

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

ANDRESSA PERINI VENGEN

**ATRIBUTOS DO SOLO E PALHADA REMANESCENTE DE
FORRAGEIRAS DE INVERNO SUBMETIDAS A DIFERENTES MANEJOS EM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2018

ANDRESSA PERINI VENGEN

**ATRIBUTOS DO SOLO E PALHADA REMANESCENTE DE
FORRAGEIRAS DE INVERNO SUBMETIDAS A DIFERENTES MANEJOS 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

Coorientadora: Prof. Dr. Maria do
Carmo Lana

Coorientador: Dr. Jucenei Fernando
Frاندoloso

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2018

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

Vengen, Andressa Perini

Atributos do solo e palhada remanescente de forrageiras de inverno submetidas a diferentes manejos em sistema de integração lavoura-pecuária / Andressa Perini Vengen; orientador(a), Paulo Sérgio Rabello de Oliveira; coorientador(a), Maria do Carmo Lana, coorientador(a)II, Jucenei Fernando Frandoloso, 2018.

84 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. Propriedades físicas do solo. 2. Ciclagem de nutrientes. 3. Avena. 4. X Triticosecale Wittmack. I. Oliveira, Paulo Sérgio Rabello de . II. Lana, Maria do Carmo. III. Frandoloso, Jucenei Fernando. IV. 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

ANDRESSA PERINI VENGEN

Atributos do solo e palhada remanescente de forrageiras de inverno submetidas a diferentes manejos 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 Mestre 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)

Cláudio Yuji Tsutsumi

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

Dângela Maria Fernandes

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - MEDIANEIRA (UTFPR)

Marechal Cândido Rondon, 31 de agosto de 2018

À minha família, pelo apoio incondicional durante toda a minha jornada.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, por todo incentivo e dedicação para a realização deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder sabedoria, força e coragem para trilhar esta jornada. Por estar ao meu lado em todos os momentos desta trajetória, principalmente os mais difíceis, me dando ânimo, para que eu não desistisse de lutar.

Aos meus pais, Claudino Vengen e Ângela Maria Perini Vengen, grandes mestres da vida, que me ensinaram a sonhar, acreditar no sonho e batalhar dignamente para conquistá-lo. A eles devo tudo o que sou. Agradeço por todo o carinho, apoio e amor que sempre me proporcionaram.

A minha irmã, Emanuely, por todo afeto, companheirismo e positividade. Obrigada pela compreensão, nos momentos em que estive distante e por fazer com que os meus dias ficassem mais alegres quando tudo parecia dar errado.

A minha família, fonte inesgotável de amor que dá força e revigora, sendo meu refúgio e fonte de felicidade ao compartilhar cada momento.

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

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto.

Ao professor Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, agradeço todas as instruções durante esses anos de graduação e mestrado. Obrigada pela confiança a mim depositada e pela excelência na orientação. Grande parte das minhas conquistas só existiram devido aos seus ensinamentos.

Aos meus coorientadores, Dra. Maria do Carmo Lana e Dr. Jucenei Fernando Frandoloso, pelos conhecimentos transmitidos e pelo auxílio na realização das análises no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Agronomia da UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon, em especial ao professor Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi, pela ajuda concedida para desenvolvimento desta pesquisa.

Aos amigos que esta Universidade me proporcionou, em especial a Eloisa Mattei, que esteve comigo desde a graduação, compartilhando as

alegrias e as tristezas de cada momento. Obrigada pelo companheirismo, pelas horas que dedicou para me ajudar, por não me deixar desistir e tornar os meus dias em Rondon mais divertidos. Você é incrível!

Aos integrantes do grupo Grupo de Estudo e Pesquisa em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária - GEPSIA, especialmente Bruna Thaina Bartzen, Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego, Jeferson Tiago Piano, Jonas Francisco Egewarth, Marinez Carpiski Sampaio e Vanessa Aline Egewarth, pelas horas de descontração e diversão que juntos compartilhamos e pela ajuda excepcional para realização deste trabalho.

A direção e colaboradores do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE, pelo apoio na execução do experimento.

A SQM VITAS Brasil, pela compreensão e tempo concedido para desenvolvimento e defesa desta pesquisa.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso”.

John Ruskin

RESUMO

VENGEN, Andressa Perini. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Agosto de 2018. **Propriedades químicas e físicas do solo cultivado com forrageiras de inverno submetidas a diferentes manejos em sistema de integração lavoura-pecuária.** Orientador: Paulo Sérgio Rabello de Oliveira. Coorientadores: Maria do Carmo Lana e Jucenei Fernando Frandoloso.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da frequência de pastejo em forrageiras de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária sobre as propriedades químicas e físicas do solo e na dinâmica e liberação de nutrientes da palhada remanescente. O experimento foi conduzido em condições de campo, durante a safra 2016/2017 na Estação Experimental Professor Doutor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* Marechal Cândido Rondon – PR, em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de faixas, com três repetições. As parcelas foram formadas pela combinação das faixas A e B. As faixas A compreenderam as espécies forrageiras testadas, constituídas por aveia preta BRS 139, aveia preta IPR 61, aveia branca IPR Esmeralda, Triticale 111 TPolo e o consórcio de Triticale 111 TPolo com aveia branca IPR Esmeralda. Já nas faixas B, transversais às faixas A, foram alocados os manejos: sem pastejo, um pastejo e dois pastejos. Foram avaliados os teores de nitrogênio total, carbono orgânico total, matéria orgânica, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade, após a colheita da soja cultivada em sucessão. Também foram avaliadas a produtividade da matéria seca das forrageiras e a liberação dos nutrientes C, N, P, K da palhada residual. As plantas forrageiras utilizadas para pastejo resultam em diferentes teores de nitrogênio total e matéria orgânica no solo quando submetidos a um pastejo, onde o solo cultivado com Triticale 111 TPolo superior à aveia IPR 61 para ambos os atributos. Os maiores teores de nitrogênio total, carbono orgânico total, matéria orgânica e relação C/N foram observados na camada superficial, independente do manejo empregado. A macroporosidade do solo foi alterada em função das cultivares e das camadas do solo. Na camada 0-0,05 m, o consórcio da aveia Esmeralda e Triticale 111 TPolo resultaram em menor volume de macroporos. A microporosidade e porosidade total foram inferiores nas camadas de 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m nas áreas cultivadas com Triticale 111 TPolo sob dois pastejos. A menor densidade do solo foi encontrada na camada superficial, independente do manejo ou da planta forrageira utilizada, que indica a ausência de compactação pelo pisoteio animal. A aveia IPR Esmeralda apresentou a maior produtividade de matéria seca remanescente quando não pastejada, enquanto que o Triticale 111 TPolo obteve as maiores médias quando submetido a um pastejo. A quantidade N, P e K liberados da matéria seca remanescente, independente do manejo adotado, apresentaram decréscimo ao longo do tempo. O potássio foi o nutriente que apresentou liberação mais acelerada. As forrageiras de inverno, quando submetidas a dois pastejos, reduzem a quantidade e aumentam o tempo de meia-vida dos nutrientes. Aos 120 dias após a dessecação das forrageiras, o tratamento composto pela aveia IPR Esmeralda sob um pastejo

apresentou menor quantidade de matéria seca, C, N, P e K (21%, 20%, 19%, 17%, e 1%, respectivamente) no material remanescente. O Triticale 111 TPolo sob mesmo manejo apresentou 16%, 15%, 12%, 6% e 2% para as respectivas variáveis. O Triticale 111 TPolo, quanto submetido a um pastejo é mais eficiente na ciclagem de nutrientes, disponibilizando 197, 38 e 231 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente.

No SILP as espécies forrageiras conseguem ciclar os nutrientes e disponibilizar para as culturas em sucessão, o que reduz os custos com fertilizantes e contribui com o uso racional e sustentabilidade do sistema.

Palavras-chave: Matéria Orgânica, Porosidade Total, Ciclagem de Nutrientes.

ABSTRACT

VENGEN, Andressa Perini. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, August 2018. **Chemical and physical properties of the soil cultivated with winter forages which are submitted to different managements in the wrap-livestock integration system.** Advisor: Paulo Sérgio Rabello de Oliveira. Co-Advisor: Maria do Carmo Lana and Jucenei Fernando Frandoloso.

The objective of this work was to evaluate the effect of grazing frequency on winter forage under a system of crop-livestock integration on the chemical and physical properties of the soil and on the dynamics and release of nutrients from the remaining straw. The experiment was carried out under field conditions, during the 2016/2017 harvest at the Experimental Station Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, belonging to the State University of the West of Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon - PR, in soil classified as LATOSOLO VERMELHO Eutroferric de very clayey texture. The experimental design was a randomized complete block design with three replicates. The plots were formed by the combination of the A and B bands. The A ranges comprised the forage species tested, consisting of black oats BRS 139, black oats IPR 61, white oats IPR Esmeralda, Triticale 111 TPolo and the consortium of Triticale 111 TPolo with oats white Emerald IPR. In the B bands, transversal to the bands A, were allocated the management: without grazing, one grazing and two grazing. The levels of total nitrogen, total organic carbon, organic matter, macroporosity, microporosity, total porosity and density were evaluated after harvesting the soybean cultivated in succession. The dry matter yield of the forages and the release of nutrients C, N, P, K from the residual straw were also evaluated. The forage plants used for grazing resulted in different levels of total nitrogen and organic matter in the soil when submitted to grazing, where the soil cultivated with Triticale 111 TPolo superior to the IPR 61 oats for both attributes. The highest levels of total nitrogen, total organic carbon, organic matter and C / N ratio were observed in the superficial layer, regardless of the management used. The macroporosity of the soil was altered according to the cultivars and the soil layers. In the 0-0.05 m layer, the consortium of Esmeralda and Triticale 111 TPolo oats resulted in a lower volume of macropores. The microporosity and total porosity were lower in the layers of 0.05-0.10 m and 0.10-0.20 m in the areas cultivated with Triticale 111 TPolo under two grazing. The lowest soil density was found in the superficial layer, regardless of the management or the forage plant used, which indicates the absence of compaction by animal trampling. The IPR Esmeralda oat showed the highest productivity of dry matter remaining when not grazed, whereas Triticale 111 TPolo obtained the highest averages when submitted to grazing. The amount N, P and K released from the remaining dry matter, regardless of the adopted management, decreased over time. Potassium was the nutrient that presented the most accelerated release. The winter forages, when submitted to two grazing, reduce the amount and increase the half-life of the nutrients. At 120 days after foraging desiccation, the treatment of the IPR Esmeralda oat under grazing presented lower dry matter, C, N, P and K (21%, 20%, 19%, 17%, and 1% respectively) in the remaining material. Triticale 111 TPolo under the same management presented 16%, 15%, 12%, 6% and 2% for the respective

variables. Triticale 111 TPolo, when subjected to grazing, is more efficient in nutrient cycling, providing 197, 38 and 231 kg ha⁻¹ of N, P and K, respectively. In SILP, forage species are able to cycle the nutrients and make it available to crops in succession, which reduces fertilizer costs and contributes to the rational use and sustainability of the system.

Key words: Organic Matter, Total Porosity, Nutrient Cycling.

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

Al ³⁺	Alumínio trocável
H+Al	Acidez potencial
Ca ²⁺	Cálcio trocável
CBPA	Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
Cfa	Clima subtropical úmido
Cm	Centímetro
cmol _c dm ⁻³	Centimol de carga por decímetro cúbico
COT	Carbono Orgânico Total
CV	Coefficiente de Variação
Ds	Densidade do solo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
et al	Abreviatura da expressão latina “et alia”, significando “entre outros”
FUPEF	Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná
G	Gramma
g dm ⁻³	Gramma por decímetro cúbico
g kg ⁻¹	Gramma por quilo
Há	Hectare
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K ⁺	Potássio trocável
kg ha ⁻¹	Quilo grammas por hectare
L ha ⁻¹	Litros por hectare
L _{Vef}	Latosolo 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.S	Matéria Orgânica do Solo
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	Coefficiente de determinação
S	Sul
SAS	Statistical Analyses System
SILP	Sistema de integração lavoura-pecuária
SPD	Sistema Plantio Direto
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
W	Oeste
%	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 das temperaturas máximas, mínimas e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses dos anos de 2016 e 2017 no período experimental.....43
- Figura 2 - Matéria seca remanescente da aveia IPR Esmeralda submetida aos manejos sem pastejo (sem P), pastejo (1 P) e 2 pastejos (2 P), conduzidos em sistema de integração lavoura-pecuária.....66
- Figura 3 - Carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c) e potássio remanescentes (d) (kg ha^{-1}) dos resíduos dos manejos da aveia Esmeralda, sem pastejo (Sem P), 1 pastejo (1 P) e 2 pastejos (2 P), em avaliações realizadas ao longo do tempo.....69
- Figura 4 - Matéria seca remanescente do triticales submetido aos manejos sem pastejo (sem P), 1 pastejo (1 P) e 2 pastejos (2 P), conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária.....72
- Figura 5 - Carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c) e potássio remanescentes (d) (kg ha^{-1}) dos resíduos dos manejos do triticales, sem pastejo (sem P), 1 pastejo (1 P) e 2 pastejos (2 P), em avaliações realizadas ao longo do tempo (A equação e a significância dos ajustes, estão apresentadas na Tabela 12).....74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas e textural do solo, na camada de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, antes da implantação das culturas de inverno em 2016, no município de Marechal Cândido Rondon – PR.....	43
Tabela 2 - Resumo da análise de variância das propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado sob manejos de plantas forrageiras após a colheita da soja em sucessão.....	46
Tabela 3 - Atributos químicos de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado sob diferentes manejos plantas forrageiras após a colheita da soja (Abril, 2017).....	47
Tabela 4 - Teores de nitrogênio total, carbono orgânico total, matéria orgânica do solo e relação C/N nas diferentes camadas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado em sistema de integração lavoura-pecuária.....	49
Tabela 5 - Resumo da análise de variância das propriedades físicas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado sob manejos de plantas forrageiras após a colheita da soja em sucessão.....	50
Tabela 6 - Microporosidade e Porosidade Total em diferentes camadas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado com soja em sucessão a plantas forrageiras.....	51
Tabela 7 - Macroporosidade do solo em diferentes camadas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado com plantas forrageiras e soja em sucessão.....	52
Tabela 8 - Densidade nas diferentes camadas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico conduzido em Sistema de integração lavoura-pecuária após cultivo de plantas forrageiras e soja em sucessão.....	54
Tabela 9 - Resumo da análise de variância das variáveis matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo e potássio remanescentes dos resíduos dos manejos da Aveia Esmeralda ao longo do tempo.....	65
Tabela 10 - 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 da aveia Esmeralda em sistema de integração lavoura-pecuária.....	67

Tabela 11 - Resumo da análise de variância das variáveis matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo e potássio remanescentes dos resíduos dos manejos do Triticale 111 TPolo ao longo do tempo.....71

Tabela 12 - 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 do Triticale 111 TPolo em sistema de integração lavoura-pecuária.....75

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1.....	20
1.1 INTRODUÇÃO	20
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
1.2.1 Sistema de Integração Lavoura-Pecuária.....	21
1.2.2 Aveia.....	23
1.2.3 Triticale.....	25
1.2.4 Propriedades Físicas e Químicas do Solo em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária.....	26
1.2.5 Decomposição e Liberação dos Nutrientes em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária.....	28
1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
2 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO CULTIVADO COM FORRAGEIRAS DE INVERNO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	37
2.1 INTRODUÇÃO	40
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	42
2.2.1 Caracterização da Área Experimental.....	42
2.2.2 Delineamento Experimental	43
2.2.3 Cultivo e Manejo das Forrageiras de Inverno.....	44
2.2.4 Avaliações Realizadas	45
2.2.5 Análise Estatística	46
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
2.3.1 Nitrogênio Total, Carbono Orgânico do Solo e Matéria Orgânica	46
2.3.2 Propriedades Físicas do Solo	50
2.4 CONCLUSÕES.....	54
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
3 LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES NA PALHADA REMANESCENTE DE FORRAGEIRAS CONDUZIDAS SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	59
3.1 INTRODUÇÃO	61
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	63

3.2.1 Localização e Caracterização da Área Experimental	63
3.2.2 Delineamento Experimental	63
3.2.3 Cultivo e Manejo das Forrageiras de Inverno	63
3.2.4 Avaliações Realizadas	63
3.2.5 Análise Estatística	64
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.3.1 Aveia Esmeralda	65
3.3.2 Triticale	71
3.4 CONCLUSÕES	77
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

1. CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária se destaca como uma opção viável para a produção, pois além de ser uma prática conservacionista que auxilia na recuperação do solo e no controle de pragas e doenças ainda pode diversificar a produção na propriedade diminuindo riscos e aumentando os lucros (MACEDO, 2009). O tipo de manejo, textura do solo, teor de umidade, teor de matéria orgânica, espécie vegetal, clima, entre outros, refletem diretamente na qualidade química, física e biológica do solo (FLORES, et al., 2007).

