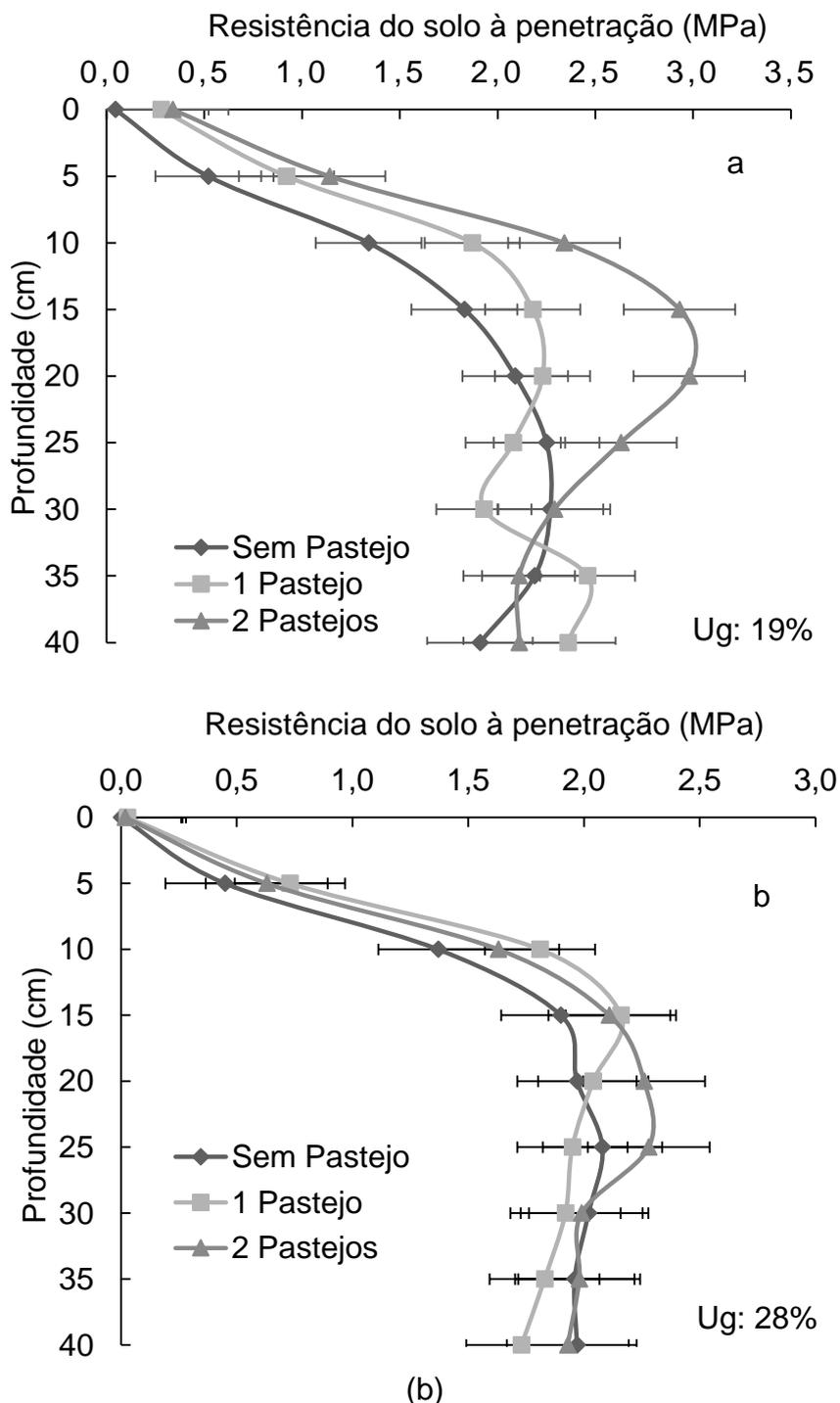


Figura 5 - Resistência do solo à penetração (MPa) nas camadas de 0-40 cm de profundidade, após o cultivo da aveia preta submetida a diferentes manejos (a) e após a colheita da soja (b). As barras indicam os valores do erro padrão da média e a sobreposição destas denota a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos.

