

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

AMANDA PAVAN

**RENDIMENTO DE GRÃOS E DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE
SOJA EM CULTIVO TRADICIONAL E EM SISTEMA DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2020

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

AMANDA PAVAN

**RENDIMENTO DE GRÃOS E DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE
SOJA EM CULTIVO TRADICIONAL E EM SISTEMA DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2020**

AMANDA PAVAN

**RENDIMENTO DE GRÃOS E DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE
SOJA EM CULTIVO TRADICIONAL E EM SISTEMA DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Betania Brum de Bortolli

Coorientador: Dr. Marcos Antonio de Bortolli

PATO BRANCO

2020

Pavan, Amanda

Rendimento de grãos e decomposição de resíduos de soja em cultivo tradicional e em sistema de integração lavoura-pecuária / Amanda Pavan.

Pato Branco. UTFPR, 2020

56 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof.^a Dr.^a Betania Brum de Bortolli

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Antonio de Bortolli

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.

Bibliografia: f. 46 – 52

1.Agronomia. 2.Glycine max(L.). 3.Semeadura. 4.Correção. 5.Massa seca residual. Bortolli, Betania Brum de orient. II. Bortolli, Marcos Antonio de, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

RENDIMENTO DE GRÃOS E DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE SOJA EM CULTIVO TRADICIONAL E EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

por

AMANDA PAVAN

Monografia apresentada às 13 horas 50 min. do dia 16 de Dezembro de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Tangriani Simioni Assmann

UTFPR Campus Pato Branco
Banca

Dr. Marcos Antonio de Bortoli

Autônomo
Coordenador

Prof.^a Dr.^a Betania Brum de Bortoli

UTFPR Campus Pato Branco
Orientadora

Prof. Dr. Jorge Jamhour

UTFPR Campus Pato Branco

Coordenador do TCCA "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus Pato Branco-PR*, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Aos meus pais, Silvia e Lauri Pavan

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a honra de chegar até aqui, e me proporcionar tantas alegrias e aprendizados.

À minha amada mãe Silvia C. M. Pavan e ao meu amado pai Lauri Pavan pela formação pessoal, pela educação e amor ao próximo, por não me deixarem desistir dando-me amor e apoio psicológico, estrutural e financeiro que necessitei ao longo dessa caminhada.

À minha querida Irmã Daiane Pavan por compartilhar comigo seu conhecimento e também me apoiar nas muitas decisões que precisei tomar.

Ao meu namorado Saulo F. Cardoso, por sempre estar comigo, mesmo quando eu não tinha muito tempo para estar com ele, me compreendendo e me auxiliando nas inúmeras atividades e tarefas, dando seu melhor e me apoiando pacientemente.

À minha professora-orientadora Betania Brum de Bortolli pelas orientações e por me conceder sua companhia, seu tempo, seu esforço, sua dedicação, seu conhecimento e sua paciência, me apoiando desde o início desta caminhada, dando seu melhor para minha formação não somente profissional mas também pessoal.

Ao meu coorientador Marcos Antonio de Bortolli e seus pais, por cederem parte de sua propriedade em prol do desenvolvimento científico e tecnológico, estando presente e nos acompanhando em todas as etapas do trabalho, demonstrando muito esforço e dedicação.

A todos os professores do curso, que deram o seu melhor, repassando conhecimento de cada área e um ensino de qualidade.

Aos colegas e amigos que estiveram comigo ao longo desta caminhada dividindo as melhores e inesquecíveis experiências que levarei para o resto da vida.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a todos os seus servidores e colaboradores, que fazem com que esta seja uma universidade pública com ensino de qualidade e reconhecimento nacional.

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

Chico Xavier

RESUMO

PAVAN, Amanda. Rendimento de grãos e decomposição de resíduos de soja em cultivo tradicional e em sistema de integração lavoura-pecuária. 56 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2019.

A integração lavoura-pecuária (ILP) visa associar na mesma área duas atividades, lavoura e pecuária, tornando-o um sistema complexo que engloba fatores físicos, químicos e biológicos do solo, além da reciclagem de nutrientes. Os solos do sudoeste do Paraná são caracterizados por sua profundidade e presença de alumínio tóxico em sua solução, o que leva a redução do desenvolvimento das culturas; a calagem e gessagem são técnicas realizadas para que haja uma mudança nesse cenário, deixando o solo menos ácido e mais produtivo. Com base nisso, o presente trabalho visou analisar o efeito de diferentes correções de solo, associado a diferentes métodos de semeadura, nos sistemas de integração lavoura-pecuária (área pastejada no inverno) e plantio direto (área sem pastejo no inverno), sobre a produtividade da cultura da soja (*Glycine max*(L.)), além de avaliar a decomposição residual desta cultura. Os experimentos (um sobre aveia pastejada no inverno e outro sobre aveia não pastejada) foram conduzidos em sistema de integração lavoura pecuária e plantio direto, no município de Vitorino-PR, no esquema bifatorial 2 x 4, em parcelas subdivididas. Na parcela principal foram alocadas as combinações de dois métodos de semeadura (disco duplo desencontrado e haste sulcadora); e, na subparcela quatro diferentes correções (sem correção, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso + dose recomendada de calcário), no delineamento bloco ao acaso, com quatro repetições. As variáveis produtivas analisadas foram altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens planta⁻¹ (NVP), número de grãos vagem⁻¹ (NGV), rendimento de grãos (Kg ha⁻¹) (REND) e peso de 1000 grãos (g) (PMG). Para os componentes de rendimento foram inicialmente verificados os pressupostos da anova e, posteriormente, realizada análise de variância em esquema bifatorial, 2 x 4, em parcelas subdivididas, no DBA, em nível de 5% de probabilidade de erro, desdobrando as interações por meio do teste de Tukey para comparação entre médias, quando necessário. Para a análise de decomposição da massa seca (MS), foi realizada análise de variância, e posteriormente, as interações foram desdobradas ajustado-se um modelo exponencial simples para cada situação estudada. Os dados foram analisados por meio do programa computacional RBIO e GENES e os gráficos gerados no programa SigmaPlot®, versão 12.5. Para o experimento realizado em área pastejada, NGV foi superior quando realizada semeadura com uso de haste sulcadora e, o maior PMG foi obtido associando o uso de haste sulcadora com correção via calcário. Para o experimento sem pastejo o uso de disco duplo desencontrado apresentou maior rendimento de grãos, bem como a maior altura de inserção da primeira vagem, quando associado a correção com uso de gesso. A decomposição dos resíduos da cultura da soja é acelerada, bem como as demais espécies leguminosas, promovendo uma baixa cobertura do solo.

Palavras-chave: *Glycine max*(L.). Semeadura. Correção. Massa seca residual.

ABSTRACT

PAVAN, Amanda. Grain yield and soybean residue decomposition in traditional cultivation and crop-livestock integration system. 56 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2019.

The integrated systems of agricultural production (ILP) aim to associate two activities in the same area, farming and livestock, making it a complex system that encompasses physical, chemical and biological factors of the soil, in addition to the recycling of nutrients. The soils of the southwest of Paraná are characterized by their depth and presence of toxic aluminum in their solution, which leads to reduced crop development; liming and plastering are techniques performed to change this scenario, leaving the soil less acidic and more productive. Based on this, the present study aimed to analyze the effect of different soil corrections, associated with different seeding methods, in the crop-livestock integration systems (area pastured in winter) and no-till farming (area without pasture in winter), on the productivity of soybean cultivation (*Glycine max*(L.)), in addition to evaluating the residual decomposition of this crop. The experiments (one on grazed oats in winter and the other on ungrazed oats) were conducted in an integrated system of cattle ranching and direct planting in the municipality of Vitorino-PR, in the 2 x 4 bifactorial scheme, in subdivided parcels. In the main plot, the combinations of two seeding methods (mismatched double disc and furrower rod) were allocated; and in the sub-plot, four different corrections (no correction, recommended dose of plaster, recommended dose of limestone, recommended dose of plaster + recommended dose of limestone), in the random block design, with four repetitions. The productive variables analyzed were plant height (AP), first pod insertion height (AIPV), number of plant-1 pods (NVP), number of pod-1 grains (NGV), grain yield (Kg ha⁻¹) (REND) and weight of 1000 grains (g) (PMG). For the yield components were initially verified the assumptions of the anova and then performed analysis of variance in bifactorial scheme, 2 x 4, in subdivided plots, in DBA, at a level of 5% probability of error, deploying the interactions by means of the Tukey test for comparison between means, when necessary. For the analysis of dry mass decomposition (MS), analysis of variance was performed, and subsequently, the interactions were unfolded adjusting a simple exponential model for each situation studied. The data were analyzed using the computer program RBIO and GENES and the graphs generated in the program SigmaPlot®, version 12.5. For the experiment carried out in pastured area, NGV was higher when sowing with a furrower rod and the highest PMG was obtained by associating the use of furrower rod with correction via limestone. For the non-pasture experiment, the use of a mismatched double disc showed higher grain yield, as well as a higher insertion height of the first pod, when associated with correction using plaster. The decomposition of soybean crop residues is accelerated, as well as other leguminous species, promoting a low soil coverage.