Na região Sul do Brasil, onde a atividade leiteira nas pequenas e médias propriedades é expressiva, o SILP se torna uma excelente opção, podendo-se cultivar pastagens anuais de inverno em alternância com culturas de importância econômica no verão.

Além do fornecimento da forragem para os animais, as pastagens exercem o papel de proteção do solo, melhorando as condições químicas, físicas e biológicas e ainda resultam em palhada para manutenção do SPD e ciclagem de nutrientes (BALBINO et al., 2011).

Silva et al. (2011) verificaram entre diferentes sistemas produtivos, que a melhor estrutura do solo nas camadas mais superficiais, foi obtida no sistema ILP. Esse sistema favorece um ambiente edáfico, biologicamente mais ativo em comparação aos outros sistemas cultivados.

Os resíduos culturais aportados ao solo desempenham papel importante na ciclagem de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida ou lenta, de acordo com fatores climáticos, atividade biológica, qualidade e quantidade dos resíduos (ROSOLEM et al., 2003).

Piano et al. (2017) observaram na palhada remanescente da aveia IPR 126, acúmulo de 66, 6, 48, 50 e 10 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Essas quantidades foram liberadas para a soja em sucessão, reduzindo o uso de fertilizantes e os danos ambientais.

Apesar dos benefícios, muitos produtores relutam em adotar esse sistema, por acreditar que a entrada dos animais prejudica os atributos físicos

do solo. Um dos motivos pode ser atribuído a discrepância dos resultados obtidos através de pesquisas.

Ortigara et al. (2014), ao avaliarem o uso do solo e propriedades físico-mecânicas em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, observaram que o pisoteio animal intensivo em área de pastagem causou alterações na estrutura do solo, gerando níveis de compactação restrição às plantas.

Bortolini et al. (2016) obtiveram resultados distintos ao avaliarem as propriedades físicas em sistema de integração lavoura-pecuária. Não observaram nenhuma influência negativa do pisoteio animal sobre as propriedades físicas, dinâmica da água e teores de matéria orgânica do solo em um CAMBISSOLO HÚMICO.

Como os estudos são recentes, a avaliação dos efeitos do SILP na região Oeste do Paraná faz-se necessária, a fim de conduzir esse sistema de forma correta e eficiente.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da frequência de pastejo em forrageiras de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária sobre as propriedades químicas e físicas do solo e na dinâmica e liberação de nutrientes da palhada remanescente.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Sistema de Integração Lavoura-Pecuária

O Sistema de integração lavoura-pecuária (SILP) consiste na associação de cultivos agrícolas e produção animal, a fim de maximizar o uso da terra e possibilitar a exploração econômica do solo durante o ano todo de maneira racional e sustentável. Tem sido adotada em diferentes partes do mundo com os mais diferentes propósitos (KUNRATH et al., 2015).

Os principais objetivos do SILP inicialmente eram recuperar áreas com pastagem degradada e/ou manutenção do sistema plantio direto (SPD), contudo, diversos benefícios foram observados ao aderir esse sistema. Vilela et al. (2001) citam como vantagens do sistema o incremento da fertilidade do solo; aumento da atividade biológica; melhoria na eficiência de reciclagem de nutrientes; melhoria nas condições físicas do solo; incremento da microflora e

microfauna no horizonte superficial do solo; controle de plantas daninhas e quebra do ciclo de pragas e microrganismos patogênicos.

Entre os benefícios adquiridos ao adotá-lo estão à diversificação e verticalização da produção, redução de custos, diluição de riscos e principalmente a agregação de valor aos produtos agropecuários, através dos benefícios que uma atividade proporciona a outra (MELLO et al., 2002; QUINTINO et al., 2016).

Atualmente no Brasil, estima-se que mais de 11,5 milhões de hectares são cultivados com sistemas integrados, onde os estados que se destacam na área de adoção são: Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Rio Grande do Sul (FUPEF, 2017).

Em propriedades onde a produção de carne ou leite é a atividade principal, os cultivos anuais mais utilizados são a aveia, milheto, azevém e Triticale 111 TPolo para pastejo e juntamente ou após essas culturas há o estabelecimento de forrageiras. Já em propriedades cujo foco principal é produzir grãos, o cultivo de forrageiras de inverno tem como objetivo o incremento da produção de palha para o plantio direto, e em menor escala a exploração de forragem, caracterizando a produção animal apenas como um complemento na renda (ZIMMER et al., 2007).

Costa et al. (2015) ao estudarem as alterações nos atributos químicos e físicos do solo em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico conduzido em sistema de ILP em SPD com irrigação, observaram o aporte de nutrientes ao solo devido ao elevado acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície, causando estímulo à atividade biológica e alterações na fertilidade. Neste sentido, foi verificado que ao longo de três anos, o SILP promoveu redução da compactação, refletindo no incremento da macroporosidade, porosidade total e redução da resistência mecânica a penetração e densidade do solo.

Apesar das inúmeras vantagens do SILP, para seu sucesso é necessário o conhecimento aprofundado do sistema como um todo, ou seja, a interação solo-planta-animal, sendo esses componentes dinâmicos e que interagem entre si (GLÉRIA et al., 2017).

De acordo com Lopes et al. (2009), mais importante do que a busca da maximização da produção em cada um dos segmentos (agricultura e pecuária)

é a manutenção do equilíbrio em condições ótimas, para que o sistema responda de forma eficiente e se torne sustentável a longo prazo.

Neste caso, para a escolha da forrageira, o desafio é encontrar um nível de biomassa de forragem que promova elevado desempenho animal, ao mesmo tempo em que se permita criar um ambiente para alcançar alto rendimento de grãos na cultura subsequente (LOPES et al., 2009).

Outro aspecto que interfere na viabilidade deste sistema é o pisoteio animal e o pastejo intensivo, pois se manejados de forma equivocada podem reduzir o aporte de material orgânico e o estoque de matéria orgânica do solo (BORTOLINI, et al., 2016), além de ter efeito adverso sobre as propriedades físicas e sistema poroso do solo (KUNZ, et al., 2013).

Dessa forma, o estudo de espécies forrageiras de inverno bem como os manejos adotados é de fundamental importância para manter a sustentabilidade do sistema e maximização dos lucros.

1.2.2 Aveia

A aveia é uma das principais culturas de inverno utilizadas no Sul do Brasil, principalmente como alternativa para rotação de culturas e adoção de sistemas integrados de lavoura e pecuária. Apresenta como vantagens a resistência à seca, tolerância ao alumínio, baixa incidência de pragas e doenças, fácil produção de sementes, baixo custo da lavoura e boa produção de forragem e grãos (PITOL, 1988).

O estado do Paraná ocupa a segunda posição no cenário de produção de aveia do país, e participa com 15,1% do total nacional. Possui 69,5 mil ha cultivados, com produção de 168,1 mil toneladas e um rendimento médio de 2.421 kg ha⁻¹ (IBGE, 2017).

As finalidades de seu uso são variadas, sendo utilizada para cobertura do solo e manutenção do sistema plantio direto ou produção de forragem, feno, silagem e grãos, utilizados na alimentação de bovinos de corte e de leite (LÂNGARO; CARVALHO, 2014).

Na região sul do Brasil, caracterizada por invernos rigorosos e secos, a cultura da aveia vem sendo introduzida no sistema de integração lavoura-pecuária como alternativa para alimentação do gado, pois nesse período as

forrageiras perenes apresentam crescimento reduzido e baixa qualidade, resultando em queda acentuada na produção de leite (CBPA, 1999).

O uso desta espécie está atrelado a benefícios diretos e indiretos, pois além da alimentação animal, devido a alta produção de fitomassa, a aveia auxilia na supressão de plantas daninhas (MARTINS et al., 2016), controle de pragas e doenças (LÂNGARO; CARVALHO, 2014), controle de erosão, melhoria nas condições físicas e biológicas do solo (MACHADO, 2000) e ciclagem de nutrientes (WOLSCHICK et al., 2016).

Duas espécies de aveia distintas são cultivadas no Brasil, a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e a aveia branca (*Avena sativa* L.). A aveia preta é mais utilizada como cobertura de solo após cultivo da soja ou como forrageira, para proporcionar alimento aos animais no período de outono e inverno-primavera no Sul do Brasil, enquanto que a aveia branca é mais empregada na produção de grãos, porém pode ser utilizada para duplo propósito (LÂNGARO; CARVALHO, 2014).

As duas espécies apresentam diferenças com relação ao manejo. A aveia preta se desenvolve rapidamente no começo, propiciando excelente produção de MS no primeiro corte ou pastejo, e produz menos nos pastejos subsequentes. Já a aveia branca, apresenta comportamento inverso, onde a produção de massa seca expressiva ocorre no segundo pastejo (FONTANELLI et al., 2012).

Como as cultivares apresentam características distintas, em SILP a escolha deve ser ainda mais criteriosa, visto que a espécie deve fornecer adequadamente a forragem aos animais e ainda promover a cobertura do solo até o próximo cultivo. Os principais aspectos a serem observados são a persistência da pastagem, a produtividade de matéria seca, o conteúdo de proteína bruta e a aceitabilidade pelos animais (MARANHÃO et al., 2009).

A aveia preta BRS 139 (Neblina) apresenta ciclo precoce e estatura alta, e moderada resistência ao acamamento e a ferrugem da folha e do colmo. Como esta cultivar apresenta alta produção de palha e raiz, é indicada para cobertura vegetal do solo, na rotação de culturas e na semeadura direta (EMBRAPA, 2013).

A aveia preta IPR 61 (Ibiporã), pode ser destinada para alimentação animal (pastejo direto, verde no cocho, feno e silagem), cobertura de solo e na

rotação de culturas. Possui ciclo tardio (134 dias da emergência até emissão de panículas), o que possibilita maior número de pastejos e cortes. Sua elevada produção de matéria seca e baixa decomposição da palhada auxiliam no controle de plantas daninhas e melhoram as condições químicas, físicas e biológicas do solo. Apresenta suscetibilidade ao acamamento e moderada suscetibilidade às ferrugens da folha, do colmo e à helmintosporiose (IAPAR, 2001).

A aveia branca IPR Esmeralda é uma cultivar de duplo propósito, indicada como forrageira para gado de leite ou de corte e também para a cobertura de solo. Apresenta boa produção de matéria seca, boa capacidade de rebrote, perfilhamento e boa relação folha/colmo. Seu ciclo é precoce até o florescimento (aproximadamente 96 dias). É moderadamente suscetível ao acamamento. Em relação às doenças, apresenta moderada suscetibilidade à ferrugem da folha e moderada resistência à ferrugem do colmo e as manchas foliares. Esta cultivar exige solo de boa fertilidade e é altamente responsiva à adubação nitrogenada. Quando bem manejada e adubada, permite até cinco ciclos de pastejo a intervalos de 15 a 20 dias (IAPAR, 2016).

Em função do rápido crescimento inicial, a aveia exige um manejo controlado da carga animal, para evitar a elevação rápida do ponto de crescimento, prejudicando a produção posterior da pastagem (LUPATINI et al., 1998). Desta forma, o pastejo deve ser realizado apenas quando as plantas atingirem de 25 a 30 cm de altura e a saída deve ocorrer aos 10 cm de resíduo. Na lotação contínua, é indicado manter a pastagem numa altura média de 15 a 20 cm (LÂNGARO; CARVALHO, 2014).

1.2.3 Triticale

O triticale (*X Triticosecale* Wittmack) é um híbrido entre espécies de dois gêneros distintos e com expressiva barreira de incompatibilidade: trigo (*Triticum* spp.), como genitor materno; e centeio (*Secale* spp.), como genitor paterno. Pertence a família Poaceae, apesar de já ter ocorrido espontaneamente na natureza é um cereal sintético fabricado pelo homem com a intenção de reunir em uma única espécie as características favoráveis de seus antecessores (CARVALHO et al., 2008).

Considerado uma planta rústica, o triticale tem grande capacidade de crescimento em condições adversas, tais como áreas com baixos teores de nutrientes e passíveis da incidência de geadas, apresenta produção elevada de matéria seca e de grãos. Seu sistema radicular profundo, característica herdada do centeio, permite-lhe acesso aos nutrientes do solo que estão inacessíveis à maioria dos cereais cultivados, o que possibilita a elevada capacidade de rendimento de grãos e de forragem nesses ambientes empobrecidos (NASCIMENTO JÚNIOR., 2007).

De acordo com Assmann et al. (2008), o triticale é uma opção para a integração lavoura-pecuária, podendo ser utilizado como forragem verde, silagem de planta inteira ou grão úmido, grãos secos para a fabricação de ração ou ainda duplo propósito, com pastejo e posterior colheita de grãos.

No ano de 2017 a área total cultivada com triticale no Brasil foi de 18,9 mil ha, na qual, 13,2 mil ha eram cultivados na região sul do país. No Paraná, a área plantada foi de 9.408 ha, com produção de 27,5 mil toneladas e rendimento médio de 2.928 kg ha⁻¹ (IBGE, 2017).

O potencial para duplo aproveitamento de triticale pode variar de acordo com a região, onde condições favoráveis de temperatura e umidade resultam em elevada produtividade de forragem e rendimento de grãos no rebrote, sem reduções associadas ao corte. Isso foi verificado em um experimento no município de Guarapuava-PR, que apresentou rendimento médio de 1.159 kg ha⁻¹ de forragem, com conteúdo de proteína bruta entre 20 e 22% (FONTANELLI et al., 2012).

O triticale 111 Tpolo é caracterizado por possuir ciclo médio (maturação em 127 dias), alta produtividade e moderada resistência ao acamamento. Apresenta tolerância à presença de alumínio no solo e suscetibilidade à germinação pré-colheita (EMBRAPA, 2014).

1.2.4 Propriedades Físicas e Químicas do Solo em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária

A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo efeito nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. O entendimento da interação entre essas propriedades é fundamental para nortear às atividades

antrópicas, que visam à utilização mais racional do ecossistema, em especial aqueles associados ao manejo dos solos no contexto de produção agrícola sustentável (SILVA et al., 2011).

A utilização de sistemas de manejo que envolve pastejo animal podem ocasionar modificações nos atributos do solo, interferindo diretamente no desenvolvimento radicular e na produção das culturas subsequentes (FLORES et al., 2007).

A magnitude dessas alterações está dependente de diversos fatores, tais como textura do solo, teor de matéria orgânica, teor de umidade do solo, biomassa vegetal sobre o solo, espécie de planta, intensidade e tempo de pastejo e a espécie e categoria animal. Devido à amplitude de fatores, os resultados das pesquisas são muito controversos, pois dependem das condições específicas de cada local e intrínsecas do SILP utilizado (BORTOLINI et al., 2016).

Muitos pesquisadores enfatizam que o sistema integrado lavoura-pecuária tem potencial para aumentar a produtividade e reduzir os riscos de degradação, ao melhorar as propriedades e o potencial produtivo do solo (BORTOLINI et al., 2013; MACEDO, 2009; BALBINOT JÚNIOR et al., 2009). Contudo, alguns trabalhos ainda demonstram resultados negativos da interação, tais como Moreira et al. (2014), que observaram influência do SILP nas propriedades físicas, com redução da macroporosidade e aumento da densidade de um LATOSSOLO VERMELHO.

De acordo com Ortigara et al. (2014), a degradação física do solo em áreas com sistema de integração lavoura-pecuária é causada principalmente pelo intenso tráfego de máquinas, implementos agrícolas e pelo pisoteio animal, resultando em áreas de maior estado de compactação superficial e formação de camadas compactadas ao longo do perfil (KUNZ et al., 2013).

A compactação modifica a estrutura do solo, diminuindo a porosidade, o tamanho e a continuidade dos poros (MORAES, 1984) e aumenta a resistência à penetração (HILL; MEZA-MONTALVO, 1990). Essas alterações limitam a absorção de nutrientes, a infiltração e a redistribuição de água, trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular.

Para minimizar a deformação plástica decorrente do pisoteio, Balbinot Junior et al. (2009) citam práticas como o plantio direto da pastagem, uso de

quantidade adequada de sementes forrageiras, retirada dos animais da área em dias que o solo possui umidade elevada e manutenção da altura correta da pastagem.

Os sistemas integrados, quando conduzidos sob SPD também modificam os atributos químicos do solo, melhorando sua fertilidade. Nestes sistemas ocorre um acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS), de P e de K (SANTOS et al., 2009).

A MOS tem grande importância no fornecimento de nutrientes às plantas, retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes (COSTA et al., 2010). Também aumenta a atividade biológica e atua sobre a ciclagem de nutrientes e estruturação do solo (VILELA et al., 2001).