O principal fator que causou esta variação da resistência à penetração entre os momentos de avaliações, foi a umidade do solo, que na primeira avaliação foi de 19% e na segunda de 28%. Outro fator que pode ter contribuído

para a obtenção destes resultados, é que as avaliações foram realizadas logo após o manejo da aveia, ou seja, as raízes das plantas ainda não estavam decompostas e provavelmente contribuíram para o aumento da resistência à penetração.

Em relação as alterações promovidas pela densidade de semeadura da aveia preta na resistência à penetração, verificou-se de forma geral que, quando foram utilizados 40 kg ha^{-1} de sementes, a resistência foi maior do que quando se utilizou 60 kg ha^{-1} de sementes de aveia (Figura 6).

Esse fato pode estar relacionado a quantidade de matéria seca residual produzida pela aveia antes da implantação da cultura da soja, apesar de não apresentar diferença significativa entre as densidades de semeadura utilizadas, a densidade de 60 kg ha^{-1} produziu quantidade maior de matéria seca, em relação a densidade de 40 kg ha^{-1} . Dessa forma, em função do maior aporte de cobertura vegetal sobre a superfície do solo, a pressão promovida pelo pisoteio animal é reduzida, e conseqüentemente há menor influência sobre as propriedades físicas do solo (TORRES et al., 2012).

Os níveis críticos de resistência do solo à penetração para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas, variam em função do tipo de solo e com a espécie cultivada. Bengough et al. (2011), cita valores acima de 2 MPa como limitantes para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, comprometendo a absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente o rendimento das plantas. Girardello et al. (2014) constataram que a produtividade da soja é afetada quando os valores de resistência a penetração estão próximos a 3,0 MPa. Por outro lado, Beutler e Centurion (2003), constataram que o rendimento da cultura é afetado quando os valores estão entre 1,66 e 3,05 MPa, em Latossolo Vermelho de textura argilosa.

Apesar de serem adotados valores para nível crítico para a resistência do solo à penetração, vários são os fatores ou atributos que podem influenciar nestes resultados, especialmente a umidade, no momento dos pastejos e/ou no momento da semeadura das culturas e densidade do solo. Os valores médios da umidade gravimétrica do solo foram de 19 e 28%, para após os manejos da aveia preta e após a colheita da soja, respectivamente. Além disso, muitas vezes valores elevados de resistência podem estar relacionados às raízes que se

desenvolvem ao longo do perfil, dificultando a penetração da haste do penetrógrafo. 40 kg ha⁻¹

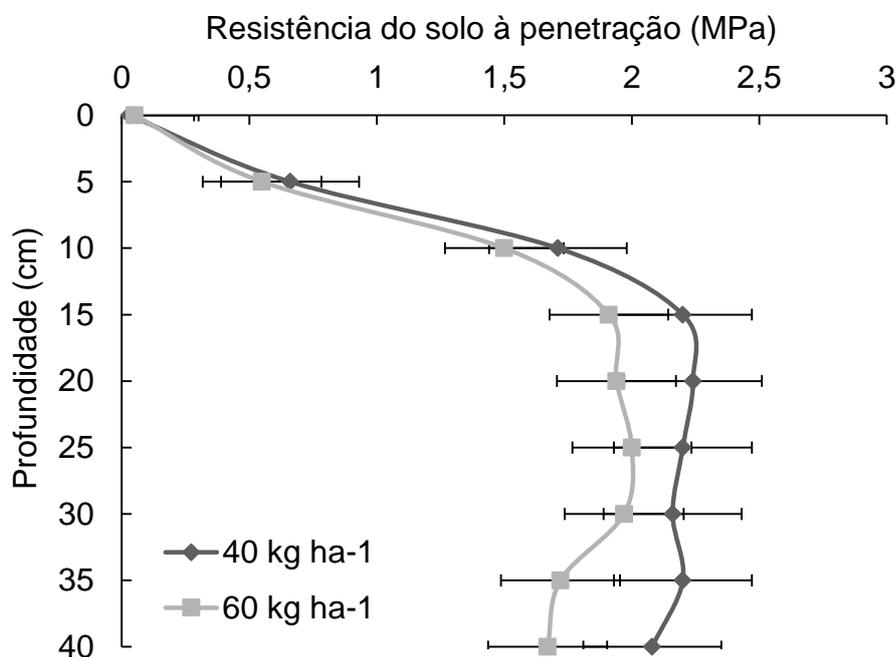


Figura 6 - Resistência do solo à penetração (MPa) nas camadas de 0-40 cm de profundidade, em sistema de integração lavoura-pecuária, após o cultivo da soja. As barras indicam os valores do erro padrão da média e a sobreposição destas denota a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos.