Keywords: *Glycine max* (L). Seeding. Correction. Residual dry mass.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Croqui dos experimentos com e sem pastejo em esquema bifatorial 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= manejo da semeadura da cultura de verão– haste sulcadora ou disco duplo desencontrado; e, Fator D= corretivos da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo), no delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições. Vitorino-PR, 2018/2019. 28
- Figura 2: Matéria seca remanescente (MSR) em % da cultura da soja em função de dias após a deposição da palhada: 0, 15, 30, 45, 65, 85, 105, 135, 165 dias; cultivada em dois experimentos: experimento 1- semeadura da soja com uso de disco duplo desencontrado (A) e uso de haste sulcadora (B) sobre área com aveia preta pastejada no inverno; experimento 2- semeadura da soja com uso de disco duplo desencontrado (C) e uso haste sulcadora (D) sobre área com aveia preta não pastejada; associados a diferentes métodos de correção do solo: testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo, dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso e, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; no delineamento bloco ao acaso com quatro repetições. Vitorino-PR, 2018-2019..... 40

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Caracterização química das áreas experimentais pastejada e não pastejada no período de inverno. Vitorino -PR, 2019..... 28
- Tabela 2– Resumo da análise de variância (GL= graus de liberdade e quadrados médios) do experimento com pastejo em esquema bifatorial 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= manejo da semeadura da cultura da soja– haste sulcadora ou disco duplo desencontrado; e, Fator D= formas de correção/condicionamento da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo), no delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições, para os componentes de rendimento da cultura da soja: Número de vagens planta⁻¹ (NVP), Número de grãos vagem⁻¹ (NGV), Número de grãos planta⁻¹ (NGP), Altura de inserção da primeira vagem (AIPV, em cm), Altura de planta (AP, em cm), Peso de mil grãos (PMG, em g), Peso de grãos planta⁻¹ (PGP, em g); e, para o Rendimento de grãos (REND, em Kg ha⁻¹).Vitorino-PR, 2018-2019..... 33
- Tabela 3– Médias da variável número de grãos planta⁻¹ (NGP) em condição de semeadura com disco duplo desencontrado e com haste sulcadora em sistema de integração lavoura-pecuária. Vitorino-PR, 2018-2019..... 34
- Tabela 4– Médias do componente de rendimento peso de mil grãos (PMG) sob efeito dos fatores A (manejo da semeadura da cultura da soja – haste sulcadora ou disco duplo desencontrado) e fator D (corretivos da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo) em sistema de integração lavoura-pecuária. Vitorino-PR, 2018-2019..... 35
- Tabela 5– Resumo da análise de variância (GL= graus de liberdade e quadrados médios) do experimento sem pastejo em esquema bifatorial 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= manejo da semeadura da cultura da soja– haste sulcadora ou disco duplo desencontrado; e, Fator D= formas de correção/condicionamento da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo), no delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições, para os componentes de rendimento da cultura da soja: Número de vagens planta⁻¹ (NVP), Número de grãos vagem⁻¹ (NGV), Número de grãos planta⁻¹ (NGP), Altura de inserção da primeira vagem (AIPV, em cm), Altura de planta (AP, em cm), Peso de mil grãos (PMG, em g), Peso de grãos planta⁻¹ (PGP, em g); e, para o Rendimento de grãos (REND, em Kg ha⁻¹).Vitorino-PR, 2018-2019..... 36
- Tabela 6– Médias da variável rendimento de grãos de soja (REND, em kg ha⁻¹) em semeadura com disco duplo desencontrado e com haste sulcadora sobre área de aveia preta não pastejada no inverno em Vitorino-PR, 2018-2019.....37
- Tabela 7– Médias do componente de rendimento de grãos altura de inserção da primeira vagem (AIPV, em cm) da soja sob efeito dos fatores A (manejo da semeadura da cultura de verão– haste sulcadora ou disco duplo desencontrado) e fator D (formas de correção/condicionamento da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo) sobre área de aveia preta não pastejada no inverno. Vitorino-PR, 2018-2019.....38

Tabela 8: Graus de liberdade (GL) e valores de p da análise de medidas repetidas para a variável matéria seca remanescente de litter bags de soja (%) cultivada sobre área de aveia preta pastejada no inverno e sobre área não pastejada no inverno, com modelo de matriz de covariância auto-regressiva heterogênea de um experimento bifatorial conduzido no delineamento blocos ao caso em que foram avaliadas no fator A, oito situações de manejo da semeadura correção/condicionamento da acidez do solo; e no, fator D, oito tempos de coleta de litter bags.. Vitorino-PR, 2019.....39

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
PR	Unidade da Federação – Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

AIPV	Altura de inserção da primeira vagem
AP	Altura de planta
cm	Centímetro
CV	Coefficiente de variação
DBA	Delineamento Bloco ao acaso
DD	Dias
GL	Grau de liberdade
ha	Hectare
Kg	Quilograma
MS	Massa seca
NGP	Número de grãos planta ⁻¹
NGV	Número de grãos vagem ⁻¹
NVP	Número de vagens planta ⁻¹
PGP	Peso de grãos planta ⁻¹
PMG	Peso de mil grãos
PP	Parcela principal
QM	Quadrado médio
REND	Rendimento Kg ha ⁻¹
ILP	Integração lavoura-pecuária
SP	Subparcela
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UE	Unidade experimental
R ²	Coefficiente de determinação

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA.....	18
3.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ILP.....	19
3.3 QUÍMICA E FERTILIDADE DO PERFIL DOS SOLOS EM ILP.....	20
3.4 ACIDEZ, CALAGEM E GESSAGEM.....	22
3.5 MÉTODOS DE SEMEADURA DA CULTURA DE GRÃOS.....	24
3.6 DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS.....	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 PRODUTIVIDADE.....	32
5.2 LITTER BAG.....	37
6 CONCLUSÕES	43
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

No sistema convencional, as práticas inadequadas e intensivas de revolvimento e preparo do solo trouxeram como consequência, aos solos brasileiros, degradação física e química, verificadas pela desestruturação, presença de camadas compactadas, redução da fertilidade natural e acidificação, com presença de alumínio tóxico na solução do solo. (COSTA, 2015; LOPES; SILVA; GUILHERME, 1990).

O problema da acidificação dos solos nas camadas superficiais foi corrigido por meio da calagem (COSTA, 2015), porém o mesmo persistia nas camadas mais profundas, desta forma, o uso de gesso agrícola tornou-se uma alternativa para “correção” da acidez do solo em camadas subsuperficiais (SORATTO; CRUSCIOL, 2008), o que possibilita a planta, aprofundar o crescimento de raízes e, desta forma expressar seu potencial de crescimento e desenvolvimento.

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) integram duas atividades, produção animal e produção de grãos, visando uma agricultura mais sustentável e ecoeficiente quanto à utilização dos recursos naturais (ASSMANN; SOARES; ASSMANN, 2008). Apesar disso, este sistema apresenta algumas limitações, tais como a escolha do local ideal para realizar o consorciamento, momento ideal da entrada e saída dos animais na área e, a forragem a ser utilizada. Porém, se executado de maneira correta pode trazer diversos benefícios ao produtor e a propriedade rural (ALVARENGA; NOCE, 2005).

Em áreas cultivadas em ILP no sistema de plantio direto há produção elevada de matéria seca que é, ao término de cada ciclo de cultivo, depositada sobre o solo na forma de palhada. Além disso, em solos com elevado teor de argila também ocorre maior compactação das camadas superficiais do solo ocasionadas pelos pisoteio animal no pastejo de inverno. Em função disso, há necessidade de avanço em relação às técnicas de semeadura, sendo necessárias semeadoras capazes de realizar o corte de palhada, abertura de sulcos, fechamento e compactação dos mesmos (SILVA, 2003).

A decomposição residual é um processo natural que favorece a ciclagem de nutrientes, melhorando as qualidades físicas, químicas e biológicas do

solo; contudo esta pode ser aprimorada por meio de manejos adequados e uso de culturas com elevada deposição de matéria vegetal. A mensuração da decomposição residual é realizada por meio de sacos de decomposição denominados Litter Bag, que fornece o montante de matéria seca decomposta ao longo de um determinado período de tempo.