Santos et al. (2011) ao estudarem a fertilidade e o teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto, observaram que os teores de Ca, MOS, P e K do solo foram afetados positivamente pelo SILP, porém observaram acidificação na camada superficial do solo. Esta acidificação pode ser justificada pela aplicação de fertilizantes na camada superficial do solo e ausência de revolvimento.

Ensinas et al. (2014) avaliaram os atributos químicos, carbono e nitrogênio total de um LATOSSOLO submetido sistemas de uso (sistema de integração lavoura-pecuária, plantio direto, plantio convencional, pastagem, eucalipto e vegetação nativa). Ao analisar somente os sistemas de cultivo, os autores observaram que o sistema de integração, plantio direto e eucalipto contribuíram para o aumento do estoque de COT em relação ao plantio convencional e de pastagem. Constataram também que os cultivos conservacionistas e o plantio convencional reduziram a acidez e o alumínio e elevaram os teores de Ca, Mg, K e P na solução do solo.

1.2.5 Decomposição e Liberação dos Nutrientes em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária

De acordo com Hentz et al. (2014), a ciclagem pode ser definida como o movimento dos nutrientes entre os diversos compartimentos (atmosfera-plantas-animal-solo) do sistema de produção agropecuária.

Os nutrientes acumulados na matéria seca das culturas ao serem liberados no processo de decomposição retornam ao solo e podem ficar disponíveis às culturas em sucessão (MARCELO et al., 2012). O conhecimento da ciclagem é importante para o uso eficiente dos nutrientes do solo, dos resíduos e dos fertilizantes no sistema de produção (HENTZ et al., 2014).

A quantificação da ciclagem pode ser realizada através do balanço de nutrientes, representado em razão da quantidade de nutrientes que entra no sistema agrícola pelos processos de adubação, correção do solo e fixação biológica, subtraindo da quantidade que deixa o sistema pela exportação da colheita (HENTZ, 2014).

Em sistemas de ILP-PD ocorre aporte diferenciado de resíduos vegetais em relação aos sistemas puros de produção de grãos, tanto na superfície quanto no perfil do solo pelas raízes (SOUZA et al., 2009). Isso porque a entrada dos animais ocasiona o aumento da ciclagem de nutrientes, beneficiando as culturas subsequentes (CARVALHO et al., 2010) e por outro lado, seu pastejo durante o período de inverno proporciona a retirada de carbono da área.

A escolha correta da espécie vegetal e manejo de pastejo resultarão em utilização mais eficiente dos nutrientes pelas culturas e redução de custos e impactos negativos ao meio ambiente.

Vários fatores interferem na decomposição e liberação de nutrientes, dentre eles o tipo de material, as condições climáticas, intensidade de pastejo, lotação animal e tipo de solo, com destaque para o material e as condições climáticas (SANTOS et al., 2014).

Cultivos com leguminosas apresentam promissora suplementação de N para as culturas em sucessão, devido à capacidade de fixação do N₂ atmosférico e à estreita relação carbono:nitrogênio (C:N) de seus resíduos, levando a rápida decomposição e disponibilização para o solo, microrganismos e plantas em sucessão (MULVANEY et al., 2010). Por outro lado, os resíduos deixados pelas gramíneas, por apresentarem elevados valores de relação C:N, decompõem-se mais lentamente e permanecem mais tempo sobre o solo, reduzindo a erosão, o que é desejável, sobretudo nas regiões de clima tropical, o qual favorece a rápida decomposição dos resíduos das culturas (PACHECO et al., 2011).

Crusciol et al. (2008), estudando as taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia, observaram no momento em que foi realizado o manejo, o acúmulo de $70,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, $14,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de fósforo e $88,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de potássio na palhada.

1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSMANN, A. L.; SILVA, H. L. da.; KIRCHNER, R.; KOZELINSKI, S. M. Espécies forrageiras para o sistema integração lavoura-pecuária. In: ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B.; ASSMANN, T. S. (Org). **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, 2008. 49p.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; SILVA, V. P.da.; MORAES, A.; MARTINEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p. 1-12, 2011.

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.

BORTOLINI, D.; BRAIDA, J. A.; CASSOL, L. C.; MIGLIORINI, F.; da SILVA, M. R.; 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.

CARVALHO, F. I. F. NASCIMENTO JUNIOR, A. do.; PIANA, C. F. B. Triticale. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Org). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. P. 853-890.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, p. 259-273, 2010.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA – CBPA. **Recomendações técnicas para a cultura da aveia**. IAPAR: Londrina, 1999. 60 p.

COSTA, F.X.X.; BELTRÃO, N.M.E.M.; CRUZ, O.; SILVA, F.E.A.A.; FILHO, J.S. M. M.; SILVA, M.A.S. Disponibilidade de nutrientes no solo em função de doses de matéria orgânica no plantio da mamona. **Revista Verde**, v.5, p.204-212, 2010.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; MASCARENHAS, K. S. L.; YOKOBATAKE, L. K. FERREIRA, J. P.; PARIZ, M. C.; dos SANTOS, C. B. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015.

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

EMBRAPA. **Aveia Preta - Embrapa 139 (Neblina)**. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1454/aveia-preta---embrapa-139-neblina>> Acesso: 05 de janeiro de 2018.

EMBRAPA SOJA. Cultivares de Trigo e Triticale Embrapa e lapa. **Documentos/ Embrapa Soja**, 1ª Edição. 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100413/1/Cultivares-de-trigo-e-triticale-Embrapa-e-lapa.pdf>>. Acesso: 05 de janeiro de 2018.

ENSINAS, S. C.; MARCHETTI, M. E.; SILVA, E. F. da.; POTRICH, D. C.; MARTINEZ, M. A. Atributos químicos, carbono e nitrogênio total em Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Global Science and technology**, v. 07, n. 02, p. 24-36, 2014.

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

FONTANELLI, R. S.; SANTOS, H. P. dos.; FONTANELLI, R. S.; OLIVEIRA, J. T. de.; LEHMEN, I.; DREON, G. Gramíneas forrageiras anuais de inverno. *In*: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos.; FONTANELI, R. S. (Org). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 544p.

FUPEF- Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta ultrapassa 11 milhões de hectares no Brasil**. Disponível em: <<http://www.fupez.ufpr.br/integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ultrapassa-11-milhoes-de-hectares-no-brasil/>>. Acesso: 05 de janeiro de 2018.

GLÉRIA, A. A.; SILVA, R. M.; SANTOS, A. P. P.; SANTOS, K. J. G.; PAIM, T. P. Produção de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura pecuária. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, p. 141-150, 2017.

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, L. V.; BARCELLOS, A. L. Ciclagem de nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 663-676, 2014.

HILL, R. L.; MEZA-MONTALVO, M. Long-term wheel traffic effects on soil physical properties under different tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, n. 3, p. 865-870, 1990.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Agrícola- novembro de 2017**.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Aveia branca forrageira IPR Esmeralda**. Londrina – PR. Editora: IAPAR. 2016, 8p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Aveia preta Iapar 61 Ibiporã**. Londrina – PR. Editora: IAPAR. 2001, 2p.

KUNRATH, T.R.; CARVALHO, P.C.F. DE; CADENAZZI, M.; BREDEMEIER, C.; ANGHINONI, I. Grazing management in an integrated crop-livestock system: soybean development and grain yield. **Revista Ciências Agrárias**, v. 46, p. 645-653, 2015.

KUNZ, M.; GONÇALVES, A. D. M. A.; REICHERT, J. M.; GUIMARÃES, R. M. L.; REINERT, D. J.; RODRIGUES, M. F. Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo Argiloso com semeadura direta e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1699-1708, 2013.

LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. Indicações técnicas para a cultura da aveia: XXXIV Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. Anais da Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. Fundação ABC/ Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014.

LOPES, M. L. T.; CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T. dos; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. P. C.; MORAES, A. de. 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.

LUPATINI, G. C.; RESTLE, J.; CERETTA, M.; MOOJEN, E. L.; BARTZ, H. R. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p.1939-1943, 1988.

MACEDO, M. C. M. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACHADO, L. A. Z. **Aveia: forragem e cobertura do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. 16 p.

MARANHÃO, C. M. A. de; SILVA, C. C. F.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V. Produção e composição químico-bromatológica de duas cultivares de

braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v. 31 p. 117-122, 2009.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em Sistema de Semeadura Direta. II – Decomposição e Liberação de Nutrientes na Entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1568-1582, 2012.

MARTINS, D.; GONÇALVES, C. G.; SILVA JUNIOR, A. C. da. Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 649-657, 2016.

MELLO, L. M. M.; YANO, E. H.; NARIMATSU, K. C. P.; TAKAHASHI, C. M.; BORGHI, E. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. In: XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Salvador, 2002, 4 p.

MORAES, W. V. Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivos. 1984. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1984.

MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; BETIOLI JUNIOR, E.; PEATEAN, L. P.; ALVES, S. J. Influência da altura de pastejo de azevém e aveia em atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico, após sete anos sob integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1315-1326, 2014.

MULVANEY, M. J.; WOOD, C. W.; BALKCOM, K. S.; SHANNON, D. A.; KEMBEL, J. M. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. **Agronomy Journal**, v. 102, p. 1425-1433, 2010.

NASCIMENTO JUNIOR, A. do. **Melhoramento e desenvolvimento do triticale e de centeio para a maior competitividade e sustentabilidade dos sistemas agropecuários sulbrasileiros**. Projeto de Pesquisa aprovado pelo CNPT – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 2007. 95p.

ORTIGARA, C.; KOPPE, E.; da LUZ, F. B.; KAISER, D. R.; da SILVA, V.R. Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 619-626, 2014.

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

PIANO, J.T.; EGEWARTH, J.F.; EGEWARTH, V.A.; MATTEI, E.; BARTZEN, B.T.; OLIVEIRA, P.S.R. Deposição e composição de palhada residual em área

com integração lavoura pecuária. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 37, p. 234-243, 2017.

PITOL, C. **A cultura da aveia no Mato Grosso do Sul**. Maracaju: COTRIJUI, 1998. 34p. (COTRIJUI. Boletim Técnico, 2).

QUINTINO, A. C.; ALMEIDA, R. G.; ABREU, J. G.; MACEDO, M. C. M. Características Morfogênicas e Estruturais do capim-piatã em sistema de pentintegração lavoura-pecuária. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 23, p. 131-138, 2016.

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

SANTOS, F.C. dos; 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.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 719-727, 2009.

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

SILVA, R. F. da.; GUIMARÃES, M. de F.; AQUINO, A. M. de.; MERCANTE, F. M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1277-1283, 2011.

SOUZA, E. D.; COSTA, G. A.; VALADÃO, S. E.; 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.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. de.; SOUSA, D. M. G. **Benefício da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2001. 21p.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F. dos; WERNER, R. de SOUZA; BAGIO, B. Cobertura de solo, produção de biomassa

e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 134-143, 2016.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; VOLPE, E.; KICHEL, A. N.; BARBOSA, I. M. Manejo de culturas na integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Internacional em Integração Lavoura-pecuária- Curitiba, 2007, 26 p.

2 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO CULTIVADO COM FORRAGEIRAS DE INVERNO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

RESUMO

Muitos produtores relutam ao adotar o sistema de integração lavoura-pecuária (SILP) pelo receio de que a presença dos animais nas lavouras possa alterar as propriedades do solo com reflexos negativos na produtividade das culturas. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de plantas forrageiras cultivadas sob diferentes manejos de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária, nas propriedades químicas e físicas do solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de faixas, com três repetições. As faixas A compreenderam as espécies forrageiras (aveia BRS 139, aveia preta IPR 61, aveia branca IPR Esmeralda, Triticale 111 TPolo e o consórcio de Triticale 111 TPolo com aveia IPR Esmeralda) e as faixas B os manejos (sem pastejo, um pastejo e dois pastejos). As coletas de solo foram realizadas após a colheita da soja nas camadas de 0-0,05m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m. Determinou-se o nitrogênio total (NT), carbono orgânico total (COT) matéria orgânica do solo (MOS), porosidade total (PT), macroporosidade, microporosidade e densidade aparente. As plantas forrageiras utilizadas para pastejo no período de inverno resultaram em diferentes teores de MOS, NT e macroporosidade no solo. O comportamento de NT e MOS foram semelhantes. Quando foi realizado um pastejo, o Triticale 111 TPolo apresentou os maiores teores para estes atributos. Os teores de NT, MOS e COT foram decrescentes ao longo do perfil do solo. O cultivo do Triticale 111 TPolo resultou em menor microporosidade e PT do solo quando manejado sob dois pastejos nas camadas de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. A maior densidade foi encontrada na camada de 0,05-0,10 m independentemente da espécie ou sistema manejo. A integração lavoura-pecuária é um sistema de manejo viável para o fornecimento de forragem no período de inverno sem que haja prejuízos às propriedades químicas e físicas do solo.

Palavras-chave: Matéria orgânica do solo. Porosidade do solo. Densidade do solo.

CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL CULTIVATED WITH WINTER FORAGE AND SOYBEAN CROP-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM

ABSTRACT

Many farmers are reluctant to adopt the crop-livestock integration system (SILP) for fear that the presence of animals in crops may alter soil properties with negative impacts on crop productivity. The objective of this work was to evaluate the effect of fodder plants grown under different grazing management in a crop integration system, in the chemical and physical properties of the soil. The experimental design was a randomized complete block design with three replicates. The bands A comprised forage species (BRS 139 oat, IPR 61 oat, IPR Esmeralda white oat, Triticale 111 Tpolo and the Triticale 111 TPolo consortium with IPR Esmeralda oats) and the B strains managed (without grazing, one grazing and two grazing). Soil samples were collected after the soybean harvest in the 0-0.05m, 0.05-0.10m and 0.10-0.20m layers. Total nitrogen (NT), total organic carbon (TOC), soil organic matter (SO), total porosity (PT), macroporosity, microporosity and apparent density were determined. Forage plants used for grazing in the winter period resulted in different levels of SOM, NT and macroporosity in the soil. The behavior of NT and MOS were similar, and there was no difference of accumulation within the same cultivar, regardless of the adopted management. However, when grazing was carried out, Triticale 111 TPolo presented the highest levels for these attributes. The contents of NT, MOS and TOC were decreasing along the soil profile. Regarding physical properties, Triticale 111 TPolo cultivation resulted in lower microporosity and soil PT when handled under two grazing in the 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m layers. Similarly, in the layers 0.05-0.10 and 0.10-0.20 the PT was lower in the soil cultivated with Esmeralda oats managed without grazing and with a grazing and in the cultivation of the Iapar 61 oats in the same layers. The crop-livestock integration is a viable management system for the supply of forage in the winter period without any damage to the chemical and physical properties of the soil.

Key words: Soil organic matter. Soil porosity. Soil density.

2.1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira por muito tempo adotou a prática da monocultura e da exploração irracional dos recursos naturais, justificada pelo aumento da demanda por alimentos. Caracterizava-se por produção em larga escala, preparo convencional do solo, uso demasiado de agroquímicos e expansão da fronteira agrícola. Como resultado, temos atualmente imensas áreas degradadas no Brasil.

Em regiões como o Oeste do Paraná, onde se destaca a pecuária leiteira e a produção agrícola, a integração das duas atividades torna-se ótima opção para maximização dos recursos, principalmente pelas dificuldades na alimentação dos animais durante o inverno. Dessa forma, a utilização de cereais é uma alternativa para a produção de volumoso ou de grãos, diminuindo os impactos na produção de leite.

Para garantir o sucesso do sistema é necessária a escolha correta da espécie vegetal, visto que por razões econômicas a soja tem sido a principal cultura de verão, e a aveia e o azevém, as forrageiras que constituem as pastagens de inverno (NICOLOSO et al., 2008). O tritcale também pode ser considerado uma ótima forrageira, pois possui grande potencial para produzir forragem e capacidade de rebrota com elevado rendimento de grãos (RAMOS et al., 1996). A matéria seca das plantas, além de promover incremento no estoque de carbono do solo, permite recuperar os teores de matéria orgânica (COSTA et al., 2015).

Nesse contexto, o uso de indicadores que retratam processos que ocorrem na interface solo-raiz é determinante para avaliar o impacto do manejo na qualidade do solo (MOREIRA et al., 2014), como a matéria orgânica, o carbono orgânico total, o nitrogênio total do solo, a porosidade do solo e a densidade.

A matéria orgânica é um atributo fundamental do solo, que atua como fonte primária de nutrientes às plantas, influencia diretamente na infiltração e retenção de água e ainda atua sobre outros atributos, tais como, a ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e estruturação do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005).

O carbono (C) e o nitrogênio (N) são os principais componentes da matéria orgânica do solo e seus teores irão variar em função das taxas de adição (por resíduos vegetais e animais e das perdas decorrentes de processos erosivos), oxidação (pelos microrganismos do solo) e em sistemas agrícolas (pelo manejo adotado) (SOUZA et al., 2009).