Levando em consideração as avaliações realizadas após os pastejos e após a soja, verifica-se pouca diferença entre os fatores avaliados (densidade de semeadura e manejos adotados).

Porém, deve-se tomar cuidado para não confundir a ideia de que a soja seja uma cultura com grande capacidade de recuperação de áreas com solo compactado, se este fato procedesse, não haveria motivos para preocupações em relação a grandes áreas de soja apresentarem problemas com compactação (FLORES et al., 2007).

4.4 CONCLUSÕES

A menor densidade de semeadura (40 kg ha⁻¹ de aveia) promoveu maior porosidade total na camada de 10-20 cm, após a colheita da soja.

A densidade de semeadura de 40 kg ha⁻¹ associada ao manejo sem pastejo, apresentou a maior densidade do solo.

O sistema de integração lavoura-pecuária e/ou os pastejos promovem alterações, mas não comprometem a qualidade física do solo.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n.3, p. 677-687, 2009.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 337-345, 2004.

ALVARENGA, R. C.; S., V. P. DA; GONTIJO NETO, M. M; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 59-67, 2010.

BENGOUGH, A. G; MCKENZIE, B. M.; HALLETT, P. D.; VALENTINE, T. A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 1, p. 59– 68, 2011.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 849-856, 2003.

BONETTI, J. A.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, G. N. Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade da soja e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 104-112, 2015.

BORTOLINI, D.; BRAIDA, J. A.; CASSOL, L. C.; MIGLIORINI, F.; SILVA, M. R. da; FERRAZZA, J. M. Altura de manejo de papuã e propriedades de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Ceres**, v. 60, n. 4, p. 535-543, 2013.

BORTOLINI, D.; ALBUQUERQUE, J. A.; RECH, C.; MAFRA, A. L.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; PÉRTILE, P. Propriedades físicas do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 1, p. 60-67, 2016.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 32, n. 4, p. 1389-1397, 2008.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C.; LEVIEN, R.; WESP, C. Evolution of soil physical attributes in an integrated crop-livestock system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1301-1309, 2011.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 107-114, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 212p., 1997.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F. de; LEITE, J. G. D.; FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 771-780, 2007.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; CHERUBIN, M. R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T. G. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob Plantio Direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1234-1244, 2014.

KAY, B. D.; VANDENBYGAART, A. J. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. **Soil & Tillage Research**, v. 66, p. 107-118, 2002.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento de soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 31, n. 2, p. 221-227, 2007.

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 de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, 2007.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Densidade e fertilidade do solo sob sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 4, p. 260-268, 2012.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, D.; RODRIGUES, C. K.; DRINKO, C. H. Compactação de um solo submetido ao tráfego do Harvester e do Forwarder na Colheita de madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 223-230, 2015.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 253-260, 2001.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. D.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de integração entre lavoura e pecuária, sob plantio direto, em alguns atributos físicos do solo após dez anos. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 695-704, 2010.

TORRES, J. L.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA, D. M. S. Resistência à penetração em área de pastagem de capim tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 232-239, 2012.