A integração lavoura-pecuária é amplamente estudada e citada por diversos autores (CARVALHO *et al.*, 2015; LANZANOVA *et al.*, 2007; SPERA *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2009; ASSMANN; SOARES; ASSMANN, 2008; PIERRI, 2014) que visam entender o efeito dos animais sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo, além da ciclagem de nutrientes e o potencial produtivo das culturas de interesse econômico nesse sistema.

No entanto, apesar dos inúmeros estudos e resultados reportados na literatura sobre o comportamento de características químicas do solo em ILP, ainda há necessidade de estudar e entender como ocorre a decomposição da matéria seca (MS) em solos argilosos, quando submetidos a combinações de diferentes corretivos do solo e métodos de semeadura, bem como, avaliar o comportamento da decomposição residual da MS em área na qual se utiliza ILP e em área não pastejada (forragem de inverno para cobertura do solo com cultivo de grãos no verão).

A palhada em decomposição é responsável pela liberação de nutrientes que podem ser aproveitados para o crescimento e desenvolvimento das plantas sucessoras; além de proporcionar proteção ao solo, favorecendo sua estrutura física e biológica. Além disso, acredita-se que a taxa de decomposição da palhada em um solo argiloso quando submetido a diferentes combinações entre corretivo/condicionador da acidez do solo, métodos de semeadura da cultura de grãos sobre área pastejada e não pastejada no inverno ocorra de forma diferenciada e que o sistema ILP combinado à presença de gesso e uso de haste sulcadora acelere a disponibilidade de nutrientes às plantas, por conta da abertura de fissuras pelo sulcador, associado ao maior crescimento radicular promovido pela disponibilização de gesso e presença de canais preferenciais criados por organismos como minhocas que são favorecidos pela matéria orgânica muito presente no sistema de integração lavoura-pecuária; sendo o objetivo deste trabalho

estudar se estes fatores interagem entre si e diferem quanto ao rendimento de grãos da cultura da soja.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o rendimento de grãos e a decomposição dos resíduos vegetais da cultura da soja quando submetida a combinações entre calcário e gesso agrícola, além de dois diferentes métodos de semeadura sobre área de aveia preta com e sem integração lavoura-pecuária.

2.2 ESPECÍFICOS

Comparar o efeito de combinações entre corretivo/condicionador da acidez do solo e métodos de semeadura da cultura de grãos em área com e sem integração lavoura-pecuária no inverno sobre os componentes de rendimento e o rendimento de grãos de soja.

Verificar o efeito e combinações entre corretivo/condicionador da acidez do solo e métodos de semeadura da cultura de grãos em área com e sem integração lavoura-pecuária no inverno sobre a decomposição de resíduos da cultura da soja.

Estimar a decomposição da matéria seca no tempo, em diferentes combinações entre corretivo/condicionador da acidez do solo e métodos de semeadura da cultura de grãos em área com e sem integração lavoura-pecuária.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O intensivo pastejo em áreas com forragens nativas provocaram sua degradação com o passar dos anos (MACEDO, 2009), sendo necessárias pesquisas por alternativas viáveis e de uso correto das mesmas. O sistema de integração lavoura-pecuária foi uma das possibilidades encontradas e consiste, basicamente, na integração de duas formas de produção em determinada área no mesmo ano (produção animal, no inverno e produção de grãos, no verão), diversificando-as. Esta associação possibilitou o crescimento e equilíbrio econômico do produtor rural, redução dos custos de produção, preservação do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis e não renováveis como o Fósforo e o Potássio (FABRICIO; MACHADO; SALTON, 1999; ALVADI; MORAES; PELISSAR, 2009).

O intuito do sistema de integração lavoura-pecuária, segundo Alvarenga e Noce (2005) são, a reabilitação das áreas de pastagens degradadas, beneficiamento das propriedades físico-químicas do solo por meio da palhada depositada sobre o mesmo, produção de forragens e grãos limitando a dependência por materiais e serviços externos à propriedade, fato que, reduz os custos decorrentes das atividades de lavoura e pecuária. Este sistema possui inúmeras vantagens, sendo o aumento da qualidade do solo por meio da ciclagem dos nutrientes e da incorporação de carbono duas delas. Os animais realizam mastigação e digestão, processos pelos quais ocorre redução do tamanho e aumento da área específica das partículas que, quando defecadas pelo animal e em contato com o solo, são decompostas e mineralizadas rapidamente (ALVADI; MORAES; PELISSAR, 2009). Segundo Santos *et al.* (2011), a integração lavoura-pecuária é muito mais eficiente se comparado a lavoura ou pecuária executados de forma isolada.

Entretanto, a escolha do local onde realizar o consorciamento e a forragem a ser utilizada são limitantes e de extrema importância para o bom funcionamento deste sistema. A entrada dos animais na área de pastejo é limitada

por fatores como a friabilidade, este pode acarretar prejuízos nas propriedades físicas do solo por meio da compactação das camadas superficiais, que delimitará o crescimento radicular das plantas além da infiltração e percolação da água no solo (ALBUQUERQUE; SANGOI; ENDER, 2001). A forragem deve ser cuidadosamente selecionada, levando-se em conta a cultura a ser implantada em consórcio, para que não haja limitação no crescimento devido à competição, que pode ou não ocorrer entre uma espécie e outra (PARIZ *et al.*, 2009).

A aveia preta é a cultura hibernal mais amplamente utilizada para pastejo no sul do Brasil decorrente do elevado rendimento de matéria seca, facilidade de aquisição de sementes, implantação e manejo, além da rusticidade e rápido crescimento, promovendo boa cobertura do solo em um curto período de tempo (SILVA, 2007). Em sistemas de manejo onde são utilizadas espécies como a aveia preta, ocorre maior estabilização dos agregados, preservando de forma física a matéria orgânica (FERRAZZA, 2016); ainda, segundo Ferolla (2005) a aveia preta possui uma deposição de cerca de 8 t ha⁻¹ de massa seca, podendo ser pastejada, em condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura, após 45 dias de sua instalação a campo. Lope *et al.* (2009) ao estudar o efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja, encontraram que o estabelecimento desta cultura é afetado de forma negativa com a redução da matéria seca residual da pastagem; contudo a produtividade da soja não é afetada pela presença dos animais. Diante destas afirmações é possível considerar o cultivo da aveia preta promissor, e benéfico ao sistema.

3.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ILP

O estudo físico do solo engloba diferentes fatores, desde a textura até a estrutura na busca por um melhor manejo e uso do mesmo. Para avaliar a estrutura de um solo, os principais indicativos são a densidade, macro e micro porosidade e os efeitos dos mesmos na infiltração e retenção de água. A densidade é um indicativo da compactação do solo, esta expressa à relação entre a quantidade total de solo seco por unidade de volume de sólidos e de poros do solo. A porosidade esta associada à densidade, este é um indicador do espaço não

ocupado por partículas sólidas; são os canais pelos quais circula a água no solo. Esta pode ser classificada em micro e macro porosidade levando-se em consideração o tamanho dos poros no solo, sendo que a microporosidade é pouco afetada pela gravidade logo é responsável pela retenção da água no solo, já a macroporosidade (altamente afetada pela gravidade) proporciona maior passagem de ar pelo mesmo (REICHERT; REICHERT, 2006).

Por ser uma área sujeita ao constante pisoteio animal, é de se esperar que a estrutura de um solo em ILP apresente baixa qualidade quanto à densidade, macro e micro porosidade, porém não é o que ocorre. Citada na literatura por diversos autores, a densidade é afetada pelo pisoteio animal apenas nas camadas superficiais (0-5 cm) (CARVALHO *et al.*, 2015; LANZANOVA *et al.*, 2007; SPERA *et al.*, 2012).

A pastagem pode afetar os fatores físicos do solo, uma boa escolha favorece a cobertura do solo por um período considerável de tempo, além de realizar o sequestro de carbono e produção de fotoassimilados durante sua fase vegetativa (SILVA *et al.*, 2014). Ainda, segundo Assmann *et al.* (2016), o pasto faz com que o solo fique menos sujeito à compactação, possibilitando aumento de infiltração e retenção de água, reduzindo o processo de erosão e escoamento superficial.

Outro fator, não menos importante é o intervalo de pastejo dos animais, citado por Lanzanova *et al.* (2007), quanto menor o tempo de pousio antes que o gado retorne ao pasto menor a macroporosidade e porosidade total na camada superficial do solo.