A porosidade do solo interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e a ramificação das raízes do solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis. A porosidade na matriz do solo deve ser avaliada não apenas em quantidade, mas também na distribuição, pois seus tamanhos condicionam comportamento físico-hídricos distintos e exercem funções diferentes (RIBEIRO et al., 2007). Dessa forma, os microporos representam os poros responsáveis pela retenção da água no solo, enquanto os macroporos são responsáveis pela drenagem e aeração do solo (BRADY, 1979).

Muitos produtores resistem em adotar esse sistema pelo receio de que a presença dos animais nas lavouras possa compactar o solo e causar redução na produtividade das culturas em sucessão. E de fato essa preocupação é relevante, pois, o pisoteio e o pastejo intensivo podem reduzir o aporte e o estoque de matéria orgânica do solo (BORTOLINI et al., 2016), ter efeito adverso sobre as propriedades físicas e alterar o sistema poroso, refletindo em seu movimento de água e ar na camada superficial (KUNZ et al., 2013). Vários estudos têm demonstrado essa interferência negativa na qualidade do solo (SOUZA et al., 2009; DEBIASI; FRANCHINI, 2012; MOREIRA et al., 2014; ORTIGARA, et al., 2014).

Vale ressaltar que, a interferência do pisoteio animal nas propriedades do solo é dependente de aspectos ligados a condições climáticas, a espécie animal, as condições edáficas, a carga animal utilizada e ao tempo de uso do sistema (BORTOLINI et al., 2016). Resultados que comprovam a ausência de prejuízos a qualidade do solo foram observados por Bortolini et al. (2016) ao estudar as propriedades físicas, dinâmica da água e teores de matéria orgânica de um CAMBISSOLO HÚMICO submetido a diferentes intensidades de pastejo de gado leiteiro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das forrageiras de inverno sob diferentes manejos de pastejo e da cultura da soja em sucessão quanto

aos atributos químicos (nitrogênio total, carbono orgânico total e matéria orgânica do solo) e físicos (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade) do solo conduzidas no sistema de integração lavoura-pecuária.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, durante a safra 2016/2017 na Estação Experimental Professor Doutor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* Marechal Cândido Rondon – PR. A altitude aproximada do local é de 400 m, com altitude de 24°31'58"S e longitude de 54°01'10"W. O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, (LVef) de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013).

A classificação climática, segundo Koppen é Cfa – Clima subtropical mesotérmico úmido; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000). A Figura 1 apresenta informações meteorológicas coletadas durante a condução do experimento, obtidas na estação Climatológica Automática localizada na estação experimental da Unioeste, Marechal Cândido Rondon- PR.

A área está sendo manejada há 5 anos sob SILP, com plantio direto consolidado. Durante os últimos 2 anos foram cultivados soja no verão e espécies de forrageiras solteiras ou consorciadas para pastejo de gado de leite no inverno. Anteriormente a implantação do experimento, se realizou a coleta de solo a fim de identificar a necessidade de calagem e/ou adubação. As características químicas e textural são descritas na Tabela 1.

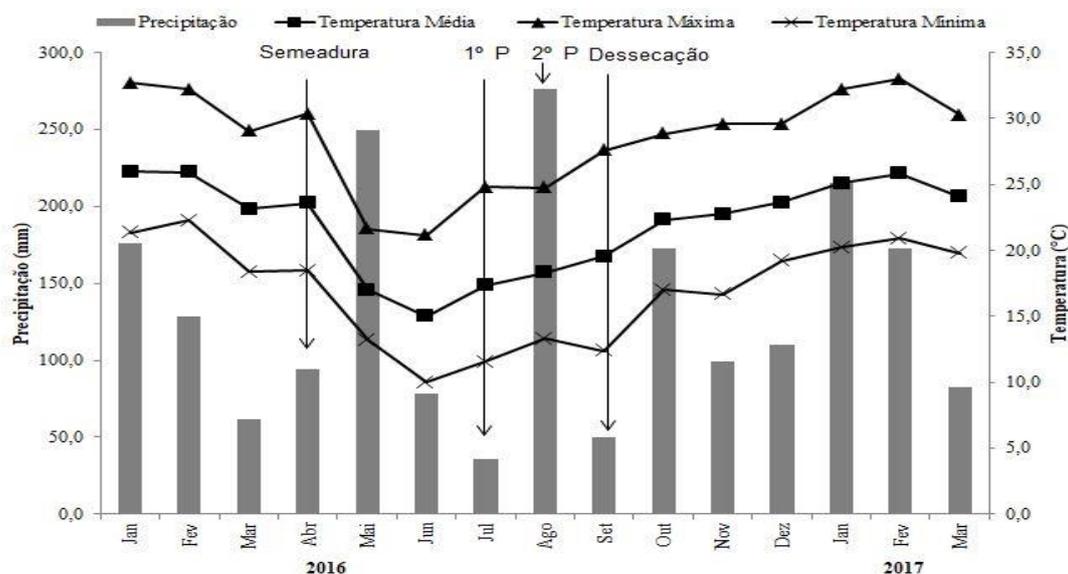


Figura 1 - Médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses dos anos de 2016 e 2017 no período experimental.

Fonte: Estação Climatológica Automática localizada no Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR.

Tabela 1 - Características químicas e textural do solo, na camada de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, antes da implantação das culturas de inverno em 2016, no município de Marechal Cândido Rondon – PR

Cam	P	pH	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	Argila	Silte	Areia
Cm	mg dm ⁻³	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----				%				-----g Kg ⁻¹ -----		
0-10	22,8	4,7	6,6	0,0	0,3	3,3	1,4	4,9	9,5	51,6	681	266	52
10-20	30,3	4,6	6,8	0,3	0,1	3,3	1,4	4,9	10,3	47,4	751	199	49

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

2.2.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de faixas, com três repetições. As parcelas foram formadas pela combinação das faixas A e B. As faixas A compreenderam as espécies forrageiras testadas, constituídas por aveia preta BRS 139, aveia preta IPR 61, aveia branca IPR Esmeralda, Triticale 111 T e o consórcio de Triticale 111 TPolo com aveia branca IPR Esmeralda. Já nas faixas B, transversais às faixas A, foram alocados os manejos: sem pastejo, um pastejo e dois pastejos. Cada parcela apresentou área de 52 m² (4 x 13 m) totalizando 2.340 m².

2.2.3 Cultivo e Manejo das Forrageiras de Inverno

A semeadura das espécies forrageiras ocorreu no dia 16 de abril de 2016, utilizando a semeadora adubadora de fluxo contínuo diretamente sobre a palhada da soja, com espaçamento de 0,17 m entrelinhas. As taxas de semeadura empregadas foram de 60 kg ha⁻¹, 140 kg ha⁻¹ e 40 + 120 kg ha⁻¹ para as aveias, o triticale e o consórcio, respectivamente. A dessecação da área foi realizada 30 dias antes da semeadura das espécies, com o uso de Glifosato-sal de Isopropilamina (i.a) e Cletodim (i.a) nas doses de 4 L ha⁻¹ e 0,5 L ha⁻¹ do produto comercial, respectivamente, com volume de calda de 250 L ha⁻¹.

A adubação recomendada na semeadura, de acordo com o resultado da análise de solo apresentada na Tabela 1 foi de 250 kg ha⁻¹ do formulado 10-15-15 (N, P₂O₅ e K₂O). Durante o crescimento das forrageiras se realizou adubação de cobertura de forma parcelada, totalizando 120 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. Nas parcelas em que não houve pastejo e com apenas um pastejo, parcelou-se em duas aplicações de 60 kg ha⁻¹. A primeira aplicação foi realizada no dia 16 de maio de 2016 e a segunda aplicação no dia 7 de julho de 2016, após o primeiro pastejo. Nas parcelas manejadas com dois pastejos se realizou o parcelamento em três vezes (40 kg ha⁻¹), sendo a última aplicação realizada em 10 de agosto de 2016, posteriormente ao segundo pastejo.

Os pastejos foram iniciados quando as plantas obtiveram altura entre 0,25-0,35 m de altura, cerca de 80 dias após a emergência. Foram utilizados doze animais de raça holandesa, em fase de lactação com peso médio de 600 kg. Os animais permaneciam cerca de 4 horas diárias (duas no período matutino e duas no vespertino) ou até que a resteva atingisse entre 0,15 e 0,20 m, evitando os danos no meristema apical.

As forrageiras foram desseçadas na segunda quinzena de setembro/2016, com o uso de 3,0 L ha⁻¹ do produto comercial com princípio ativo Glifosato-sal de Isopropilamina. Durante o ciclo não houve necessidade de aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas.

Após o término do ciclo das forrageiras, cultivou-se a cultura da soja.

2.2.4 Avaliações Realizadas

As coletas de solo foram realizadas no dia 12/04/2017, um ano após semeadura das forrageiras. Para a determinação da matéria orgânica, carbono orgânico total e nitrogênio total do solo se realizaram as coletas de amostras compostas, formada por quatro amostras simples retiradas na área útil da parcela em cada camada, com o auxílio de trado holandês, nas camadas 0-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas ao Laboratório de Física do solo da UNIOESTE, secas ao ar e passadas nas peneiras respectivas para cada determinação. No caso do nitrogênio total, as amostras foram diretamente encaminhadas ao congelador, onde permaneceram até o início da análise.

A determinação do nitrogênio total do solo (NT) foi realizada por digestão sulfúrica e destilação em sistema semi-micro Kjeldahl. O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal, segundo o método modificado de Walkley-Black. A matéria orgânica do solo (MOS) foi determinada pelo método da mufla (SILVA; QUEIROZ, 2006), onde a massa de solo foi previamente seca a 100°C e em seguida queimada em mufla a 550°C, atribuindo a perda de massa verificada na secagem a eliminação da matéria orgânica.

Para determinação de porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade aparente, se utilizou a metodologia do anel volumétrico proposto pela EMBRAPA (2011), onde foram coletadas amostras indeformadas da área útil de cada parcela, com o auxílio de anéis metálicos de volume conhecido nas camadas de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m, obtendo-se uma amostra por camada em cada parcela, que posteriormente foram encaminhadas ao Laboratório de Física do Solo da UNIOESTE, para determinação da porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade aparente.

A determinação da macroporosidade e microporosidade foi realizada pelo método da Mesa de Tensão, onde as amostras saturadas são colocadas sob a mesa de tensão para retirar a água dos macroporos. Após pesagem,

antes e depois de ir à estufa 105 °C se obtém o volume de macro e microporos contidos na amostra. A porosidade total (PT) foi obtida pela soma de macro e microporos em cada amostra. A densidade aparente, por sua vez, foi obtida a partir da relação entre o peso da amostra seca em estufa a 105 °C e o volume do anel, conforme metodologia da EMBRAPA (2011).

2.2.5 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do programa SAS University Edition (SAS INSTITUTE, 2013) e quando significativas, as médias foram comparadas através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Nitrogênio Total, Carbono Orgânico do Solo e Matéria Orgânica

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado sob manejos de plantas forrageiras após a colheita da soja em sucessão

FV	GL	NT	GL	COT	GL	MOS	GL	C/N
Bloco	2	0,05027	2	15,315	2	0,0202	2	17,469
Cultivares (Cv)	4	0,01440 ^{ns}	4	1,791 ^{ns}	4	0,1577 ^{ns}	4	1,883 ^{ns}
Erro 1	8	0,01347	8	2,940	8	0,1863	8	0,772
Manejo	2	0,05206 ^{ns}	2	4,664 ^{ns}	2	0,1761 ^{ns}	2	1,136 ^{ns}
Erro 2	4	0,01891	4	3,026	4	0,3833	4	1,925
Cultivar x Manejo	8	0,02063*	8	3,656*	8	0,9278**	8	0,571 ^{ns}
Camada (Cam)	2	0,56893**	2	169,316**	2	2,6524**	2	5,393
Cultivar x Camada	8	0,01020 ^{ns}	8	2,015 ^{ns}	8	0,2265 ^{ns}	8	2,116*
Manejo x Camada	4	0,01461 ^{ns}	4	0,714 ^{ns}	4	0,1790 ^{ns}	4	1,085 ^{ns}
Cv x Manejo x Cam	16	0,00760 ^{ns}	16	1,577 ^{ns}	16	0,1597 ^{ns}	16	0,766 ^{ns}
Erro 3	74	0,00870	72	1,333 ^{ns}	68	0,1864	72	0,824
CV(%)		7,54		6,47		3,58		6,24
Média		1,24		17,83		12,04		14,55

Cv: cultivar; GL: graus de liberdade. NT: Nitrogênio total do solo; COT: carbono orgânico total do solo; MOS: matéria orgânica do solo; C/N: Relação carbono: nitrogênio do solo. ^{ns} – não significativo. *Significativo a 5% pelo teste F; **Significativo a 1% pelo teste F.

O NT, o COT e a MOS foram influenciados pela interação dos fatores cultivar e manejo, e também nas camadas estudadas (Tabela 2). A relação C/N apresentou comportamento distinto para interação entre cultivares e camadas.

Os resultados apresentados na Tabela 3 apontam que o NT não foi influenciado nas áreas com a mesma cultivar independente do manejo adotado. Porém, ao analisar o efeito das cultivares dentro de cada manejo, nota-se que quando houve apenas um pastejo os teores nas áreas cultivadas com Triticale 111 TPolo foram maiores quando comparados com aveia IAPAR 61. Nas áreas manejadas sem pastejo ou com dois pastejos não houve diferença significativa entre as cultivares.

O carbono orgânico total não foi alterado pelos manejos e cultivares. Os valores encontrados variaram de 16,6 a 18,7 g kg⁻¹, sendo inferiores aos obtidos por Schiavo; Colodro (2012), que variaram entre 20 g kg⁻¹ e 25 g kg⁻¹ em LATOSSOLO conduzido no mesmo sistema.

Tabela 3 - Atributos químicos de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado sob diferentes manejos plantas forrageiras após a colheita da soja (Abril, 2017).

Cultivar	NT (g kg ⁻¹)			COT (g kg ⁻¹)			MOS (%)		
	SP	1P	2P	SP	1P	2P	SP	1P	2P
BRS139	1,27 aA	1,27 aAB	1,20 aA	18,1	17,6	16,6	12,0 aA	11,78 aAB	12,28 aA
Esm	1,30 aA	1,22 aAB	1,17 aA	18,6	18,0	17,0	12,4 aA	12,02 aAB	11,79 aA
IPR 61	1,30 aA	1,14 aB	1,24 aA	18,7	17,0	18,2	11,9 aA	11,53 aB	12,27 aA
Triti	1,26 aA	1,30 aA	1,25 aA	17,7	18,5	18,2	11,7 aA	12,48 aA	12,20 aA
Cons	1,25 aA	1,15 aAB	1,22 aA	18,0	17,3	18,0	12,2 aA	12,08 aAB	11,97 aA
Média	1,28	1,22	1,22	18,2	17,7	17,6	12,0	12,0	12,1
CV(%)		7,24			6,47			3,58	

Esm: Esmeralda; IPR 61: Iapar 61; Triti: Triticale 111 TPolo; Cons: Consórcio (Aveia Branca Esmeralda e Triticale 111 TPolo). NT: nitrogênio total; COT: carbono orgânico total; MOS: matéria orgânica do solo; SP: sem pastejo; 1P: um pastejo; 2P: dois pastejos. Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%).

Segundo Pinheiro et al. (2013), as menores variações nos teores de COT podem ser associadas a adubação utilizada, que favorece direta ou indiretamente a atividade microbiana decompositora, resultando em teores semelhantes entre as áreas e em profundidade. Outro fator que pode justificar a ausência de significância pode ser o curto período de condução, pois Souza et al. (2009), ao avaliarem a evolução dos estoques de CO e NT em frações

físicas da matéria orgânica de um LATOSSOLO submetido a diferentes intensidades de pastejo, observaram diferenças nos estoques de COT e NT apenas no sexto ano de condução.

Rosset et al. (2016), ao estudarem as frações químicas e oxidáveis da matéria orgânica de um LATOSSOLO VERMELHO, observaram que os teores de COT aumentaram com o tempo de adoção do SPD. Além disso, ao comparar os sistemas de manejo, a mata apresentou maior COT nas camadas 0-0,05 e 0,05-0,10 m, e nas camadas inferiores as áreas compostas com pastagem foram as que apresentaram maiores valores para este atributo. De forma geral, as médias de COT nas camadas de 0-0,20 m na área de mata foram de 27,2 g kg⁻¹ e na área de pastagem 23,6 g kg⁻¹.

A matéria orgânica teve comportamento semelhante ao NT do solo, verificado na Tabela 3. Houve diferenças entre as forrageiras quando submetidas a um pastejo, em que o Triticale 111 TPolo foi superior à aveia IAPAR 61. Não houve mudanças significativas nos teores de matéria orgânica quando se compararam os três manejos.