5 CAPÍTULO 5 – INFLUÊNCIA DOS MANEJOS DA AVEIA PRETA E DO POUSIO NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

RESUMO

No Brasil, há poucos trabalhos acerca do cultivo da soja sucedendo pastagens anuais de inverno. Propôs-se neste trabalho, avaliar a influência da densidade de semeadura da aveia preta e os manejos empregados ou o pousio, sobre as características agronômicas e a produtividade da soja em sucessão. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de faixas, com tratamento adicional (pousio), e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em duas densidades de semeadura da cultura da aveia (40 e 60 kg ha⁻¹, IAPAR 61), nas faixas A e os manejos (sem pastejo, um pastejo, dois pastejos e pousio) nas faixas B, no período de inverno. No verão, na safra de 2016/2017, realizou-se a semeadura da soja (Nidera 5909 RR). Foram avaliados população de plantas, altura de planta, diâmetro do colmo, número de vagens por planta, número de grãos por vagens, número de grãos por planta, massa de mil grãos e produtividade da soja. A utilização de 40 kg ha⁻¹ de sementes de aveia preta para a região Oeste Paranaense é indicada, por não promover alterações na produtividade da soja em sucessão e gerar economia na aquisição de sementes. O cultivo de aveia no período de inverno em SILP, independente da densidade de semeadura e manejo adotado, não interfere na produtividade da soja cultivada em sequência, sendo assim uma excelente alternativa de diversificação da produção da propriedade.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Sistemas integrados. Rendimento de grãos.

INFLUENCE OF BLACK HOG AND POUSIO MANAGEMENT ON AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND SOYBEAN PRODUCTIVITY IN WASTE-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM

ABSTRACT

In Brazil, there are few studies about soybean cultivation following annual winter pastures. The objective of this work was to evaluate the influence of black oat sowing density on the agronomic characteristics and yield of soybean in succession. The experimental design was a randomized complete block design, with additional treatment (fallow), and four replications. The treatments consisted of two sowing densities of the oats (40 and 60 kg ha⁻¹, IAPAR 61) in the A bands and the treatments (without grazing, grazing, two grazing and fallow) in the B bands in the Winter. In the summer, in the 2016/2017 harvest, the soybean (Nidera 5909 RR) was sown. Plant population, plant height, shoot diameter, number of pods per plant, number of grains per pods, number of grains per plant, one thousand grain mass and soybean yield were evaluated. The use of 40 kg ha⁻¹ of black oat seeds for the western region of Paraná is indicated because it does not promote changes in soybean yield in succession and generate savings in seed acquisition. The oat cultivation in the winter period in SILP, regardless of the density of sowing and adopted management, does not interfere in the productivity of the soybean cultivated in sequence, being thus an excellent alternative of diversification of the production of the property.

Key-words: *Glycine max* L. Integrated systems. Yield of grains.

5.1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) é uma das mais cultivadas no mundo, sendo o Brasil um dos maiores produtores, com cerca de 114 milhões de toneladas produzidas na safra 2016/2017 (CONAB, 2017). A região Sul, destaca-se no cenário nacional como a terceira maior produtora de soja, responsável por cerca de 35% da produção. O Paraná, destinou cerca de 5 milhões hectares, para a produção de soja e em função das altas tecnologias empregadas e condições climáticas favoráveis, apresentou uma média de produtividade de 3.700 kg ha⁻¹, superando a média da região (CONAB, 2017).

Porém, em função da demanda crescente para produção de alimentos e à redução da expansão de áreas agrícolas através do desmatamento, há necessidade de soluções que visam o desenvolvimento socioeconômico sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais. Os sistemas integrados de produção podem contribuir de forma a harmonizar esses interesses (BALBINO et al., 2011), os quais mostram-se mais sustentáveis do que os sistemas especializados em produção de grãos e fibra (WILKINS, 2008).

Para produzir soja com mais sustentabilidade, muitos produtores, das diferentes regiões brasileiras, optam pela adoção dos sistemas de integração lavoura-pecuária (SILP), com intuito de aumentar e diversificar a renda e melhorar a qualidade do sistema de plantio direto (DEBIASI e FRANCHINI, 2012). Segundo Taffarel et al. (2016), o cultivo da soja em SILP vem ganhando destaque, especialmente na região Sul, a qual é implantada sobre os resíduos dos cereais cultivados no inverno.

Este sistema permite a rotação de atividades, a partir da introdução de pastagens, promovendo ganhos na produção pecuária no inverno e melhorando a área para o cultivo no verão, além de permitir ao produtor a substituição da cultura de trigo, a qual apresenta elevado risco financeiro, devido à instabilidade do clima e valor pago pelo produto (CARVALHO et al., 2011).