O controle da taxa de lotação e verificação da umidade do solo durante os tratos culturais é muito importante quando se trata de compactação superficial, pois o encrostamento desta camada do solo, é um dos fatores limitante para o arranque e desenvolvimento inicial da cultura de grão como a soja (MODOLO *et al.*, 2008).

3.3 QUÍMICA E FERTILIDADE DO PERFIL DOS SOLOS EM ILP

Considerado como um excelente sistema de ciclagem de nutrientes, o ILP favorece a microbiota do solo e os elementos essenciais para sua manutenção,

além de proporcionar absorção de nutrientes que ficam ligados a compostos orgânicos, pelas pastagens, minimizando perdas por erosão e lixiviação (ASSMANN *et al.*, 2016).

Segundo estudos realizados por Carvalho *et al.* (2015), o ILP mostrou-se sustentável quimicamente, uma vez que, o intenso manejo dos solos possibilitou incremento no volume total de macronutrientes e fertilidade de solos; Ainda segundo o autor, estes solos apresentaram pH (CaCl₂) em torno de cinco, responsável este por uma possível solubilização e complexação do alumínio (Al) nas camadas superiores dos solos analisados. A complexação é o processo pelo qual o Al presente na solução se liga de forma vigorosa a fração orgânica, não entrando em contato direto com a cultura, e não afetando seu desenvolvimento. Pereira *et al.* (2009), de forma distinta, não encontraram diferença significativa nas propriedades químicas do solo nas camadas superficiais; buscaram então, avaliar o efeito da associação de soja com *Brachiaria decumbens* nas camadas subsuperficiais do solo, verificando que as variáveis pH, MO, P, K, Ca e Mg reduzem com o aumento da profundidade analisada; sendo que, o consórcio favoreceu o aumento de potássio.

A liberação de nitrogênio, fósforo e potássio após a deposição da matéria seca sobre o solo ocorre de forma rápida nos primeiros dias de deposição, não sendo recomendada dessecação antecipada, pois poderia haver perda e lixiviação de nutrientes, que supririam parcialmente a demanda da cultura sucessora (BORTOLLI, 2016). A parede celular é composta por lignina, celulose e hemicelulose, sendo as duas últimas de mais fácil decomposição; em áreas sem pastejo onde ocorre o pousio nas estações do inverno o material ficará mais lignificado, ou seja, de mais difícil decomposição, sendo assim, ao ser depositado sobre o solo, não disponibilizará satisfatoriamente os nutrientes além de prejudicar a plantabilidade por embuchamento.

Decorrente da falta de incorporação física pelo revolvimento do solo, a mineralização da matéria orgânica é reduzida, enquanto o ILP age positivamente sobre o acréscimo dos teores de nutrientes, promovendo uma maior deposição de matéria orgânica, além disso, nestas áreas, os organismos responsáveis pela criação de canais que favorecem o desenvolvimento radicular, são favorecidos pela

constante deposição de matéria orgânica por meio de fezes e urina, resultando em melhor desenvolvimento e conseqüentemente no aumento significativo dos componentes de rendimento de grãos das culturas.

Entretanto a fertilidade do solo é influenciada pela escolha da forragem, uma boa escolha pode levar a maior produção de fitomassa e, conseqüentemente, suprir as necessidades nutricionais do animal, favorecendo o retorno dos nutrientes para o solo por meio de fezes e urina, além de proporcionar cobertura e proteção adequada ao solo. O consórcio de gramíneas (aveia + azevém) com leguminosa de estação fria possibilita o aumento do período de pastejo e, resultando em maior rendimento animal no sistema de integração lavoura-pecuária (ASSMANN *et al.*, 2004).

Vale ressaltar que é necessária uma adubação nitrogenada equilibrada da pastagem de inverno, para que a mesma desempenhe seu potencial, suprimindo as necessidades dos animais e promovendo uma boa cobertura do solo (ASSMANN *et al.*, 2018). Assmann *et al.* (2010) afirmam que a produção animal e de massa forragem são assegurados somente pelo uso de nitrogênio via fertilização química sendo que, o não cumprimento da demanda de nitrogênio pode levar à degradação do solo e do sistema; plantas da família fabaceae como o trevo branco, podem contribuir com fornecimento de nitrogênio resultante da fixação biológica em sistema de integração lavoura-pecuária (ASSMANN *et al.*, 2007).

3.4 ACIDEZ, CALAGEM E GESSAGEM

O solo é o meio pelo qual as plantas se desenvolvem e absorvem os nutrientes necessários para seu crescimento e desenvolvimento, este possui características físicas e químicas facilmente modificadas pelo homem, sendo a acidez uma delas. O pH do solo é extremamente limitante para o desenvolvimento das plantas por ocasionar à absorção: efeitos diretos (competição entre o hidrogênio e os demais íons do solo) e, efeitos indiretos (disponibilidade ou não de nutrientes) (FAQUIN, 2005).

A acidez é um problema característico e muito presente em nossos solos brasileiros (COSTA, 2015; LOPES *et al.*, 1990) e pode ser subdividida em

duas esferas: acidez ativa, caracterizada pelos íons de hidrogênio (H^+) dissociados na solução do solo; e, acidez passiva, caracterizada pela presença de íons de hidrogênio (H^+) e alumínio (Al^{+3}) aderidos aos coloides do solo (PITTA *et al.*, 2008).

A recomendação de calagem não é algo simples de ser realizada, pois deve ser levado em consideração não somente as características químicas do solo, mas também as características da propriedade agrícola, tais como: cultura de interesse e sua expectativa de rendimento, tipo de solo, histórico da área e características da mesma (PITTA *et al.*, 2008)

Seguindo o princípio de mínimo revolvimento do solo do sistema de plantio direto, para que não haja desestruturação por meio de gradagem e demais manejos, o calcário passou a ser aplicado em cobertura, exercendo ação neutralizante dos íons de Al e aumento nos teores de Ca e Mg trocáveis nas camadas superficiais (LOPES *et al.*, 2000; CAIRES *et al.*, 2002; CAIRES *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2001; PIERRI *et al.*, 2014; SOARETTO; CRUSCIOL, 2008; SANTOS *et al.*, 2010).

O calcário precisa neutralizar as camadas superficiais para só então ser lixiviado e neutralizar as camadas mais profundas, sendo necessário um longo período de tempo para que isto ocorra (COSTA, 2015; PAULETTI, *et al.*, 2014). Segundo Caires *et al.* (2002) a aplicação de doses de calcário na superfície de solos argilosos, após 92 meses, proporcionou aumento significativo no pH e na saturação por bases, nas profundidades de 0 à 60 cm. Ranzan *et al.* (2013) constataram alteração nos atributos químicos do solo nos primeiros 10 cm superficiais após três anos da aplicação; Já Fontoura *et al.* (2019) afirmam que, calagem superficial em solos subtropicais moderadamente ácidos, foi eficiente na camada de -0,60 cm já no primeiro ano após a aplicação.

O calcário composto por carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e carbonato de magnésio ($MgCO_3$) reage dissociando-se e liberando duas hidroxilas, as quais neutralizam o Al^{3+} tóxico presente na solução do solo. O gesso agrícola composto por sulfato de cálcio ($CaSO_4$), originado através da reação do Ácido Sulfúrico (ácido forte) com rocha fosfatada moída para a produção de Ácido Fosfórico, por isso não é dissociado, não neutralizando os íons H^+ existentes no solo responsável pelo incremento da acidez do solo; contudo se liga a nutrientes como cálcio, magnésio e

potássio conduzindo-os no perfil do solo em maiores profundidade, o que promove um balanço positivo de bases nas camadas mais subsuperficiais. No entanto, o uso de gesso agrícola pode ser prejudicial quanto à disponibilidade destes nutrientes por lixiviá-los, em especial o Mg, tornando-os indisponíveis para as culturas sucessoras (PIERRI *et al.*, 2014; SOARETTO; CRUSCIOL, 2008).

Os agricultores são induzidos ao uso indiscriminado de gesso em áreas onde não se tem necessidade, isso se deve a elevada geração deste subproduto na forma de resíduo pela indústria de adubos fosfatados (Superfosfato Triplo (STP), MAP e DAP), sendo que, para cada tonelada de P_2O_5 na forma de Ácido Fosfórico, produz-se de quatro a cinco toneladas de Gesso Agrícola.