Resultados próximos foram encontrados por Bortolini et al. (2016), que avaliando as propriedades físicas de um CAMBISSOLO HÚMICO sob sistema de integração lavoura-pecuária submetido a intensidades de pastejo, não encontraram diferença nos teores de matéria orgânica.

Em geral, os teores de MOS estão em níveis elevados no solo, resultando benefícios não só químicos, pela maior disponibilidade de nutrientes, mas também físicos, pela maior agregação de partículas, o que é fundamental para reduzir os efeitos da compactação causada pelo pisoteio do gado, pois aumenta a resistência do solo à deformação (BRAIDA et al., 2006).

Bortolini et al. (2013), ao avaliarem a altura de manejo de papuã (*Brachiaria plantaginea*) obtiveram resultados semelhantes, no qual, em solos com elevados teores de argila como este, não se espera encontrar diferenças entre os tratamentos nos primeiros anos de estudo, sendo que efeitos positivos sobre acúmulo de matéria orgânica e maior aporte de resíduo orgânico serão observados no manejo de menor intensidade de pastejo.

Ao considerar a matéria orgânica como um atributo fundamental para indicar a qualidade do solo, devido sua sensibilidade a modificações pelo manejo (CONCEIÇÃO et al., 2005), a ausência de influência dos pastejos no

período de inverno sob os teores de MOS indica a integração lavoura-pecuária como um sistema viável e promissor.

A Tabela 4 apresenta os teores de nitrogênio total, carbono orgânico total, matéria orgânica e relação C/N nas camadas analisadas.

Nota-se o decréscimo do NT, COT e MOS da camada superficial para as mais profundas. Este comportamento já era previsto, pois não há incorporação física dos resíduos vegetais no SPD e estes permanecem sobre a superfície do solo elevando os teores nesta camada. As raízes das plantas também apresentam a capacidade de incrementar carbono no solo, e como a maior quantidade de raízes concentra-se nas camadas mais superficiais também nelas observamos a M.O e conseqüentemente o NT e o COT.

Tabela 4 - Teores de nitrogênio total, carbono orgânico total, matéria orgânica do solo e relação C/N nas diferentes camadas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado em sistema de integração lavoura-pecuária

Camadas (m)	NT (g kg ⁻¹)	COT (g kg ⁻¹)	MOS(%)	C/N
0-0,05	1,35 a	19,92 a	12,32 a	14,75 a
0,05-0,10	1,24 b	17,71 b	12,03 b	14,28 ab
0,10-0,20	1,12 c	15,93 c	11,80 c	14,22 b
Média	1,24	17,8	12,05	14,4
CV (%)	7,54	6,47	3,58	6,24

NT: nitrogênio total; COT: carbono orgânico total; MOS: matéria orgânica do solo; C/N: Relação carbono: nitrogênio. Médias seguidas pela mesma letra na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

A presença de dejetos animais também pode favorecer o aumento da matéria orgânica na camada superficial. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2009), ao estudarem o efeito do sistema integrado sobre a fertilidade do solo.

A relação C/N, importante indicador da decomposição da MOS, teve comportamento distinto entre as camadas do solo. Na camada superficial (0-0,05 m), os valores encontrados foram de 14,9, enquanto que na mais profunda (0,10-0,20 m) obteve-se 14,6, valor este estatisticamente inferior as demais camadas. Os valores encontrados neste estudo estão dentro do limite aceitável para solos agricultáveis, que devem variar entre 9 e 14 (CARVALHO et al., 2016).

2.3.2 Propriedades Físicas do Solo

Na Tabela 5 nota-se que houve interação entre as três fontes de variação estudadas (cultivares, manejos e camadas) para a microporosidade e porosidade total, enquanto que a macroporosidade foi modificada pela interação dos fatores cultivar e camadas. A densidade do solo foi alterada apenas entre camadas.

Constatou-se na análise de variância o efeito da interação entre cultivares, manejos e camadas para os atributos microporosidade e porosidade total do solo. No entanto, diferenças entre as cultivares ou manejos não foram identificados no teste de média aplicado, sendo observadas apenas entre as camadas, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância das propriedades físicas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado sob manejos de plantas forrageiras após a colheita da soja em sucessão

FV	GL	Macro	GL	Micro	GL	Pt	GL	Ds
Bloco	2	0,005555	2	0,00650	2	0,00056	2	0,03960
Cultivar (Cultv)	4	0,00114 ^{ns}	4	0,00117 ^{ns}	4	0,00196 ^{ns}	4	0,00499 ^{ns}
Erro 1	8	0,00187	8	0,00067	8	0,00048	8	0,00544
Manejo (Man)	2	0,000055 ^{ns}	2	0,00141 ^{ns}	2	0,00068 ^{ns}	2	0,00101 ^{ns}
Erro 2	4	0,000750	4	0,00090	4	0,00048	4	0,00777
Cult x Man	8	0,000313 ^{ns}	8	0,00108 ^{ns}	8	0,00088 ^{ns}	8	0,0062 ^{ns}
Camada (Cam)	2	0,007429 ^{ns}	2	0,01064 ^{ns}	2	0,04939 ^{ns}	2	0,17628**
Cultv x Cam	8	0,001237**	8	0,00019 ^{ns}	8	0,00144 ^{ns}	8	0,00539 ^{ns}
Man x Cam	4	0,000429 ^{ns}	4	0,00058	4	0,00060 ^{ns}	4	0,00478 ^{ns}
Cv x Man x Cam	16	0,000574 ^{ns}	16	0,00097**	16	0,00125**	16	0,00273 ^{ns}
Erro 3	65	0,000347	69	0,000404	70	0,00060	68	0,00534
CV(%)		18,22		4,59		4,52		5,78
Média		0,102		0,438		0,540		1,26

FV: Fonte de variação; Cultv: cultivar; Man: manejo; Cam: camada; GL: graus de liberdade Macro: macroporosidade; micro: microporosidade; Pt: porosidade total do solo; Ds: densidade aparente do solo. ^{ns} – não significativo. *Significativo a 5% pelo teste F; **Significativo a 1% pelo teste F.

A microporosidade apresentou diferença significativa apenas no tratamento com dois pastejos, cujo solo cultivado com Triticale 111 TPolo teve valores superiores na camada superficial e decréscimo nas demais, que foram semelhantes entre si. Estes resultados corroboram com Kunz et al. (2013), que ao analisarem a compactação do solo na integração soja-pecuária também

constataram o aumento da microporosidade na camada superficial em áreas de plantio direto com pastejo de aveia.

Tabela 6 - Microporosidade e Porosidade Total em diferentes camadas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado com soja em sucessão a plantas forrageiras

Cultivar	Microporosidade m ³ m ³				Porosidade Total m ³ m ³		
	SP	1P	2P	Manejo	SP	1P	2P
Camada 0-0,05 m							
Aveia BRS139	0,443 aAα	0,457 aAα	0,457 aAα		0,577 aAα	0,563 aAα	0,590 aAα
Aveia Esmeralda	0,457 aAα	0,490 aAα	0,475 aAα		0,553 aAα	0,597 aAα	0,519 aAα
Aveia lapar 61	0,453 aAα	0,457 aAα	0,435 aAα		0,620 aAα	0,580 aAα	0,551 aAα
Triticale	0,467 aAα	0,427 aAα	0,483 aAα		0,583 aAα	0,639 aAα	0,617 aAα
Esmeralda + Tritical	0,423 aAα	0,487 aAα	0,456 aAα		0,567 aAα	0,573 aAα	0,587 aAα
Camada 0,05-0,10 m							
Aveia BRS139	0,420 aAα	0,430 aAα	0,437 aAα		0,506 aAα	0,530 aAα	0,537 aAα
Aveia Esmeralda	0,430 aAα	0,427 aAα	0,448 aAα		0,513 aAβ	0,507 aAβ	0,490 aAα
Aveia lapar 61	0,423 aAα	0,417 aAα	0,430 aAα		0,513 aAβ	0,507 aAα	0,533 aAα
Triticale	0,453 aAα	0,430 aAα	0,407 aAβ		0,550 aAα	0,527 aAβ	0,507 aAβ
Esmeralda + Tritical	0,413 aAα	0,423 aAα	0,430 aAα		0,507 aAα	0,520 aAα	0,523 aAα
Camada 0,10-0,20 m							
Aveia BRS139	0,440 aAα	0,437 aAα	0,430 aAα		0,530 aAα	0,533 aAα	0,530 aAα
Aveia Esmeralda	0,410 aAα	0,423 aAα	0,493 aAα		0,507 aAβ	0,523 aAβ	0,533 aAα
Aveia lapar 61	0,423 aAα	0,413 aAα	0,427 aAα		0,523 aAβ	0,520 aAα	0,547 aAα
Triticale	0,420 aAα	0,433 aAα	0,420 aAαβ		0,497 aAα	0,520 aAβ	0,513 aAβ
Esmeralda + Tritical	0,420 aAα	0,427 aAα	0,447 aAα		0,513 aAα	0,537 aAα	0,515 aAα

SP: Sem pastejo; 1P: 1 pastejo; 2P: dois pastejos. Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, maiúscula na coluna e letras gregas nas camadas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Neste estudo, esse aumento pode indicar que existe maior suscetibilidade a compactação na camada superficial quando a área cultivada com Triticale 111 TPolo é pastejada mais de uma vez. A redução da porosidade total do solo, com mesmo comportamento para esta cultura (Tabela 6) reforça ainda mais esta hipótese.

Resultados diferentes foram obtidos por Piano et al. (2015), ao realizarem estudo semelhante. Na camada de 0,0-0,10 m apenas a macroporosidade foi afetada no manejo sem pastejo, onde o Triticale 111 TPolo apresentou maior número de macroporos. A microporosidade, porosidade total e densidade não foram afetadas. Na camada de 0,10-0,20 m o cultivo do Triticale 111 TPolo apresentou maior número de microporos e porosidade total ao ser comparado com aveia e trigo sob dois pastejos.

Ao analisar a porosidade total do solo, observa-se que no cultivo sem pastejo as aveias Esmeralda e Iapar 61 apresentaram valores superiores na camada superficial. A aveia Esmeralda pastejada uma única vez promoveu alterações na PT do solo ao longo do perfil. Da mesma forma, o Triticale 111 TPolo apresentou o mesmo comportamento, quando pastejado duas vezes.

Como já mencionado, as forrageiras e os manejos não alteraram os valores de microporosidade e porosidade total do solo, sendo as diferenças observadas apenas entre camadas. Isso permite concluir que o pisoteio animal realizado não interferiu nas propriedades físicas estudadas. Estes resultados corroboram com os observados por Kunz et al. (2013) e Bortolini et al. (2016).

Contudo, Moreira et al. (2014) ao conduzirem um LATOSSOLO VERMELHO por 7 anos de SILP em diferentes intensidades de pastejo, observaram redução da macroporosidade e aumento da densidade nas maiores pressões de pastejo, sendo suas conclusões distintas das neste estudo.

Piano et al. (2015), avaliaram as propriedades físicas de um solo submetido a cultivos com aveia, trigo e triticale manejados sem pastejo, um pastejo ou dois pastejos, observaram que a macroporosidade foi alterada na camada de 0-0,10 m, e a microporosidade e porosidade total na camada de 0,10-0,20 m após o cultivo da soja. Os valores médios de macroporosidade, microporosidade e porosidade total foram de $0,065 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, $0,47 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ e $0,53 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, respectivamente, próximos aos encontrados no presente estudo.

Tabela 7 - Macroporosidade do solo em diferentes camadas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado com plantas forrageiras e soja em sucessão

Cultivar	Macroporosidade (m^3m^{-3})		
	Camada (m)		
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
Aveia BRS139	0,1269 aA	0,0967 abA	0,0944 bA
Aveia Esmeralda	0,1205 aAB	0,0868 aA	0,1013 aA
Aveia Iapar 61	0,1240 aA	0,0933 aA	0,1089 aA
Triticale	0,1406 aA	0,0967 bA	0,0867 bA
Esmeralda + Triticale	0,0873 aB	0,0911 aA	0,0971 aA
Média	0,1198	0,0930	0,0976
CV (%)	18,22		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%).

O volume de macroporos (Tabela 7) foi afetado pelas cultivares apenas na camada superficial, sendo o Triticale 111 TPolo, a BRS 139 e a Iapar 61 superiores ao consórcio de Esmeralda e Triticale 111 TPolo. Nas camadas inferiores, as cultivares apresentaram comportamento semelhante.

Ao observar o volume de macroporos isoladamente em cada cultivar, distinguem-se as cultivares BRS 139 e o Triticale 111 TPolo, que resultam em maior macroporosidade na camada de 0-0,05 m, estatisticamente superior a de 0,10-0,20 m.

Ao considerar os valores de microporosidade e porosidade total, observa-se que estes estiveram acima de $0,40 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ e $0,50 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, respectivamente, enquanto que a macroporosidade em alguns casos inferior a $0,10 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$. Contudo, nota-se que esse comportamento foi independente do manejo adotado.

De acordo com Beltrame; Godin; Taylor (1981) e Taylor; Aschroft (1972), o volume crítico e a distribuição ideal desses poros se dão com $0,10 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ e $0,33 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, respectivamente. Dessa forma, nota-se que a distribuição de macroporos está abaixo do ideal, podendo causar restrições ao crescimento radicular e desenvolvimento das plantas nas camadas de 0,05-0,10 m.

De forma geral, os valores de macroporosidade estão abaixo do ideal em todas as camadas do solo, independente da forrageira ou manejo adotado. A presença de uma distribuição adequada de poros no solo garante melhor drenagem, absorção de nutrientes, penetração de raízes, aeração e temperatura, relacionando-se diretamente com o desenvolvimento das culturas (LETEY, 1985).

A densidade do solo apresentou diferenças significativas apenas entre as camadas (Tabela 8), não sendo influenciada pelas cultivares e manejos empregados. Piano et al. (2015) também não encontraram efeitos significativos na densidade do solo em função dos manejos (sem pastejo, um pastejo e dois pastejos) e culturas (aveia, trigo e triticale).

Tabela 8 - Densidade nas diferentes camadas de um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico conduzido em Sistema de integração lavoura-pecuária após cultivo de plantas forrageiras e soja em sucessão

Camada (m)	Densidade (Mg m ⁻³)
0-0,05	1,18 b
0,05-0,10	1,30 a
0,10-0,20	1,29 ab
Média	1,26
CV (%)	5,78

Médias seguidas de mesma letra minúscula não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey (5%).

Nota-se que a camada superficial expressa densidade de 1,18 Mg m⁻³, enquanto que as camadas mais profundas atingem valores próximos a 1,33 Mg m⁻³, considerado crítico para este solo por Klein e Câmara (2007). A densidade do solo quando elevada restringe o crescimento radicular das plantas, principalmente em períodos secos, onde o acesso à água e aos nutrientes das camadas mais profundas são limitados (COLLARES; REINERT; KAISER, 2008).

O fato da densidade na camada superficial ser inferior as camadas inferiores pode ser justificado pelo elevado teor de matéria orgânica e presença dos resíduos vegetais sobre o solo, pois de acordo com Braida et al. (2006), a matéria orgânica é menos densa que a fração mineral e a presença de palha sobre o solo absorve parte da energia de compactação produzida pelo trânsito de máquinas e animais. Contudo, os autores ressaltam que a capacidade de absorção depende da quantidade de palha, da energia aplicada e das condições do solo.

Resultados distintos foram encontrados por Ortigara et al. (2014) ao avaliarem as propriedades físicas e mecânicas de um LATOSSOLO manejado sob pastejo rotacionado, preparo convencional e mata, que observaram que tanto a densidade do solo como a resistência à penetração foram influenciadas negativamente pelo pisoteio animal, resultando em níveis limitantes ao crescimento radicular das plantas.

2.4 CONCLUSÕES

As plantas forrageiras utilizadas para pastejo resultam em diferentes teores de nitrogênio total e matéria orgânica no solo quando submetidos a um

pastejo, sendo o solo cultivado com Triticale 111 TPolo superior à aveia IAPAR 61.

Os maiores teores de nitrogênio total, carbono orgânico total, matéria orgânica e relação C/N foram observados na camada superficial, independente do manejo empregado.

A macroporosidade do solo foi alterada em função das cultivares e das camadas do solo. Na camada 0-0,05 m, o consórcio da aveia Esmeralda e Triticale 111 TPolo resultaram em menor volume de macroporos.

O volume de microporos e porosidade total foram inferiores nas camadas de 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m nas áreas cultivadas com Triticale 111 TPolo sob dois pastejos.