Diversos são os trabalhos em sistema de integração lavoura-pecuária a respeito de intensidade e pressões de pastejos (LUNARDI et al., 2008; BARTH NETO et al., 2013), espécies utilizadas e à produção animal (NANTES et al., 2013). Entretanto, estudos relacionados aos manejos dessas áreas sob pastejo e os efeitos ocasionados na produção de grãos da cultura subsequente ainda são escassos (TERRA LOPES et al., 2009).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da densidade de semeadura da aveia preta e os manejos empregados ou o pousio, sobre as características agronômicas e a produtividade da soja em sucessão.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Localização, clima e solo da área experimental

As informações sobre localização, o clima e as características do solo da área experimental, estão apresentadas no item 2.2.1 do Capítulo 2 (p. 21).

5.2.2 Delineamento experimental

As informações sobre o delineamento experimental estão apresentadas no item 3.2.2 do Capítulo 3 (p. 39).

5.2.3 Implantação e manejo da cultura da aveia

As informações sobre a implantação e manejo da cultura da aveia estão apresentadas no item 2.2.3 do Capítulo 2 (p. 23).

5.2.4 Implantação e manejo da cultura da soja

As informações sobre a implantação e manejo da cultura da soja estão apresentadas no item 2.2.4 do Capítulo 2 (p. 24).

5.2.5 Avaliações realizadas

A colheita da soja foi realizada de forma manual, dia 27 de fevereiro de 2017, quando a maioria das plantas encontravam-se no estágio R8. Neste momento, foram realizadas as avaliações das características agronômicas, dos componentes de produção e produtividade.

A campo, determinou-se o estande final da soja, por estimativa realizada em função da contagem do número de plantas sequenciadas em amostras de 1 m, em cinco pontos.

Para a determinação da altura média das plantas, foram consideradas dez plantas por parcela, para tanto, considerou-se as distâncias entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal, utilizando-se uma régua graduada em centímetros.

O diâmetro do caule foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital, em dez plantas tomadas ao acaso por parcela.

O número de vagens por planta foi determinado a partir da contagem manual, em dez plantas por parcela. O número médio de grãos por vagem, foi determinado mediante contagens diretas do número de grãos em dez vagens por parcela. O número médio de grãos por planta, foi calculado multiplicando o valor médio do número de grãos por vagens pelo número de vagens encontradas por planta.

Para a avaliação da massa de mil grãos, foram separadas, conforme prescrições estabelecidas pelas Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), oito sub-amostras de 100 sementes, cujas massas foram determinadas em balança de precisão e corrigidas considerando-se o teor de água de 13%.

Para quantificação da produtividade foram colhidas duas fileiras com três metros de comprimento em cada parcela (área útil), submetidas a trilha mecanizada. Após a trilha, a massa total de grãos obtida foi corrigida para 13% de umidade e extrapolada para kg ha^{-1} .

5.2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, de acordo com o resultado do teste F, havendo significância, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro para comparação das médias, ou o teste de Dunnett ao nível de 5% quando a interação fatorial vs testemunha foi significativa.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que o manejo empregado para a cultura da aveia (densidade de semeadura e número de pastejos), ou a manutenção do pousio, não influenciaram significativamente os componentes de produção da cultura da soja, ou seja, diâmetro do caule, número de grãos por vagem número de vagens por planta, número de grãos por planta, massa de mil grãos e produtividade

(Tabela 17). Entretanto, ocorreu influência significativa da interação densidade de semeadura com o número de pastejos para população e altura de plantas (Tabela 17).