Representantes comerciais, promovem o uso de gesso divulgando seus efeitos benéficos na correção da acidez do solo, contudo diversos trabalhos (PAULETTI *et al.*, 2014; CAIRES *et al.*, 2006; TIECHER *et al.*, 2018; FONTOURA *et al.*, 2019) tem mostrado que o gesso condiciona o Al^{3+} e não corrige o H^+ , responsável pelo incremento do pH em CaCl. Desta forma o uso de gesso se faz necessário apenas quando se tem deficiência de enxofre, déficit hídrico frequente, presença de Al^{3+} em profundidade e solo com estratificações.

O gesso, além de servir como condicionante do solo, também estimula o aprofundamento radicular por levar até as camadas mais profundas nutrientes essenciais às plantas, estimulando a busca pelos mesmos; este fenômeno é de extrema importância quando se trata de estresse por deficiência hídrica nas estações mais secas pois, um bom desenvolvimento radicular permite a absorção de água e nutrientes retidos em profundidade. Tiecher *et al.* (2018) relata que independentemente da deficiência hídrica, a aplicação de gesso, em solos com elevada acidez subsuperficial, aumentou o rendimento do milho e de cereais de inverno; contudo este resultado não se repetiu para a cultura da soja, esta, só respondeu positivamente ao gesso, quando submetida simultaneamente a elevada acidez subsuperficial e deficiência hídrica.

3.5 MÉTODOS DE SEMEADURA DA CULTURA DE GRÃOS

O plantio direto foi introduzido no sudoeste do Paraná na década de 1970 e visava inicialmente à redução da erosão hídrica (PACHECO; MARINHO, 2001), com o passar dos anos e o aprimoramento desta área, o sistema englobou um conjunto de procedimentos conservacionistas, entre estes o mínimo revolvimento do solo.

Pacheco e Marinho (2001) citam como integração deste sistema, além da redução das plantas invasoras, também a eliminação do preparo do solo, formação de camada de cobertura morta (essencial para a proteção contra agentes causadores de erosão proporcionando boas condições biológicas, físicas e químicas do solo), rotação e sucessão de cultura, uso de semeadoras específicas que realizam o corte da palhada e abertura de sulcos apenas nas linhas de semeadura.

Vale ressaltar que, mesmo com o uso deste sistema, ocorre compactação da camada superficial do solo (NUNES *et al.*, 2014) devido ao tráfego animal (quando integrado à pecuária) e de demais máquinas na área, para a realização de adubações e controles fitossanitários de pragas, doenças e plantas invasoras. As camadas compactadas reduzem o desenvolvimento satisfatório da cultura, sendo necessária a utilização de sulcadores na hora da semeadura (CEPIK; TREIN; LEVIEN, 2005), proporcionando assim, segundo Nunes *et al.* (2014), o aumento da macroporosidade e da porosidade total reduzindo a densidade e a resistência do solo à penetração na linha de semeadura.

Existem diversos tipos de sulcadores, tais como: guilhotina, haste, disco duplo entre outros. O sulcador tipo guilhotina é uma associação entre disco de corte e um cinzel sulcador e, como citado por Camara e Klein (2005) apresenta maior penetração no solo, semelhante ao sulcador tipo haste que é caracterizado pela retirada de uma maior quantidade de matéria seca, exigindo assim uma maior força de tração (FRANCETTO *et al.*, 2015; SILVA, 2003; BERTO; YANO; BONACIN, 2010). O sulcador tipo disco mantém uma maior quantidade de palhada sobre o solo, possui maior força e potência na barra de tração, eficiência no consumo de combustível e capacidade de campo efetiva, porém não é eficaz na descompactação das camadas mais profundas (SILVA, 2003). Nunes *et al.* (2014) afirmam que o uso de haste sulcadora na hora do plantio pode proporcionar aumento da macroporosidade e porosidade total do solo, reduzindo conseqüentemente a

densidade e resistência à penetração, especialmente na linha de semeadura onde persiste a maior camada compactada. Quanto às características químicas do solo, foi observada redução significativa na estratificação no perfil, dando ênfase aos macronutrientes fósforo e potássio.

A superlotação e baixa disponibilidade de forragem é um problema relevante quanto se trata de compactação pois levam o animal à procura por alimento em diferentes áreas; este pisoteio altera as características físicas do solo causando adensamento das partículas. Segundo Modolo *et al.* (2013) em áreas com sobrecarga animal, uma alternativa é a utilização do mecanismo haste sulcadora tipo haste na hora do plantio da cultura de grão já, em áreas onde a taxa de lotação é controlada, o mecanismo sulcador tipo disco duplo desconstruído é o mais indicado, garantindo assim elevada produtividade das culturas subsequentes.

3.6 DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS

A decomposição de resíduos vegetais é um fator limitante para o desempenho do ecossistema, pois favorece a ciclagem de nutrientes, melhorando a qualidade física, química e biológica do solo por meio da incorporação e conservação da matéria orgânica. O processo é ordenado por meio de fatores bióticos como clima, temperatura e umidade e, por fatores abióticos como relação carbono/nitrogênio, lignificação do material e fração solúvel do mesmo (PEGADO *et al.*, 2008). Ainda segundo Caires *et al.* (2006) as vantagens dos resíduos vegetais são muitas: mobilização dos cátions na superfície do solo, favorecimento da calagem por meio da liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular presentes na fração solúvel do resíduo e proteção do solo à erosão em estações de altos índices de pluviosidade (AITA *et al.*, 2001).

As plantas da família Fabaceae são utilizadas em grande escala pelos agricultores para adubação verde por apresentarem associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio, (BRUNO *et al.*, 2007), logo é de se esperar que com a senescência destas plantas, os nutrientes sejam gradualmente liberados no solo e contribuam para o desenvolvimento das plantas sucessoras;

A decomposição dos resíduos vegetais pode ser avaliada por meio da técnica de sacos de decomposição denominados litter bags. Os litter bags são constituídos de malha fina e distribuídos ao longo de uma determinada área, os mesmos possuem peso de massa seca conhecida; estes disponibilizam a velocidade de decomposição dos resíduos vegetais por meio da diferença entre o peso inicial de cada litter bag e a quantidade obtida através das pesagens ao longo do período de avaliação.

O processo de decomposição residual da matéria seca leva em consideração as entradas e saídas de nutrientes e renovação da eficiência do sistema, devendo ser levada em consideração no momento da recomendação de adubação da cultura sucessora (BORTOLLI, 2016).

Bortolli (2016) avaliou a decomposição da cultura do sorgo, milho e aveia preta em diferentes intensidades de pastejo e verificou que quanto maior a intensidade de pastejo menor a altura do pasto e menor quantidade de matéria seca remanescente. Em alta intensidade de pastejo, pela intensa renovação das lâminas foliares, ao serem depositados sobre o solo, os resíduos irão decompor mais rapidamente, devido a baixa rigidez e lignificação da parede celular, além da maior a exposição aos fatores bióticos e abióticos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos, um com e outro sem integração lavoura-pecuária, foram conduzidos em uma propriedade rural localizada no Município de Vitorino-PR (26°17'38.3"Sul 52°40'23.7" Oeste), no período de Outubro de 2018 a Outubro de 2019. O clima da região é, segundo Köppen, classificado como Cfb (MAAK, 1968) e o solo, classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, com relevo ondulado sendo a caracterização química do solo das áreas dos experimentos apresentada na tabela 1.

Tabela 1– Caracterização química do solo das áreas experimentais pastejada e não pastejada no período de inverno de 2018. Vitorino -PR, 2019.

Área com ILP											
Profundidade	MO	P	K	pH CaCl₂	Índice SMP	Al	Al+H	Ca	Mg	SB	V
00-05	67,51	9,50	0,59	5,75	6,30	0,01	4,02	8,21	4,40	13,21	76,47
05-10	56,63	5,03	0,19	5,06	5,80	0,06	6,16	6,24	3,49	9,91	61,62
10-20	48,59	2,31	0,13	4,75	5,61	0,21	6,88	4,36	3,15	7,64	52,61
20-30	34,18	2,18	0,10	4,54	5,54	0,47	7,10	3,04	2,46	5,60	44,03
30-40	27,14	2,18	0,09	4,41	5,45	0,62	7,58	2,60	2,08	4,77	38,52
40-50	29,15	1,81	0,08	4,28	5,33	0,96	8,29	2,09	1,80	3,96	31,75
Área sem ILP											
Profundidade	MO	P	K	pH CaCl₂	Índice SMP	Al	Al+H	Ca	Mg	SB	V
00-05	65,84	6,59	0,53	5,81	6,34	0,00	3,79	7,85	3,95	12,33	76,33
05-10	55,45	4,93	0,20	5,36	6,06	0,01	4,97	5,69	3,71	8,48	65,76
10-20	46,74	1,94	0,12	5,09	5,90	0,07	5,52	4,53	3,40	8,04	59,27
20-30	39,04	1,45	0,10	4,95	5,84	0,11	5,85	3,10	3,03	6,23	52,09
30-40	32,50	1,94	0,09	4,70	5,68	0,23	6,48	2,76	2,55	5,40	40,90
40-50	24,62	2,18	0,08	4,71	5,81	0,18	5,77	2,49	2,40	4,97	46,04

No período de outono/inverno 2018 um dos experimentos esteve sob efeito de pastejo de aveia preta no inverno e o outro, localizado em área contígua, sem pastejo, ou seja, foi cultivada aveia preta para cobertura.