Maior quantidade de matéria orgânica e menor densidade do solo foram encontradas na camada superficial, independente do manejo ou da planta forrageira utilizada, indicando ausência de compactação pelo pisoteio animal.

Portanto, a integração lavoura-pecuária é um sistema de manejo viável para o fornecimento de forragem no período de inverno sem que haja prejuízos às propriedades químicas e físicas do solo.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAME, L. F. C.; GONDIM, L. A. P.; TAYLOR, F. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, p. 145-149, 1981.

BORTOLINI, D.; BRAIDA, J. A.; CASSOL, L. C.; MIGLIORINI, F.; da SILVA, M. R.; 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.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solo**. São Paulo: F. Bastos, 5 ed. 1979. 647 p.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M. da; REINERT, D. J. Resíduos Vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 605-614, 2006.

CARVALHO, J.S.; KUNDE, R.J.; STOCKER, C.M.; LIMA, A.C.R.; SILVA, J.L.S. Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos em solo hidromórfico sob sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma Pampa. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1131-1139, 2016.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**: Instituto Agrônomo do Paraná, 2000. CD ROM.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M; KAISER, D.R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.933-942, 2008.

CONCEIÇÃO, P. C.; CARNEIRO A. T. J.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; MASCARENHAS, K. S. L.; YOKOBATAKE, L. K. FERREIRA, J. P.; PARIZ, M. C.; dos SANTOS, C. B. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011. 225p.

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

KUNZ, M.; GONÇALVES, A. D. M. A.; REICHERT, J. M.; GUIMARÃES, R. M. L.; REINERT, D. J.; RODRIGUES, M. F. Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo Argiloso com semeadura direta e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1699-1708, 2013.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Advison Soil Science**, v. 1, p. 277-294, 1985.

MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; BETIOLI JUNIOR, E.; PEATEAN, L. P.; ALVES, S. J. Influência da altura de pastejo de azevém e aveia em atributos físicos de um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, após sete anos sob integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1315-1326, 2014.

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, p. 2425-2433, 2008.

ORTIGARA, C.; KOPPE, E.; da LUZ, F. B.; KAISER, D. R.; da SILVA, V.R. Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 619-626, 2014.

PIANO, J.T.; OLIVEIRA, P.S.R.; COSTA, P.F.; TAFFAREL, L.E.; EGEWARTH, J.F.; SEIDEL, E.P.; CASTAGNARA, D.D.; BORSOIL, A.; EGEWARTH, V.A. Soil physical attributes under different grazing management of winter forage crops in crop-livestock system at Southern Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 3, p. 146-153, 2015.

PINHEIRO, R. M. B.; LOS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Formas de carbono em Latossolo sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária no cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 34, n. 6, p. 2637-2654, 2013.

RAMOS, J. M.; GARCÍA DEL MORAL, L. F.; BOUJENNA, A.; SERRA, J.; INSA, J. A.; ROYO, C. Grain yield, biomass and leaf area of triticale in response to sowing date and cutting stage in three contrasting Mediterranean environments. **Journal of Agricultural Science**, v. 126, p. 253-258, 1996.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. G. B. F.; SAMPAIO, F. M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, 2007.

ROUSSET, J.S.; LANA, M.C.; PEREIRA, M.G.; SCHIAVO, J.A.; RAMPIM, L.; SARTO, M.V.M. Frações químicas e oxidáveis da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1529-1538, 2016.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 719-727, 2009.

SCHIAVO, J. A.; COLODRO, G. Agregação e resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Bragantia**, p. 1-7, 2012.

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

SOUZA, E. D.; COSTA, G. A.; VALADÃO, S. E.; 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.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User's guide**. Cary: SAS Institute, 2002. 525 p.

TAYLOR, S.A.; ASHCROFT, G.L. **Physical edaphology** –The physics of irrigated and nonirrigated soils. SanFrancisco, W. H. Freeman, 1972. 532p.

3 LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES NA PALHADA REMANESCENTE DE FORRAGEIRAS CONDUZIDAS SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

RESUMO

O manejo agrícola adotado no período de inverno, antecedendo o cultivo da cultura principal, pode influenciar na qualidade e quantidade de resíduos e na manutenção do sistema plantio direto (SPD). O objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição e liberação de nutrientes da palhada remanescente de duas espécies forrageiras conduzidas em sistema de integração lavoura-pecuária. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdividas, com três repetições. Nas parcelas (52 m²) foram alocados os manejos: sem pastejo, um pastejo e dois pastejos. As subparcelas foram constituídas pelas épocas de coleta do material, após a dessecação das forrageiras (0, 30, 60, 90, e 120 dias após o manejo). Determinaram-se a produtividade da matéria seca, as quantidades de carbono, nitrogênio, fósforo e potássio e o tempo de meia-vida. A aveia IPR Esmeralda apresentou a maior produtividade de matéria seca remanescente (6.099 kg ha⁻¹) quando não pastejada, enquanto que o Triticale 111 TPolo obteve as maiores médias quando submetido a um pastejo (8.088 kg ha⁻¹). A quantidade N, P e K liberados da matéria seca remanescente, independente do manejo adotado, apresentaram decréscimo ao longo do tempo. O potássio foi o nutriente que apresentou liberação mais acelerada. O Triticale 111 TPolo, quando submetido a um pastejo é mais eficiente na ciclagem de nutrientes, disponibilizando 197, 38 e 231 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente. No SILP as espécies forrageiras conseguem ciclar os nutrientes e disponibilizar para as culturas em sucessão, o que reduz os custos com fertilizantes e contribui com o uso racional e sustentabilidade do sistema.

Palavras-chave: Sistemas de manejo; decomposição; matéria seca remanescente.

RELEASE OF NUTRIENTS IN THE REMANESCENT SLOPE OF FORAGEEERS CONDUCTED UNDER THE INTEGRATION SYSTEM WASTE-LIVESTOCK

ABSTRACT

The agricultural management adopted in the winter period, prior to the cultivation of the main crop, can influence the quality and quantity of residues and the maintenance of the no-tillage system (SPD). The objective of this work was to evaluate the decomposition and release of nutrients from the remaining straw of two forage species conducted in a crop-livestock integration system. The experimental design was a randomized block design, in subdivide plots, with three replications. In the plots (52 m²) were allocated the management: without grazing, one grazing and two grazing. The subplots were constituted by the collection times of the material, after desiccation of the forages (0, 30, 60, 90, and 120 days after the management). The dry matter yield, the amounts of carbon, nitrogen, phosphorus and potassium and the half-life were determined. The IPR Esmeralda oat showed the highest yield of remaining dry matter (6.099 kg ha⁻¹) when not grazed, whereas Triticale 111 TPolo obtained the highest averages when submitted to grazing (8.088 kg ha⁻¹). The amount N, P and K released from the remaining dry matter, regardless of the adopted management, decreased over time. Potassium was the nutrient that presented the most accelerated release. When submitted to grazing, Triticale 111 TPolo is more efficient in nutrient cycling, providing 197, 38 and 231 kg ha⁻¹ of N, P and K, respectively. In SILP, forage species are able to cycle the nutrients and make it available to crops in succession, which reduces fertilizer costs and contributes to the rational use and sustainability of the system.

Key words: Management systems; decomposition; remaining dry matter.

3.1 INTRODUÇÃO

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) foi amplamente difundido nos últimos anos pelos benefícios que proporciona à atividade agropecuária, com possibilidade de ganhos econômicos e ambientais (SANTOS et al., 2014).

No subtropico brasileiro, o SILP é caracterizado por estar associado às áreas sob plantio direto que, durante o inverno são cultivadas com forrageiras anuais (puras ou consorciadas) e no verão são ocupadas por culturas produtoras de grãos (MORAES et al., 2014).

A sustentabilidade desse sistema tem como fundamento o manejo do solo, das plantas (forrageiras e culturas comerciais) e dos animais de forma que, ao mesmo tempo, não cause restrições ao ambiente radicular e produza quantidades de resíduos suficientes para consolidação do sistema (FERREIRA et al., 2011).

Uma das características importantes do SILP é a ciclagem de nutrientes por espécies forrageiras e posterior disponibilização para as culturas em sucessão. Por meio da decomposição e liberação de seus nutrientes as forrageiras contribuem na racionalização do uso de insumos, o que reduz a quantidade de fertilizantes ao longo do tempo e conseqüentemente diminui o custo de produção e desequilíbrio ambiental (SANTOS et al., 2014).

A liberação de nutrientes no SILP é governada por diversos fatores, como as condições climáticas, a qualidade do material, tipo de solo, fertilidade e presença do animal no sistema (SANTOS et al., 2014; MARCELO et al., 2012; ANGHINONI et al., 2011).

De acordo com Santos et al. (2014), a precipitação pluvial e a temperatura são os principais fatores climáticos que interferem na liberação. Por outro lado, a entrada dos animais no sistema é responsável pela modificação dos fluxos entre os compartimentos pela ingestão de nutrientes, via consumo da forragem, sua digestão e posterior retorno ao sistema (ANGHINONI et al., 2011).

O estudo desses fatores é de fundamental importância para compreender os processos de decomposição e liberação no solo, as influências do manejo e a eficiência da espécie na ciclagem dos nutrientes.

Para que uma espécie seja eficaz na ciclagem de nutrientes, deve haver sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse comercial, cultivada em sucessão (HENTZ, et al., 2014).

No oeste do Paraná, a aveia branca é utilizada no período do inverno como opção para pastejo do gado leiteiro, tendo também como propósito a cobertura do solo e liberação de nutrientes ciclados para a cultura em sucessão. A cultivar IPR Esmeralda é indicada para o duplo propósito, apresentando boa produção de matéria seca, boa capacidade de rebrote, perfilhamento e boa relação folha/colmo (IAPAR, 2016).

O triticale também é uma opção para a integração lavoura-pecuária, utilizado para o pastejo e cobertura do solo. É uma planta rústica, com grande capacidade de crescimento, mesmo em condições adversas, como em áreas de baixa fertilidade e passíveis de geadas. Por possuir o sistema radicular profundo, consegue acesso aos nutrientes do solo que estão inacessíveis à maioria dos cereais cultivados (ASSMANN, et al., 2008; CARVALHO et al., 2008;).

Santos et al. (2014), ao estudarem a decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, quantificaram a liberação e a economia financeira na compra de fertilizantes. Os valores de N, P e K liberados pela palhada foram de 26,5; 7,3 e 51 kg ha⁻¹, respectivamente, totalizando em uma economia de R\$ 243,38 ha⁻¹. Além disso, deve-se levar em consideração a redução de fertilizantes aplicados ao solo, e consequentemente, a salinização e a contaminação do mesmo.

Piano et al. (2017), ao avaliarem a deposição e composição de palhada residual em área com integração lavoura-pecuária no Oeste do Paraná, quantificaram o acúmulo dos nutrientes na palhada residual da aveia e obtiveram em média 66, 6, 48, 51 e 10 Kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

Contudo, estudos a fim de avaliar o comportamento e a interferência do manejo da aveia e do triticale sobre a decomposição e liberação dos nutrientes, são recentes na região Oeste do Paraná, necessitando de mais pesquisas.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição e liberação de nutrientes da palhada remanescente da aveia IPR Esmeralda e do triticale 111 TPolo conduzidos em sistema de integração lavoura-pecuária.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

As informações sobre a localização e caracterização da área experimental estão descritas no item 2.2.1 do capítulo 2, página 43.

3.2.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas (52 m²) foram alocados os manejos: sem pastejo, um pastejo e dois pastejos. As subparcelas foram constituídas pelas épocas de coleta dos materiais, após a dessecação das forrageiras (0, 30, 60, 90, e 120 dias após o manejo). O estudo das espécies foi realizado de forma separada, pois os resultados observados na da interação tripla não permitiram conclusões coerentes.

3.2.3 Cultivo e Manejo das Forrageiras de Inverno

As informações sobre o cultivo e manejo da Aveia IPR Esmeralda e do Triticale 111 TPolo estão descritas no item 2.2.3 do capítulo 2, página 45.

3.2.4 Avaliações Realizadas

A avaliação de decomposição da palhada e liberação de nutrientes teve início a partir da dessecação das forrageiras. Foram realizadas coletas aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após a dessecação. Os materiais vegetais foram coletados com o auxílio de um quadrado metálico vazado, com área conhecida (0.25 m²), lançado ao acaso, em cada parcela. Estas amostras foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para a estufa de

circulação forçada com temperatura em torno de 65°C até que o peso das amostras se tornasse constante (aproximadamente 48 h).

Após a secagem, para a determinação da matéria seca, as amostras foram novamente pesadas e os valores convertidos para kg ha⁻¹. Posteriormente, o material foi encaminhado ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, triturado em Moinho tipo Willey para determinação das quantidades de C, N, P e K presentes em cada amostra.

A determinação destes nutrientes foi realizada a partir da digestão sulfúrica. Para o N utilizou-se a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995), a destilação em sistema semi-micro Kjeldahl. O P foi determinado por espectrofotometria UV-VIS de acordo com Braga; Defelipo (1974) e o K 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, obtido por Thomas; Asakawa (1993), descrito abaixo:

$$X = X_0 \cdot e^{-kt}$$

Onde:

X = Quantidade de matéria seca ou nutrientes remanescentes;

X₀ = Quantidade de matéria seca no início da decomposição;

k = Constante de decomposição;

t = Período de tempo em dias.

A partir do valor de k, foi calculado o tempo de meia-vida ($T^{1/2} = 0,693/k$) (PAUL; CLARK, 1989) que representa o período de tempo necessário, para que 50% dos resíduos se decomponham ou para que metade dos nutrientes presentes resíduos seja liberada.

3.2.5 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, por meio do Teste F ($p < 0,05$) através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Quando significativos, realizou-se a escolha de um modelo matemático.

A escolha do tipo de modelo 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.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Aveia Esmeralda

A interação entre os fatores manejo (sem pastejo, um pastejo e dois pastejos) e tempo após dessecação (0, 30, 60, 90 e 120 dias), apresentou significância para todas as variáveis estudadas: matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo e potássio, conforme pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância das variáveis matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo e potássio remanescentes dos resíduos dos manejos da Aveia Esmeralda ao longo do tempo

FV	GL	Matéria seca	Carbono	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
Bloco	2	157635	51568	148	1,72	174
Manejo (M)	2	5457235 ^{ns}	1859239 ^{ns}	1277 ^{ns}	25,05 ^{ns}	1876 ^{ns}
Erro 1	4	771997	200592	231	8,61	275
Tempo (T)	4	14928124*	4337527*	5605*	72,67*	26417*
M x T	8	2759984*	760717*	601*	8,81*	1780*
Erro 2	24	340801	95130	256	3,14	210
CV 1 (%)		28,43	27,54	26,83	47,17	55,35
CV 2 (%)		18,89	18,96	28,22	28,51	48,37

FV - Fontes de variação; ns - Não significativo; * - Significativo a 5% pelo teste F.

O maior acúmulo de matéria seca foi obtido nas áreas em que não houve pastejo dos animais, com quantidade inicial de 6.099 kg ha⁻¹. Por outro lado, o menor acúmulo ocorreu nas parcelas pastejadas duas vezes, com valores médios de 2.699 kg ha⁻¹, redução de aproximadamente 44% na quantidade de biomassa acumulada (Figura 2). Este resultado já é esperado, visto que quanto maior a frequência dos pastejos na área, maior a quantidade de forragem consumida e conseqüentemente menor resíduo deixado ao solo.

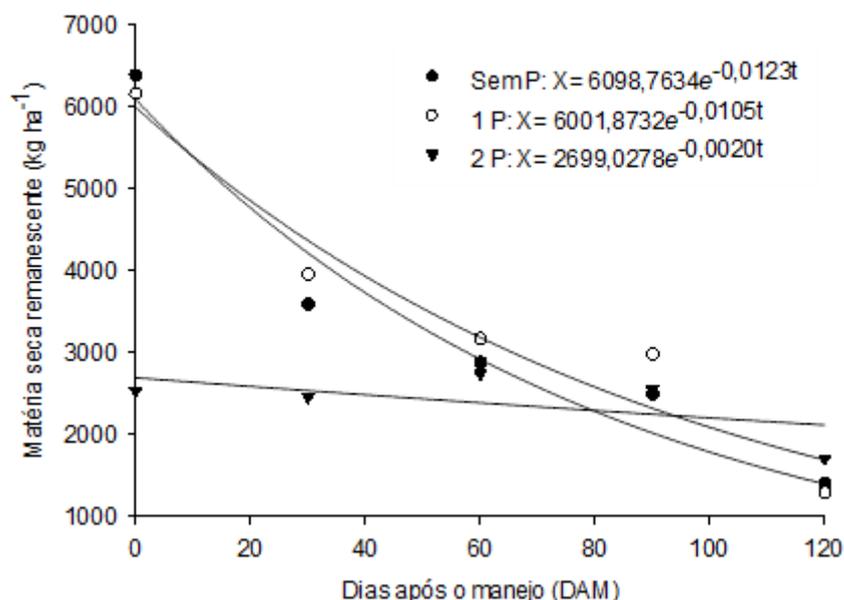


Figura 2 - Matéria seca remanescente da aveia IPR Esmeralda submetida aos manejos sem pastejo (sem P), pastejo (1 P) e 2 pastejos (2 P), conduzidos em sistema de integração lavoura-pecuária.