Tabela 17 - Quadrado médio da população de plantas (POP), altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) da soja Nidera 5909RR, na safra 2016/2017

FV	GL	POP (plantas ha ⁻¹)	AP (cm)	DC (mm)	NGV
Bloco	3	583333333,3	23,4994	1,6878	0,0125
Densidade (D)	1	201666667 ^{ns}	57,0417 ^{ns}	0,0504 ^{ns}	0,0067 ^{ns}
Erro 1	3	383333333,3	19,4506	0,5988	0,0037
Manejo (M)	2	200000000 ^{ns}	13,1400 ^{ns}	2,0422 ^{ns}	0,0050 ^{ns}
Erro 2	6	383333333,3	8,0978	0,4877	0,0037
D X M	2	1,6666666,67 ^{ns}	8,4067 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,0054 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	1371428571*	169,2021*	0,0924 ^{ns}	0,0086 ^{ns}
Erro 3	9	252777777,8	24,3826	0,0699	0,0244
CV 1 (%)		7,6888	4,5668	10,1964	7,6154
CV 2 (%)		7,6888	2,9467	9,2015	2,4082
CV 3 (%)		6,2436	5,1132	11,0182	6,1485
		NVP	NGP	MMG (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Bloco	3	12,5394	142,8532	3,9143	347871,87
Densidade (D)	1	1,2150 ^{ns}	0,4565 ^{ns}	0,0840 ^{ns}	52338,83 ^{ns}
Erro 1	3	57,6994	349,3201	18,9380	21571,56
Manejo (M)	2	101,9817 ^{ns}	745,2874 ^{ns}	11,4418 ^{ns}	385763,01 ^{ns}
Erro 2	6	52,2122	337,5145	10,3198	197398,62
D X M	2	25,2350 ^{ns}	241,1644 ^{ns}	11,4714 ^{ns}	117499,88 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	15,9717 ^{ns}	218,5380 ^{ns}	9,3739 ^{ns}	1413,69 ^{ns}
Erro 3	9	44,47407	283,5411	21,3012	108146,08
CV 1 (%)		15,4077	14,9138	3,7021	3,6385
CV 2 (%)		14,6569	14,6596	2,9263	11,0065
CV 3 (%)		13,5172	13,4365	3,9262	8,1467

^{ns}, *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV 1: Coeficiente de variação para as densidades; CV 2: Coeficiente de variação para os manejos; CV 3: Coeficiente de variação para interação (D x M).

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2013) trabalhando em diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária, observaram que não houve diferença para rendimento de grãos, massa de mil grãos, altura de plantas e altura de inserção das primeiras vagens. Ferreira et al. (2011), em seus estudos também não encontraram diferenças nos componentes de produção e produtividade da soja, com a presença ou não do animal ou entre as intensidades de pastejo utilizadas.

Por outro lado, Lunardi et al. (2008) avaliando os efeitos de métodos e intensidades de pastejo de azevém sobre o rendimento da soja em sucessão,

verificaram que o rendimento médio de grãos da área pastejada foi superior (1.384 kg ha^{-1}) em relação a área sem pastejo (934 kg ha^{-1}). Segundo Consalter (1998), esses resultados indicam que a produtividade dessas culturas não é alterada pela presença do animal no cultivo anterior, possibilitando dessa forma o pastejo dos animais no período de inverno.

Castagnara et al. (2014), relatam que dentre os principais problemas enfrentados em um sistema de integração lavoura-pecuária é a dificuldade da semeadura e estabelecimento da cultura de interesse econômico, especialmente plantas que apresentam germinação epígea, como é o caso da soja, podendo agravar-se ainda mais quando há uma grande quantidade de palhada sobre a superfície. O que não ocorreu neste experimento, visto que a população de plantas mostrou-se estatisticamente superior quando foram utilizados 60 kg ha^{-1} de sementes de aveia e manejadas com um pastejo ($270.000 \text{ plts ha}^{-1}$) e sem pastejo ($267.500 \text{ plts ha}^{-1}$), em relação ao pousio ($237.500 \text{ plts ha}^{-1}$) (Tabela 17). Neste caso, acredita-se que o pousio, apesar de apresentar o menor estande de plantas, teve um maior engalhamento e compensação da soja, resultando na não diferença estatística dos demais componentes (Tabela 18).

Além disso, o maior número de plantas por hectare quando há elevado aporte de palhada, pode ser explicado devido ao controle da amplitude térmica no solo, controle de plantas daninhas, retenção da umidade do solo, bem como a maior liberação de nutrientes provenientes da palhada (FURLANI et al., 2007), favorecendo o desenvolvimento inicial e possibilitando maior longevidade até o final do ciclo da cultura. Outro fator que pode ter contribuído para a obtenção destes resultados, é que a quantidade de palhada produzida no inverno, não ter sido suficiente para comprometer o estande de plantas.