O método de pastejo foi de lotação contínua com taxa de lotação variável usando bovinos matrizes da raça Brangus, sendo que o experimento possuía uma área de 1,3 ha onde foram alocados um total de três animais. Após a saída dos animais, o resíduo vegetal da área foi dessecado com a aplicação de 1,5 L ha⁻¹ de glifosate.

No dia 29 de Outubro de 2018 foi realizada a semeadura da soja em sistema de semeadura direta sobre a área de aveia que foi pastejada no inverno (Experimento 1) e sobre a área de aveia que não foi pastejada no inverno (Experimento 2).

Cada um dos experimentos foi instalado em esquema bifatorial (2 x 4) em parcelas subdivididas em blocos ao acaso com quatro repetições. Na parcela principal foram casualizados os manejos de semeadura (disco duplo desencontrado e haste sulcadora). Na subparcela foram casualizadas quatro diferentes formas de correção/condicionamento do solo [sem correção; dose recomendada de calcário (2000 kg ha⁻¹); dose recomendada de gesso (1000 kg ha⁻¹); mistura calcário (2000 kg ha⁻¹) + gesso (1000 kg ha⁻¹)], totalizando 32 unidades experimentais por experimento.

Foi utilizado espaçamento de 50 cm entrelinhas (Figura 1) e a adubação foi feita no sulco, com 350 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K, 02-20-15.

Figura 1– Croqui dos experimentos com e sem pastejo em esquema bifatorial 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= manejo da semeadura da cultura de verão– haste sulcadora ou disco duplo desencontrado; e, Fator D= corretivos da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo), no delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições. Vitorino-PR, 2018/2019.

EXPERIMENTO SEM PASTEJO								
Bloco 1	D4	D1	A2 D2	D3	D2	A1 D3	D1	D4
Bloco 2	D3	D2	A1 D4	D1	D1	A2 D4	D2	D3
Bloco 3	D4	D1	A2 D3	D2	D2	A1 D1	D4	D3
Bloco 4	D2	D4	A2 D1	D3	D4	A1 D2	D3	D1
EXPERIMENTO COM PASTEJO								
Bloco 1	D4	D1	A2 D2	D3	D2	A1 D3	D1	D4
Bloco 2	D3	D2	A1 D4	D1	D1	A2 D4	D2	D3
Bloco 3	D4	D1	A2 D3	D2	D2	A1 D1	D4	D3
Bloco 4	D2	D4	A2 D1	D3	D4	A1 D2	D3	D1

FATOR A:
A1= Semeadora com discos
A2= Semeadora com sulcador

FATOR D:
D1= Sem correção
D2= Dose recomendada de calcário
D3= Dose recomendada de gesso
D4= Mistura calcário + gesso

Para a avaliação da velocidade de decomposição os resíduos vegetais da soja, após a trilha dos grãos, foram coletados aleatoriamente amostras de palha em cada uma das parcelas estas foram secadas em estufa a 55 °C, por 72 horas, e pesadas. De cada amostra foram retiradas 20 g de matéria seca, colocadas

posteriormente em sacos de nylon com malha de 2 mm, medindo 20 x 20 cm. Os sacos de decomposição foram lacrados e distribuídos na área do experimento, após o plantio da aveia e coletados aos 15, 30, 45, 65, 85, 105, 135 e 165 dias após a deposição.

A avaliação da velocidade de decomposição foi calculada por diferença de peso, ou seja, a porcentagem do material remanescente, baseando-se na quantidade total (20 g) alocada no início das avaliações, menos a quantidade remanescente ao longo dos períodos de avaliação.

As taxas de decomposição da matéria seca (MS) dos resíduos culturais foi estimada ajustando-se um modelo de regressão não linear aos valores observados, conforme proposto por Wieder e Lang (1982).

O modelo ajustado conforme equação 1.

$$\text{Equação 1: } MSR = A^{e^{-ka \cdot t}} + (100-A) \quad (1)$$

Em que: MSR = porcentagem de MS remanescente em tempo t (dias); ka = taxas constantes de decomposição da MS; t= tempo (em dias após a deposição da matéria seca no solo)

O modelo considera que a MS dos resíduos culturais pode ser dividida em dois compartimentos. No modelo assintótico (Equação 1), apenas a MS é transformada, diminuindo exponencialmente com o tempo a uma taxa constante. A MS do segundo compartimento é considerada mais recalcitrante e, por isso, não sofre transformação no período de tempo considerado.

A qualidade de ajuste dos modelos foi verificada por meio do coeficiente de determinação (R^2), o qual indica o percentual de explicação da matéria seca remanescente que é devido à variabilidade no tempo de deposição, por meio da equação ajustada.

Após a escolha do modelo mais adequado foi calculado o tempo de meia vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que 50% da MS daquele compartimento seja decomposta. Para este cálculo foi utilizada a Equação 2, cuja dedução é apresentada em Paul e Clark (1996).

$$\text{Equação 2: } T_{1/2} = 0,693/k(a) \quad (2)$$

Para a avaliação dos componentes de rendimento na cultura da soja foram selecionados 4 m² no centro de cada unidade experimental, ou seja, duas linhas, com quatro metros cada uma. Posteriormente foram coletadas as plantas que estavam nessas linhas, aproximadamente 100 plantas. Inicialmente selecionou-se aleatoriamente cinco plantas para realizar a coleta dos dados referente a altura de planta (cm), altura de inserção da primeira vagem (cm), número de vagens planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹. Por fim, realizou-se a trilha das vagens e peneiramento dos grãos para a mensuração das variáveis rendimento de grãos (Kg ha⁻¹) e peso de mil grãos (g).

4.1 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para todas as variáveis analisadas foi realizada a verificação dos pressupostos da análise de variância e, quando necessário, foram efetuadas as devidas transformações de dados. Após, os dados foram submetidos à análise de variância (alfa= 5%) conforme esquema bifatorial 2x4, para ambos os experimentos (pastejado e não pastejado) em parcelas subdivididas e delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. O “fator A”, atribuído à parcela principal foram dois manejos da semeadura da cultura a soja – haste sulcadora ou disco duplo desconstruído; e, o “fator D” referente à subparcela, quatro formas de correção/condicionamento da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo.

Em relação aos componentes de rendimento, quando encontrada interação bifatorial significativa entre os fatores, as mesmas foram desdobradas e, posteriormente, submetidos a teste de Tukey (alfa= 5%) para comparações múltiplas de médias. Em ausência de interação o efeito principal significativo do fator A foi avaliado via teste F da anova e, o efeito principal do fator D tiveram suas médias comparadas com o teste de Tukey, ambos com índice de significância de 5%.

Para a taxa de decomposição de matéria seca, para cada um dos experimentos foi realizada análise de variância em esquema bifatorial medidas

repetidas no tempo e testadas as diferentes estruturas de matrizes de covariância por meio dos critérios BIC (Bayesian Information Criterion) e AIC (Akaike Information Criterion). Nessa análise, o “fator A” foi composto pelas combinações dos dois manejos de semeadura da soja e as quatro formas de correção/condicionamento do solo, totalizando oito níveis; e, o “fator D” foram os diferentes tempos de deposição da matéria seca (coletas) sobre o solo.

Na escolha da estrutura da matriz de covariância foi considerado o modelo de análise de medidas repetidas no tempo que forneceu os menores valores de BIC e AIC, que coincidem com os menores valores de quadrado médio do resíduo.

Posteriormente, foi realizada análise complementar por meio do ajuste do modelo não linear (Equação 1), desdobrando-se as interações dos tempos – Fator D, dentro das oito combinações – Fator A (manejos de semeadura x formas de correção/condicionamento do solo).