De forma geral, pode-se observar que houve decréscimo exponencial da matéria seca remanescente ao longo do tempo, independente do manejo adotado. Nas áreas conduzidas sem pastejo e com um pastejo, a decomposição foi mais rápida, apresentando redução de 77% e 78%, respectivamente, aos 120 DAS. Nas áreas manejadas sob dois pastejos a decomposição foi mais lenta, com redução de apenas 37% no mesmo período.

A maior velocidade de decomposição em áreas não pastejadas se deve à maior quantidade de matéria seca produzida, que influencia na temperatura e umidade do solo, gerando condições favoráveis à sobrevivência e crescimento da população de organismos decompositores, o que aumenta a velocidade de decomposição dos resíduos presentes no solo (MEDRADO et al., 2011).

Resultados semelhantes foram obtidos por Medrado et al. (2011) ao avaliarem a decomposição de resíduos culturais, na qual, observaram que a presença dos animais reduziu a velocidade de decomposição dos resíduos culturais em relação às áreas não pastejadas.

Resultados que comprovam este argumento podem ser verificados ao observar o tempo de meia vida ($T^{1/2}$) da biomassa remanescente (Tabela 10). Para a área não pastejada, que resultou em maior acúmulo de matéria seca,

encontrou-se meia vida aos 56 dias, enquanto que onde houve dois pastejos a palhada foram necessários 346 dias.

Tabela 10 - 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 da aveia Esmeralda em sistema de integração lavoura-pecuária

Manejos	$k^{(1)}$	$T_{1/2}^{(2)}$ Dias	R^2
Matéria seca remanescente			
Sem Pastejo	0,0123	56	0,95**
1 Pastejo	0,0105	66	0,97**
2 Pastejos	0,0020	346	0,35*
Carbono total remanescente			
Sem Pastejo	0,0122	57	0,96**
1 Pastejo	0,0108	64	0,95**
2 Pastejos	0,0024	289	0,52**
Nitrogênio remanescente			
Sem Pastejo	0,0112	62	0,79**
1 Pastejo	0,0106	65	0,80**
2 Pastejos	0,0050	139	0,93**
Fósforo remanescente			
Sem Pastejo	0,0055	126	0,54**
1 Pastejo	0,0119	58	0,73**
2 Pastejos	0,0060	112	0,56**
Potássio remanescente			
Sem Pastejo	0,0948	7	0,99**
1 Pastejo	0,0986	7	0,99**
2 Pastejos	0,0732	10	0,98**

O tempo de meia-vida dos resíduos vegetais é subdividido em compartimentos lábil e recalcitrante. O compartimento lábil é a parte mais facilmente decomponível da fitomassa (AITA; GIACOMINI, 2003), enquanto que o compartimento recalcitrante é formado por compostos orgânicos de mais difícil decomposição (MEDRADO et al., 2011).

Acosta et al. (2014), ao estudarem a decomposição da fitomassa de plantas de cobertura observaram que o tempo de meia-vida da aveia preta foi em média 236 dias, sendo que aproximadamente 80% do material é considerado compartimento recalcitrante, ou seja, de decomposição mais lenta e difícil. A cinética de decomposição está intimamente associada ao tamanho de cada compartimento e não, necessariamente, às constantes de decomposição, que variam de acordo com as condições climáticas.

O material deixado na superfície do solo pelas espécies forrageiras está intimamente relacionado à sua qualidade química, física e biológica e afeta diretamente os cultivos sucessivos. De acordo com Carvalho et al. (2015), a natureza desses resíduos irão definir a magnitude e as taxas de liberação de nutrientes da biomassa da forragem para a lavoura. Além disso, a quantidade de palhada afeta a incidência de plantas invasoras, a umidade do solo e a suscetibilidade a compactação.

A velocidade de liberação de nutrientes dos resíduos vegetais pode ser observada na Figura 3. De acordo com Giacomini et al. (2003), esta variável irá depender da localização e da forma em que esses nutrientes se encontram no tecido vegetal.

A maior quantidade de carbono foi originada na área sem pastejo (3.267 kg ha^{-1}) (Figura 3a), com $T^{1/2}$ estimado em 57 dias. Por outro lado, quando manejado sob dois pastejos, os menores teores foram encontrados (1.406 kg ha^{-1}). Observa-se nesse caso, a redução de 57%, ao comparar os dois manejos.

Nicoloso et al. (2008), ao avaliarem o balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária, concluíram que o aumento da frequência de pastejo na pastagem de inverno reduziu a quantidade de C aportada ao solo. Estima-se necessidade de adição anual de 4.500 kg ha^{-1} de C ao solo, a partir da matéria seca de plantas para a manutenção dos estoques originais de C.

O nitrogênio, devido à suas funções no metabolismo das plantas, que incluem a síntese de ácidos nucleicos, proteínas, hormônios e clorofila (SILVA; MONTEIRO, 2007), é encontrado em grandes quantidades no material vegetal remanescente, destacando-se a área manejada sob um pastejo, que apresentou 114 kg ha^{-1} (Figura 3b).

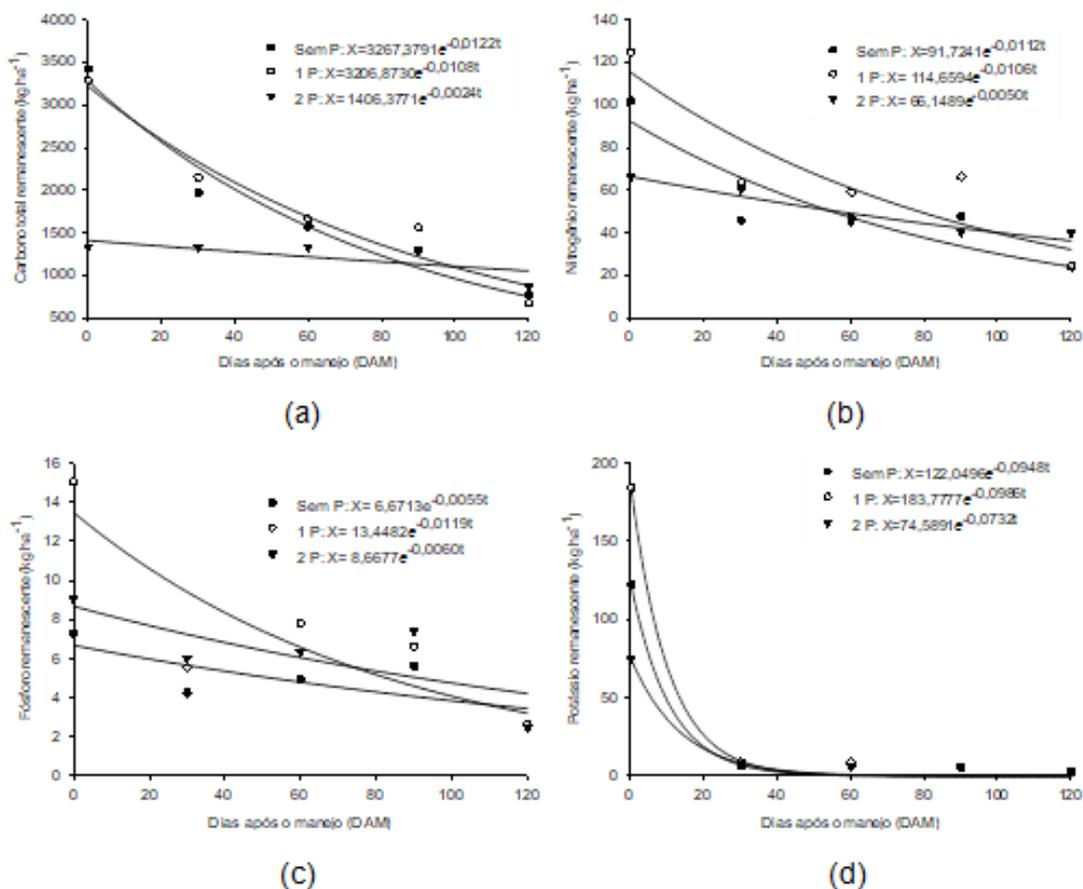


Figura 3 - Carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c) e potássio remanescentes (d) (kg ha^{-1}) dos resíduos dos manejos da aveia Esmeralda, sem pastejo (Sem P), 1 pastejo (1 P) e 2 pastejos (2 P), em avaliações realizadas ao longo do tempo.

A menor quantidade de N remanescente inicial (66 kg ha^{-1}) foi verificada na área com dois pastejos. Este comportamento pode ter ocorrido porque o nitrogênio está relacionado à quantidade de resíduos acondicionados ao solo (ACOSTA, et al., 2014). Dessa forma, como a aveia foi pastejada duas vezes, houve redução do material vegetal pela desfolha dos animais, o que resultou em menor matéria seca remanescente e proporcionalmente, nitrogênio.

O tempo de meia-vida do nitrogênio remanescente no tecido vegetal foi de 62, 65 e 139 dias, para o manejo sem pastejo, um pastejo e dois pastejos, respectivamente. A liberação mais acelerada nos materiais conduzidos sem pastejo e um pastejo pode estar relacionada à maior quantidade de matéria seca remanescente, que irá promover condições mais favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos, favorecendo sua disponibilização.

Resultados distintos foram encontrados por Mattei (2018), que observou maior quantidade de nitrogênio nas áreas com dois pastejos e maior $T^{1/2}$ na palhada remanescente sem pastejo.

Para o fósforo, o primeiro período avaliado, apresentou quantidade de 7, 15 e 9 kg ha⁻¹, nas áreas sem pastejo, com um pastejo e dois pastejos, respectivamente (Figura 3c). Piano et al. (2017), ao avaliarem a deposição e composição da palhada residual da aveia IPR 126, em diferentes densidades e manejos, encontraram valores médios de 9, 7 e 5 kg ha⁻¹ de P, para as áreas sem pastejo, com um pastejo e dois pastejos.

Uma justificativa para os nutrientes estarem presentes em maior concentração nas áreas submetidas a um pastejo pode ser atribuída a rebrota do material, que proporcionou o incremento do número de folhas, colmos e perfilhos com expansão foliar (MATTEI, 2018), resultando em maior acúmulo de nutrientes.

O menor $T^{1/2}$ para o fósforo foi observado na área conduzida sob um pastejo, que demorou em média, 58 dias para liberar 50% do nutriente (Tabela 10). Silva et al. (2014), obteve tempo de meia-vida de 68 dias para o mesmo nutriente na palhada da aveia preta. Para Giacomini et al. (2003), como a maior parte do P está associado a componentes orgânicos do tecido vegetal, sua liberação está intimamente ligada ao processo de decomposição pelos microrganismos do solo.

Marcelo et al. (2012) afirmam que, o P liberado pelos resíduos das culturas ao solo pouco irá influenciar nas culturas em sucessão em um curto período, isso ocorre porque baixas quantidades são liberadas e há fixação do elemento as partículas minerais do solo. Porém, em longo prazo, existe o efeito cumulativo do P liberado anualmente pelas culturas, contribuindo para compor uma fração orgânica do nutriente no solo, e pela imobilização do P na biomassa microbiana.

O potássio foi o nutriente em maior abundância no tecido vegetal. As quantidades médias acumuladas foram de 122 kg ha⁻¹, 184 kg ha⁻¹ e 75 kg ha⁻¹, para as áreas manejadas sem pastejo, com um pastejo e dois pastejos, respectivamente.

Piano et al. (2017), ao verificarem a disponibilização do K do resíduo vegetal da aveia sob diferentes densidades de semeadura obtiveram valores

médios de 67 kg ha⁻¹, 55 kg ha⁻¹ e 61 kg ha⁻¹ de potássio para as áreas sem pastejo, um pastejo e dois pastejos, respectivamente, valores inferiores ao observado nesta pesquisa. Esta discrepância pode ser justificada pela menor produtividade de matéria seca observada nos estudos, que obtiveram média de 3,58 t ha⁻¹ e 2,79 t ha⁻¹, para os anos de 2014 e 2015, respectivamente.

A liberação do K ocorreu de forma muito rápida, pois aos 30 dias, mais de 90% já tinha sido disponibilizado ao solo (Figura 3d). Estes resultados reforçam a hipótese de Mielniczuk (2005), que afirma que mais de 80% do K é liberado do tecido vegetal em menos de 30 dias. Tal fato pode ser explicado devido a esse nutriente ser constituinte de componentes não estruturais e na forma iônica no vacúolo das células das plantas (PERIN et al., 2010).

A rápida liberação do K do tecido vegetal é favorável às culturas que possuem maior necessidade deste elemento nas fases iniciais, e resulta em melhor aproveitamento e redução de adubos minerais.

3.3.2 Triticale

A matéria seca, o carbono, o nitrogênio, o fósforo e o potássio estudados no tecido vegetal do Triticale 111 TPolo também sofreram influência significativa pela interação entre os manejos e tempos de decomposição submetidos (Tabela 11).

Tabela 11 - Resumo da análise de variância das variáveis matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo e potássio remanescentes dos resíduos dos manejos do Triticale 111 TPolo ao longo do tempo

FV	GL	MS	C	N	P	K
Bloco	2	1088996	325470	825	21	295
Manejo (M)	2	10623194 ^{ns}	3695332 ^{ns}	6952 ^{ns}	106 ^{ns}	4619*
Erro 1	4	1780757	525299	1056	16	512
Tempo (T)	4	32221759*	8830381*	25957*	1115*	47254*
M x T	8	5009684 *	1511634*	3682*	115*	3960*
Erro 2	24	1132302	310928	743	29	405
CV 1 (%)		35,48	37,27	41,39	32,17	50,60
CV 2 (%)		28,29	28,67	34,73	42,68	45,04

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

O comportamento da matéria seca do Triticale 111 TPolo foi muito semelhante nas áreas sem pastejo ou um pastejo, com produtividades de

7.962 kg ha⁻¹ e 8088 kg ha⁻¹, respectivamente. A área submetida a dois pastejos resultou em menor produtividade (3.600 kg ha⁻¹), com redução de aproximadamente 60% se comparado à área com um pastejo (Figura 4).

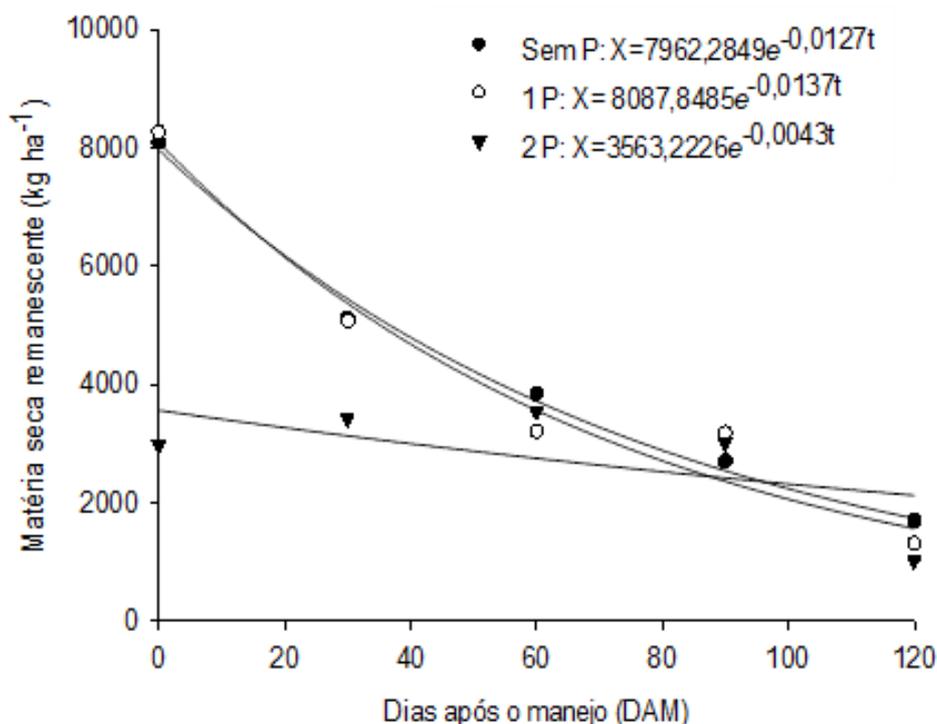


Figura 4 - Matéria seca remanescente do triticale submetido aos manejos sem pastejo (sem P), 1 pastejo (1 P) e 2 pastejos (2 P), conduzido em sistema de integração lavoura-pecuária.