A altura de planta foi superior ao pousio quando a densidade de semeadura aveia preta foi de 60 kg ha^{-1} e manejada com dois pastejos ($101,65 \text{ cm}$) (Tabela 18).

Para Franchini et al. (2014), a grande quantidade de palhada produzida pela cultura antecessora, pode provocar estiolamento nas plantas de soja. Segundo Debiasi e Franchini (2012), isso ocorre devido ao sombreamento da cultura após a emergência, em que as plantas tendem ao alongamento do hipocótilo e epicótilo para melhorar a interceptação luminosa. Este fato pode promover alteração na altura de plantas, porém, isso não aconteceu no presente estudo, visto que a produtividade de matéria seca remanescente onde ocorreu os pastejos foram inferiores aos sem

pastejo. Por outro lado, o incremento na densidade de semeadura aumentou a altura de plantas (Tabela 18) possivelmente devido a competição intraespecífica, levando ao estiolamento nas maiores densidades (MAUAD et al., 2010).

Tabela 18 - Estande de plantas (EP), altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) da soja Nidera 5909RR, na safra 2016/2017

Manejo	EP (plantas ha ⁻¹)	AP (cm)	DC (mm)	NGV	NVP	NGP	MMG (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Pousio	237.500	90,60	7,70	2,50	47,50	118,5	124,1	4.019,30
⋮								
40 Sem Pastejo	247.500 ^{ns}	95,45 ^{ns}	7,13	2,55	46,55	118,54	124,88	3.622,17
40 1 Pastejo	255.000 ^{ns}	96,45 ^{ns}	8,13	2,54	51,25	130,19	125,73	4.199,65
40 2 Pastejos	242.500 ^{ns}	96,20 ^{ns}	7,58	2,61	50,35	130,24	126,99	4.156,80
60 Sem Pastejo	267.500 ⁺	97,30 ^{ns}	7,01	2,50	46,15	115,76	124,25	3.957,97
60 1 Pastejo	270.000 ⁺	98,40 ^{ns}	8,04	2,56	55,60	142,65	127,52	4.050,69
60 2 Pastejos	262.500 ^{ns}	101,65 ⁺	7,52	2,54	47,75	121,39	129,59	4.250,14
Média	254.642,86	96,57	7,59	2,54	49,30	125,32	126,16	4.036,67

*: significativo e superior ao pousio pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; -: significativo e inferior ao pousio pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade. 40 e 60: densidades de semeadura 40 e 60 kg ha⁻¹ de sementes de aveia.

O diâmetro de colmo das plantas de soja variou de 7,01 a 8,13 mm (Tabela 18), embora não tenham sido verificadas diferenças, esses resultados foram contraditórios aos obtidos por Balbinot Junior et al. (2015), os quais verificaram redução no diâmetro do caule com o aumento da população de plantas, possivelmente devido à competição entre as plantas de soja por água, luz e nutrientes. O diâmetro do colmo ou diâmetro da haste, é uma característica de grande importância, visto que, a sua redução pode comprometer a cultura, devido aos possíveis riscos de acamamento.

Embora não tenha sido verificada diferenças significativas para NVP, NGV e NGP (Tabela 18), a última variável é uma característica que pode elevar o rendimento de grãos da soja, e este aumento no NGP pode ser obtido a partir da melhoria nutricional da planta, principalmente de potássio (FERNANDEZ et al. 2009). Souza et al. (2010), observaram relação positiva entre o rendimento de grãos, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e massa de mil grãos.

A massa de mil grãos é uma variável que pode influenciar no rendimento da cultura da soja, porém, segundo Rambo et al. (2003) o peso dos grãos é uma característica genética da cultivar, pouco influenciada pelo manejo cultural.