As análises foram realizadas fazendo uso dos aplicativos computacionais Genes (CRUZ, 2013), Rbio (BHERING, 2017) e SigmaPlot®, versão 12.5 (SYSTAT SOFTWARE, SAN JOSE, CA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 RENDIMENTO DE GRÃOS

Independente dos sistemas utilizados (com e sem ILP), o rendimento de grãos por área, em média, foi elevado sendo de 3434,12 Kg ha⁻¹ (57,24 sacas ha⁻¹) na área com ILP (Tabela 1) e de 3405,55 Kg ha⁻¹ (56,76 sacas ha⁻¹) na área sem ILP (Tabela 4), demonstrando que as condições de cultivo foram ideais para a cultura neste ano, além de serem representativas das situações reais da região. Destaca-se que, nesta safra agrícola, Pato branco apresentou a 3º maior produtividade média de grãos do estado, produzindo 3400 Kg ha⁻¹ (56,6 sacas ha⁻¹) (SEAB, 2019).

Tabela 2– Resumo da análise de variância (GL= graus de liberdade e quadrados médios) do experimento em sistema de integração lavoura-pecuária em esquema bifatorial 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= manejo da semeadura da cultura da soja– haste sulcadora ou disco duplo desencontrado; e, Fator D= formas de correção/condicionamento da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo), no delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições, para os componentes de rendimento da cultura da soja: Número de vagens planta⁻¹ (NVP), Número de grãos vagem⁻¹ (NGV), Número de grãos planta⁻¹ (NGP), Altura de inserção da primeira vagem (AIPV, em cm), Altura de planta (AP, em cm), Peso de mil grãos (PMG, em g), Peso de grãos planta⁻¹ (PGP, em g); e, para o Rendimento de grãos (REND, em Kg ha⁻¹). Vitorino-PR, 2018-2019.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		NVP	NGV	NGP	AIPV
Blocos	3	71,3300	0,0864	1531,2483	3,2033
Semeadura (Sem.)	1	141,9612 ^{ns}	0,0247 ^{ns}	320,0450 [*]	2,0000 ^{ns}
Erro a	3	142,9612	0,0307	27,7683	6,4500
Correção (Cor.)	3	143,9612 ^{ns}	0,0237 ^{ns}	912,4017 ^{ns}	2,5833 ^{ns}
Sem. x Cor.	3	144,9612 ^{ns}	0,0242 ^{ns}	650,0750 ^{ns}	7,6500 ^{ns}
Erro b	18	145,9612	0,0200	745,2500	4,2900
Média geral		59,98	2,37	140,91	17,45
CV PP (%)		8,35	7,40	3,74	14,55
CV SP (%)		18,05	5,82	19,37	11,87

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		AP	PMG	PGP	REND
Blocos	3	267,3313	62,7942	43,5851	1439515,96
Semeadura (Sem.)	1	14,3113 ^{ns}	95,9113 ^{ns}	15,4707 ^{ns}	8268,66 ^{ns}
Erro a	3	153,7546	80,0354	2,3159	1132980,55
Correção (Cor.)	3	32,7013 ^{ns}	34,0325 ^{ns}	17,3319 ^{ns}	181460,73 ^{ns}
Sem. x Cor.	3	11,3446 ^{ns}	148,3704 [*]	9,8175 ^{ns}	264466,40 ^{ns}
Erro b	18	33,1251	24,6603	17,5588	369093,50
Média geral		113,41	150,94	21,27	3434,12
CV PP (%)		10,93	5,93	7,15	31,00
CV SP (%)		5,08	3,29	19,70	17,69

* Significativo, pelo teste F da anova, em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns} Não significativo, pelo teste F da anova, em nível de 5% de probabilidade de erro. ¹Sem.= Semeadura; Cor.= Correção/condicionamento do solo.

Verifica-se que, no sistema de integração lavoura-pecuária, apenas para a variável peso de mil grãos apresentou interação significativa entre os métodos de semeadura e métodos de correção/condicionamento do solo, indicando que, se houver alteração em um dos métodos haverá alteração na resposta deste componente.

Analisando cada fator observa-se efeito significativo dos diferentes métodos de semeadura na variável número de grão planta⁻¹ (Tabela 1) e, efeito não significativo para todas as variáveis no fator formas de correção/condicionamento do solo, pois este leva um período de tempo maior para expressar resultados de forma acentuada (COSTA, 2015; PIERRI *et al.*, 2014).

Por meio das análises de solo, é possível verificar que a área onde o experimento foi instalado, apresenta caracterização química do solo (tabela 1) desejável, com ausência de alumínio nas camadas superficiais do solo; esta área foi escolhida com o intuito de que fatores adversos decorrentes do mau manejo do solo não afetasse os resultados. Sendo assim, as correções do solo não se apresentaram significativas pela falta de necessidade das mesmas nesse solo.

O coeficiente de variação (CV) expressa a variabilidade em percentual do conjunto de dados em torno da média, observa-se que todos os dados possuem CV dentro do intervalo classificado como baixo e médio, indicando boa precisão e confiabilidade dos resultados obtidos.

O uso de haste sulcadora proporcionou aumento de 4,38% no número de grãos planta⁻¹ em ILP, quando comparado ao uso de disco duplo desencontrado (Tabela 2). Possivelmente, esse resultado pode ser atribuído a um melhor “arranque” inicial da cultura e, conseqüentemente, aumento na média desta variável proporcionado pelo rompimento da camada superficial compactada pelo tráfego animal, conforme já relatado por Nunes *et al.* (2014). Por outro lado, Consalter *et al.* (2014) afirmam que o pastejo não é um fator limitante ao desenvolvimento das culturas de verão e que os atributos físicos do solo em ILP não afetam o rendimento de grãos da soja.

O estágio fenológico mais sensível para a cultura da soja é o R3 (Início da formação da vagem) onde há presença de vagens de 5 mm de comprimento, em um dos quatro nós superiores da haste principal da planta., este é um estágio crucial

no estabelecimento do número de vagens por planta; qualquer estresse ocorrido nesta fase é irreversível e prejudicial ao rendimento de grão da cultura. Segundo Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007) o estresse hídrico prejudica a atividade fotossintética pois promove o fechamento estomático e a redução da assimilação de CO₂.

O maior número de grão planta⁻¹ foi observado com o uso de haste sulcadora pois o mesmo promoveu maior desenvolvimento radicular que, ao se aprofundar nas camadas do subsolo, esteve em contato com a água nos dias de estiagem ocorridos o período de Outubro a Março (2018/ 2019), não afetando a fotossíntese e o rendimento de grãos. Além disso, em sistema de integração lavoura-pecuária, a microbiota do solo é favorecida pela deposição constante de matéria orgânica pela deposição de fezes, urina e material morto remanescente das culturas; esta, ao circular pelo solo favorece a abertura de canais utilizados pelo sistema radicular.

Tabela 3– Médias da variável número de grãos planta⁻¹ (NGP) em condição de semeadura com disco duplo desencontrado e com haste sulcadora em sistema de integração lavoura-pecuária. Vitorino-PR, 2018-2019.

Método de Semeadura	Número de grãos por planta
Disco duplo desencontrado	137,75 b
Haste sulcadora	144,06 a

*Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Não houve diferença estatística entre as médias da variável peso de mil grãos para os diferentes tipos de correção quando feito uso de semeadura com disco duplo desencontrado (Tabela 3). O disco duplo desencontrado rompe as camadas superficiais do solo (SILVA, 2003), isso interfere na percolação dos corretivos, fazendo com que atuem mais superficialmente.

No entanto, quando utilizado haste sulcadora, maior média de peso de mil grãos foi observada quando a correção do solo foi feita com calcário, mas não diferiu da testemunha (ausência de correção/condicionamento) e do uso de gesso.

O menor peso de mil grãos foi observado quando se utilizou a mistura calcário+gesso, não diferindo do uso de gesso e da testemunha. Resultados semelhantes foram encontrados por Fontoura *et al.* (2019) que, combinando calagem e gesso agrícola não obtiveram alteração nas propriedades químicas do

solo e no rendimento de grãos, já com a calagem realizada isoladamente observaram acréscimo de 14% na produtividade de grão da soja.

Tabela 4– Médias do componente de rendimento peso de mil grãos (PMG) sob efeito dos fatores A (manejo da semeadura da cultura da soja – haste sulcadora ou disco duplo desencontrado) e fator D (corretivos da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo) em sistema de integração lavoura-pecuária. Vitorino-PR, 2018-2019.