Taffarel et al. (2017), ao avaliarem os efeitos dos pastejos nas características agrônômicas, produtividade de grãos e presença de micotoxinas, observaram que o manejo com dois pastejos reduziu a produtividade do triticale IPR 111 em 54,69%. Os autores ressaltam que essa variedade não deve ser pastejada em sistemas de integração lavoura-pecuária para a produção comercial de grãos.

Os valores de matéria seca determinados neste trabalho corroboram com os obtidos por Teixeira et al. (2008), que encontraram médias de 10.658 kg ha⁻¹ a 7.092 kg ha⁻¹, dependendo da cultivar e do manejo (sem corte ou com corte) adotado.

Contudo, Ferolla et al. (2007), ao avaliarem a viabilidade técnica de produção forrageira das culturas aveia-preta e triticale sob os sistemas de corte e pastejo observou valores inferiores aos obtidos neste estudo. O triticale

submetido ao sistema de corte apresentou produtividade de matéria seca de 2.128,30 kg ha⁻¹, enquanto que sob pastejo, produziu 1.169,42 kg ha⁻¹. Os autores justificam essa baixa produtividade devido às condições climáticas que ocorreram no momento do primeiro corte e pastejo, e também ao ataque de saúvas (*Atta spp.*).

Brançalião et al. (2015), ao avaliarem a quantidade de matéria seca de culturas de cobertura, após adição de N, obtiveram média de 3.400 kg ha⁻¹ para o triticale submetido a dose de 60 kg N ha⁻¹ em cobertura, valores estes, também inferiores aos encontrados neste trabalho.

O T^{1/2} da biomassa vegetal do triticale varia de acordo com o manejo adotado (Tabela 12). De maneira geral, os valores encontrados para as áreas sem pastejo e um pastejo foram muito próximas (55 e 51 dias, respectivamente), o que se justifica pela quantidade de matéria seca remanescente muito semelhante. Já na área submetida a dois pastejos, foi necessário tempo maior (161 dias) para decomposição de 50% do material.

O T^{1/2} dos resíduos vegetais está diretamente relacionado à consolidação e manutenção do SPD. De acordo com Macedo (2009), a escolha da espécie visando cobertura do solo e ciclagem de nutrientes, torna-se importante na diversificação da produção agrícola, com manutenção e proteção do sistema solo-planta (CALVO et al., 2010).

De maneira geral, os valores de C, N, P e K acumulados na matéria seca remanescente, nos manejos sem pastejo e um pastejo, foram muito próximos (Figura 5), assim como o tempo de meia-vida (Tabela 12). Este fato pode ser justificado pela semelhança na biomassa acumulada em cada tratamento. Já as áreas com dois pastejos, que tiveram MS muito inferior, também apresentaram menor ciclagem e disponibilização destes nutrientes.

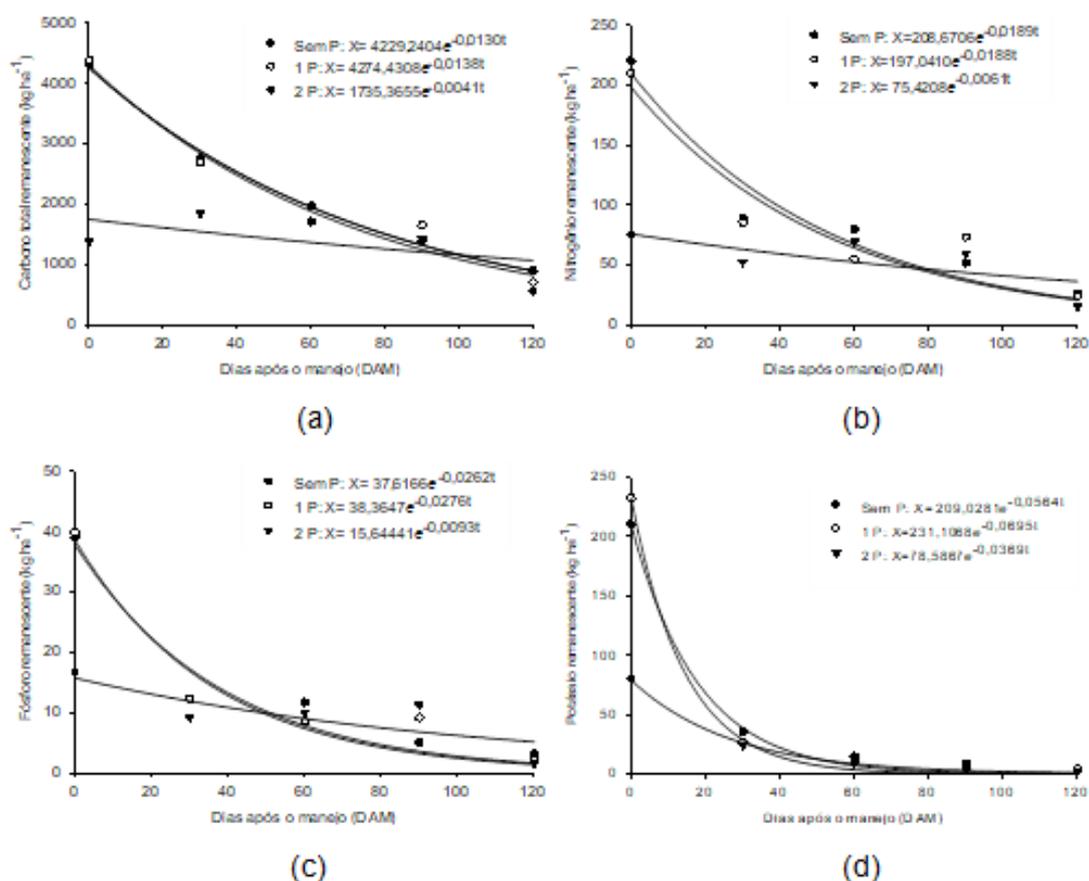


Figura 5 - Carbono (a), nitrogênio (b), fósforo (c) e potássio remanescentes (d) (kg ha^{-1}) dos resíduos dos manejos do triticale, sem pastejo (sem P), 1 pastejo (1 P) e 2 pastejos (2 P), em avaliações realizadas ao longo do tempo (A equação e a significância dos ajustes, estão apresentadas na Tabela 12).

Nas áreas sem pastejo e com um pastejo, 50% do carbono contido na matéria seca foi disponibilizado até os 53 e 50 dias, respectivamente. Aos 120 dias após o manejo, 79% e 84% do teor inicial de C já haviam sido liberados. Diferente disso, no manejo composto por dois pastejos, o tempo de meia-vida foi de 169 dias (Tabela 12).

Ao analisar o N presente no material vegetal, notam-se elevadas quantidades com teores iniciais de 209 kg ha^{-1} e 197 kg ha^{-1} na matéria seca remanescente proveniente de áreas sem pastejo e com um pastejo, respectivamente. Em ambos os manejos, o tempo de meia-vida foi de 37 dias. Na área pastejada duas vezes, o teor de N inicial foi de 75 kg ha^{-1} , com $T^{1/2}$ de 114 dias.

Tabela 12 - 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 do Triticale 111 TPolo em sistema de integração lavoura-pecuária

Manejos	$k^{(1)}$	$T^{1/2} \text{ (2) Dias}$	R^2
Matéria seca remanescente			
Sem Pastejo	0,0127	55	0,99**
1 Pastejo	0,0137	51	0,97**
2 Pastejos	0,0043	161	0,37*
Carbono total remanescente			
Sem Pastejo	0,0130	53	0,99**
1 Pastejo	0,0138	50	0,97**
2 Pastejos	0,0041	169	0,34*
Nitrogênio remanescente			
Sem Pastejo	0,0189	37	0,94**
1 Pastejo	0,0188	37	0,88**
2 Pastejos	0,0061	114	0,50**
Fósforo remanescente			
Sem Pastejo	0,0262	26	0,95**
1 Pastejo	0,0276	25	0,93**
2 Pastejos	0,0093	75	0,64**
Potássio remanescente			
Sem Pastejo	0,0564	12	0,99**
1 Pastejo	0,0695	10	0,99**
2 Pastejos	0,0369	19	0,99**

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

Essa redução de N na área pastejada também foi observada por Assmann et al. (2014), ao investigarem o impacto da entrada de pastagens em rotações com soja nos estoques de C e N. Elevadas intensidades de pastejo diminuíram os teores de C e N, comparado ao tratamento sem pastejo.

Wolschick et al. (2016), ao estudar o acúmulo de nutrientes nas espécies aveia preta, nabo forrageiro, ervilhaca comum e pousio com vegetação espontânea, obtiveram valores de 92; 75; 262 e 28 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Nota-se, portanto, a capacidade de ciclagem de N que o triticale possui, sendo inferior apenas a ervilhaca comum, nesse caso.

O fósforo, assim como o nitrogênio, teve comportamento muito semelhante nas áreas não pastejadas e com único pastejo. As quantidades iniciais presentes na matéria seca foram de 38 kg ha⁻¹ de P, sendo disponibilizado cerca de 92%, aos 120 dias após o manejo. No tratamento submetido a dois pastejos, os teores iniciais foram de 16 kg ha⁻¹ e a liberação na última data de avaliação compreendeu a 90% do teor inicial. O tempo de

meia-vida para este nutriente foi de 26, 25 e 75 dias para os manejos sem pastejo, um pastejo e dois pastejos, respectivamente.

A maior parte do P do tecido vegetal encontra-se no vacúolo da célula, na forma mineral, bastante solúvel em água (MARSCHENER, 1995). Para que ele seja liberado dos resíduos culturais, o vacúolo deve ser rompido. Ao considerar que, durante os primeiros 30 dias após o manejo da cultura, a chuva acumulada atingiu mais de 150 mm (Figura 1), é provável que, neste período, a maior parte do P solúvel em água tenha sido lixiviado dos resíduos culturais do triticales, restando apenas às formas de P não solúvel em água, e sim, dependentes da população microbiana do solo, para sua mineralização (GIACOMINI, et al., 2003).

O potássio, íon mais abundante nas células vegetais, sem associação com os componentes estruturais da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013), apresentou-se em maior concentração na matéria seca remanescente do Triticale 111 TPolo. A quantidade encontrada na primeira coleta foi de 209 kg ha⁻¹, 197 ha⁻¹ e 75 ha⁻¹ para os manejos sem pastejo, um pastejo e dois pastejos (Figura 5 (d)). Além disso, foi o nutriente liberado mais rapidamente pela palhada. A maior parte foi disponibilizada até os 40 dias. O tempo de meia-vida estimado para o K foi de 12, 10 e 19 dias, para áreas sem pastejo, com um e dois pastejos, respectivamente (Tabela 11).

Neste estudo, observou-se que quando a cultura do triticales foi submetida a maior número de pastejos, a ciclagem e disponibilidade de K foram diminuídas no tecido vegetal. Contudo, Ferreira et al. (2011) ao avaliar a dinâmica do potássio em consórcio de azevém e aveia preta, observaram que a ciclagem do K aumentou com a intensidade de pastejo. Os autores atribuíram esse aumento a quantidade de matéria seca da pastagem, e principalmente aquela ingerida pelos animais.

Além do manejo empregado, o tempo de exposição, precipitação e o grau de senescência podem influenciar o teor de K do material vegetal (ROSOLEM et al, 2003).

3.4 CONCLUSÕES

A aveia IPR Esmeralda apresentou a maior produtividade de matéria seca remanescente (6.099 kg ha^{-1}) quando não pastejada, enquanto o Triticale 111 TPolo obteve as maiores médias quando submetido a um pastejo (8.088 kg ha^{-1}).

As forrageiras estudadas devem ser pastejadas apenas uma vez, pois o segundo pastejo reduz acentuadamente a cobertura remanescente, a ciclagem de nutrientes e aumenta o tempo de meia vida.

A quantidade N, P e K liberados da matéria seca remanescente, independente do manejo adotado, apresentaram decréscimo ao longo do tempo.

O potássio foi o nutriente que apresentou liberação mais acelerada, com maior tempo de meia-vida na cultura do Triticale 111 TPolo, submetido a dois pastejos.

O Triticale 111 TPolo, quanto submetido a um pastejo é mais eficiente na ciclagem de nutrientes, disponibilizando 197 , 38 e 231 kg ha^{-1} de N, P e K, respectivamente.

No SILP as espécies forrageiras conseguem ciclar os nutrientes e disponibilizar para as culturas em sucessão, o que reduz os custos com fertilizantes e contribui com o uso racional e sustentabilidade do sistema.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 801-809, 2014.

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

ANGHINONI, I.; ASSMANN, J. M.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E.; CARVALHO, P. C. F. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. **Synergismus scyentifica**, v. 6, n. 2, p. 1-8; 2011.

ASSMANN, A. L.; SILVA, H. L. da.; KIRCHNER, R.; KOZELINSKI, S. M. Espécies forrageiras para o sistema integração lavoura-pecuária. In: ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B.; ASSMANN, T. S. (Org). **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, 2008. 49p.

ASSMANN, J. M.; ANGHINONI, I.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. D. A.; CECAGNO, D.; CARLOS, F. S.; CARVALHO, P. C. D. F. Soil carbono and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock system under no-tillage in southern Brazil. **Agriculture ecosystems environment**, v. 190, p. 52-59, 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.

BRANCALIÃO, S. R.; AGUIAR, A. T. E.; BRACALIÃO, E. M.; LIMONTA, C. R.; ROSSI, C. E.; CRISTOVÃO, N. N. Produtividade e composição dos grãos de soja após o aporte de nitrogênio com o uso de culturas de cobertura em sistema de semeadura direta. **Nucleus**, v. 12, n. 1, p. 69-75, 2015.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S. BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação c/n de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CARVALHO, F. I. F. NASCIMENTO JUNIOR, A. do.; PIANA, C. F. B. Triticale. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Org). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. P. 853-890.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I.; SILVA, D. T.; KUNRATH, T. R.; BARRO, R. S.; CARMONA, F. C.; BARTH NETO, A.; MARTINS, A. P.; BARROS, T.; FILHO, W. S. Integração do componente pastoril em sistemas agrícolas. In: Anais do 27º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Sistemas de

Produção, Intensificação e Sustentabilidade da Produção Animal. Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 33-56.

FEROLLA, F. S.; VÁSQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C.; VIANA, A. P.; DOMINGUES, F. N.; AGUIAR, R. S. Produção de matéria seca, composição da massa seca de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1512-1517, 2007.

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

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

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, L. V.; BARCELLOS, A. L. Ciclagem de nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 663-676, 2014.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Aveia branca forrageira IPR Esmeralda**. Londrina – PR. Editora: IAPAR. 2016, 8p.

MACEDO, M. C. M. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.

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

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em Sistema de Semeadura Direta. II – Decomposição e Liberação de Nutrientes na Entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1568-1582, 2012.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macro-nutrients. In: **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic, 1995. p. 229-312.

MATTEI, E. **Propriedades físicas, estoque de carbono e produtividade de soja com manejos da aveia preta em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2018. 100 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018.

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.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato, 2005, p. 165-178.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. A.; KUNRATH, R. R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropic. **European Journal of Agronomy**, v. 57, p. 4-9, 2014.

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, p. 2425-2433, 2008.

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

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; CABALLERO, S. S. S. U; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L.A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalaria e milho solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, v. 57, n. 2, p. 274-281, 2010.

PIANO, J.T.; EGEWARTH, J.F.; EGEWARTH, V.A.; MATTEI, E.; BARTZEN, B.T.; OLIVEIRA, P.S.R. Deposição e composição de palhada residual em área com integração lavoura pecuária. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 37, p. 234-243, 2017.

SANTOS, F.C. dos; 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.

SILVA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Morfogênese e produção de biomassa do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p.335-342, 2007.

SILVA, M. P. da.; ARF, O.; SÁ, M. E. de.; ABRANTES, F. L.; BERTI, L. F.; SOUZA, L. C. D. de.; ARRUDA, N. Palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para semeadura direta de feijão. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 24, p. 233-243, 2014.

TAFFAREL, L. E.; OLIVEIRA, P. S. R.; PIANO, J. T.; COSTA, P. B.; MESQUITA, E. E.; COSTA, P. F.; CASTAGNARA, D. D.; HORN, M. B.; OLIVEIRA, E. Productivity and the presence of mycotoxins in oats, wheat, and

triticale subjected to grazing. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 6, p. 3749-3766, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artemed, 2013, 954p.

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. C. C.; RODRIGUES, O. NASCIMENTO JUNIOR, A.; COSTENARO, E. R.; BOZETTI, M. **Ajuste de prática de manejo de plantas de centeio e triticale para a maximização do rendimento de grãos e forragem**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 14 p.

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.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F.; WERNER, R. S.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 134-143, 2016.