A produtividade da soja também não foi influenciada pela densidade de semeadura da aveia preta, bem como o seu manejo, mesmo variando de 3.622 kg ha⁻¹ a 4.250 kg ha⁻¹, no tratamento pousio e para a área em que foi utilizado 60 kg ha⁻¹ de sementes de aveia e realizados dois pastejos, respectivamente. Segundo Peixoto et al. (2000), o rendimento da soja é uma característica influenciada por diversos componentes, dentre eles, população de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de grãos

A não diferença significativa encontrada na produtividade da soja, na presença ou ausência do animal ou ainda entre os manejos dos pastejos utilizados, indica a possibilidade de utilização da cultura da aveia para o consumo animal no período de inverno, permitindo o aumento da eficiência do uso da terra (FERREIRA et al., 2011).

5.4 CONCLUSÕES

A utilização de 40 kg ha⁻¹ de sementes de aveia preta para a região Oeste Paranaense é indicada, por não promover alterações na produtividade da soja em sucessão e gerar economia na aquisição de sementes.

O cultivo de aveia no período de inverno em SILP, independente da densidade de semeadura e manejo adotado, não interfere na produtividade da soja cultivada em sequência, sendo assim uma excelente alternativa de diversificação da produção da propriedade.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Brasília: Embrapa, 130p., 2011.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015.

BARTH NETO, A.; CARVALHO, P. C. F.; LEMAIRE, G.; SBRISSIA, A. F.; CANTO, M. W.; SAVIAN, J. V.; AMARAL, G. A.; BREMM, C. Perfilhamento em pastagens de azevém em sucessão a soja ou milho, sob diferentes métodos e intensidades de pastejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n. 3, p. 329-338, 2013.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 365p. 2009.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R. **Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil**. Porto Alegre: UFRGS, 60 p., 2011.

CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; ZOZ, T.; ROSSOL, C. D.; BERTÉ, L. N.; OLIVEIRA, P. S. R.; NERES, M. A. Cultivos consorciado de soja com braquiária. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 168-177, 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2016/2017**. Décimo primeiro levantamento, Agosto de 2017. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2017. 164p.

CONSALTER, M. A. S. **Sistema integrado lavoura-pecuária e compactação em Latossolo Bruno**. 1998. 105 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência dos Solos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012.

FERREIRA E. V. O., ANGHINONI, I., ANDRIGHETTI, M. H., MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. F. Ciclagem, balanço de potássio, produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v. 35, n. 1, p. 161-169, 2011.

FERNANDEZ, F.; BROUDER, S.; VOLENEC, J.; BEYROUTY, C.; HOYUM, R. Root and shoot growth, seed composition, and yield components of no-till rainfed soybean under variable potassium. **PlantSoil**, v. 322, n. 1-2, p. 125-138, 2009.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 5, p. 999-1005, 2014.

FURLANI, C. E. A.; PAVAN JÚNIOR, Á.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W. Desempenho operacional de semeadura-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 456-462, 2007.

LUNARDI, R.; CARVALHO, P. C. F.; TREIN, C. R.; COSTA, J. A.; CAUDURO, G. F.; BARBOSA, C. M. P.; AGUINAGA, A. A. Q. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidade de pastejo. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 795-801, 2008.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

NANTES, N. N.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; LEMPP, B.; BARBOSA, R. A.; GOIS, P. O. Desempenho animal e características de pastos de capim-piatã submetidos a diferentes intensidades de pastejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n. 1, p. 114-121, 2013.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 1, p. 89-96, 2000.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. P.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3 p. 405-411, 2003.

SANTOS, P. H., FONTANELI, S. R., SPERA, T. S., MALDANER, L. G. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 1, p. 49-56, 2013.

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; KUHNEN JUNIOR, P. R.; BOLZAN, J. M. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja RoundupReadyTM. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010.

TAFFAREL, L. E.; OLIVEIRA, P. S. R.; PIANO, J. T.; COSTA, P. F.; CASTAGNARA, D. D.; NERES, M. A. Residual straw soybean yield in succession to oat, wheat and triticale grown in crop-livestock integration system. **Revista Científica**, v. 44, n. 1, p. 40-48, 2016.

TERRA LOPES, M. L. T.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T.; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. P. C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1499-1506, 2009.

WILKINS, R.J. Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B – Biological Sciences**, v. 363, n. 1491, p. 517-525, 2008.