PMG	Sem correção	Calcário	Gesso	Calcário+Gesso
Disco duplo desencontrado	147,65 a A	147,60 b A	147,70 a A	153,88 a A
Haste sulcadora	152,53 a AB	160,45 a A	151,85 a AB	145,85 a B

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na HORIZONTAL e letra minúscula na VERTICAL, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Quando a correção da acidez do solo foi realizada com calcário, a semeadura com haste sulcadora, diferiu significativamente da semeadura com disco duplo desencontrado (Tabela 3), promovendo acréscimo de, aproximadamente 9% na média da variável peso de mil grãos. No entanto, não houve diferença no peso de mil grãos entre disco duplo desencontrado e haste sulcadora nas demais formas de correção/condicionamento da acidez do solo.

O calcário age rapidamente neutralizando as camadas superficiais para só então ser lixiviado e neutralizar as camadas mais profundas (COSTA, 2015). Com o uso de haste sulcadora e abertura de fissuras no solo, o calcário obteve maior área específica neutralizando camadas mais profundas. O calcário neutraliza o Al, que é um dos principais fatores responsáveis pelo baixo rendimento de grão das culturas, uma vez que limita o crescimento das plantas (MIGUEL et al., 2010).

A menor média de peso de mil grãos ocorreu com a haste sulcadora associado ao uso de gesso + calcário. O gesso promove uma melhor percolação do calcário no perfil do solo, esse associado a haste sulcadora pode ter lixiviado o Mg, sendo este nutriente observado mais frequentemente se comparado a outros como pro exemplo o K e Ca (CAIRES et al., 2006, PAULETTI et al., 2014) para as camadas mais profundas do que as atingidas pelo sistema radicular da soja, não permitindo que a mesma usufrui-se do tratamento. A aplicação excessiva de gesso em solos com baixa acidez subsuperficial, reduz a produção agrícola pois induz a deficiência de alguns elementos essenciais ao desenvolvimento das culturas como Mg, K e Ca. (TIECHER et al., 2018).

No experimento sem uso de integração lavoura-pecuária, ou seja, onde a aveia preta no inverno foi utilizada apenas para cobertura do solo, houve interação significativa entre os fatores apenas para a variável AIPV, indicando que, se houver alteração no método de correção do solo haverá modificação dos resultados deste componente de rendimento de grãos, em relação aos métodos de semeadura, sendo o inverso verdadeiro (Tabela 4).

Tabela 5– Resumo da análise de variância (GL= graus de liberdade e quadrados médios) do experimento **sem sistema de integração lavoura-pecuária** em esquema bifatorial 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= manejo da semeadura da cultura da soja– haste sulcadora ou disco duplo desencontrado; e, Fator D= formas de correção/condicionamento da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo), no delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições, para os componentes de rendimento da cultura da soja: Número de vagens planta⁻¹ (NVP), Número de grãos vagem⁻¹ (NGV), Número de grãos planta⁻¹ (NGP), Altura de inserção da primeira vagem (AIPV, em cm), Altura de planta (AP, em cm), Peso de mil grãos (PMG, em g), Peso de grãos planta⁻¹ (PGP, em g); e, para o Rendimento de grãos (REND, em Kg ha⁻¹). Vitorino-PR, 2018-2019.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		NVP	NGV	NGP	AIPV
Blocos	3	71,3346	0,0653	375,3213	15,8513
Semeadura (Sem.)	1	141,9613 ^{ns}	0,0109 ^{ns}	1055,7013 ^{ns}	0,9113 ^{ns}
Erro a	3	48,4846	0,0028	217,7146	1,8679
Correção (Cor.)	3	182,0646 ^{ns}	0,0047 ^{ns}	926,8413 ^{ns}	1,8879 ^{ns}
Sem. x Cor.	3	78,0746 ^{ns}	0,0205 ^{ns}	558,9479 ^{ns}	9,7379 [*]
Erro b	18	120,3718	0,0189	718,8424	2,3074
Média geral		59,13	2,33	137,24	17,69
CV PP (%)		11,78	2,29	10,75	7,72
CV SP(%)		18,55	5,91	19,54	8,59

Causas de variação	G L	Quadrados médios			
		AP	PMG	PGP	REND
Blocos	3	82,0446	37,9242	12,8512	759970,66
Semeadura (Sem.)	1	166,5313 ^{ns}	13,7813 ^{ns}	28,5201 ^{ns}	1206455,88 [*]
Erro a	3	183,1146	114,1288	4,6180	100464,42
Correção (Cor.)	3	15,3213 ^{ns}	25,3408 ^{ns}	18,9658 ^{ns}	232744,78 ^{ns}
Sem. x Cor.	3	7,0579 ^{ns}	64,7871 ^{ns}	15,4136 ^{ns}	131792,57 ^{ns}
Erro b	18	35,6829	49,7551	16,7400	165563,37
Média geral		112,29	151,81	20,83	3405,55
CV PP (%)		12,05	7,04	10,32	9,31
CV SP(%)		5,32	4,65	19,65	11,95

* Significativo, pelo teste F da anova, em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns} Não significativo, pelo teste F da anova, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Em áreas sem pastejo no inverno, houve efeito significativo do manejo da semeadura para o rendimento de grãos. O uso do disco duplo desencontrado para a semeadura da cultura da soja apresentou acréscimo de, aproximadamente, 12% na média de Rendimento (Kg ha⁻¹) em relação à semeadura com haste sulcadora (Tabela 5). Esse resultado se explica pela maior quantidade de matéria

seca de aveia preta presente na área sem pastejo que, no momento da semeadura com haste sulcadora, provocou “embuchamento” da semeadora ocasionando a presença de falhas e plantas duplas resultando em estande mais desuniforme.

A haste sulcadora atua na profundidade de 25 cm, movimentando uma quantidade significativa de solo; este solo associado a maior profundidade de semeadura pode ter retardado e dificultado a emergência das sementes, via efeito físico, reduzindo assim o rendimento de grãos. Modolo *et al.* (2008) verificaram que em semeadura com uso de haste sulcadora o encrostamento superficial do solo causado pela roda compactadora na hora da semeadura, retardou a emergência das plântulas; já Herzog, Levien e Trein (2004) testando o efeito de diferentes profundidades de semeadura com uso de haste sulcadora, não encontraram diferença estatística sobre o rendimento da soja.

Tabela 6– Médias da variável rendimento de grãos de soja (REND, em kg ha⁻¹) em semeadura com disco duplo desencontrado e com haste sulcadora sobre área de aveia preta sem sistema de integração lavoura-pecuária no inverno em Vitorino-PR, 2018-2019.

Método de Semeadura	Rendimento de grãos
disco duplo desencontrado	3599,72 a
haste sulcadora	3211,38 b

*Médias seguidas por mesma não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Na semeadura realizada com haste sulcadora, não houve diferença significativa (Tabela 8) para AIPV da soja entre as diferentes formas de correção/condicionamento da acidez do solo. Por outro lado, ao se utilizar o disco duplo desencontrado, o uso de gesso apresentou a maior média de AIPV, mas não diferiu estatisticamente do calcário e da mistura calcário+gesso.

Tabela 7– Médias do componente de rendimento de grãos altura de inserção da primeira vagem (AIPV, em cm) da soja sob efeito dos fatores A (manejo da semeadura da cultura de verão– haste sulcadora ou disco duplo desencontrado) e fator D (formas de correção/condicionamento da acidez do solo – dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; e, testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo) sobre área de aveia preta sem sistema de integração lavoura-pecuária no inverno. Vitorino-PR, 2018-2019.

AIPV	Sem correção		Calcário		Gesso		Calcário+Gesso	
Disco duplo desencontrado	15,75	b B	18,10	a AB	19,10	a A	17,15	a AB
Haste sulcadora	18,95	a A	16,70	a A	17,70	a A	18,10	a A

*Médias seguidas por mesma letra maiúscula na HORIZONTAL e letra minúscula na VERTICAL, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Houve acréscimo de, aproximadamente, 18% de AIPV com uso do gesso, em relação à testemunha, na qual foi observada a menor média, com

diferença significativa em relação às demais formas de correção/condicionamento da acidez do solo.

A AIPV é um componente secundário de rendimento de grãos da soja muito importante quando se trata de perdas decorrentes da colheita mecanizada, este deve apresentar valores superiores a 15 cm (PEREIRA *et al.*, 2010; CHIODEROLI *et al.* 2012), o que foi observado em todos os tratamentos avaliados neste estudo. Kaneco *et al.* (2015) reportaram que, doses excessivas de gesso não promoveram alterações nas características agronômicas, como a altura de inserção da primeira vagem, para a cultura da soja.

5.2 LITTER BAG

Tradicionalmente, a análise de experimentos de campo assume que todas as observações tomadas em posições adjacentes não estão correlacionadas. Assim, a matriz de covariância residual é modelada como uma matriz diagonal, ou seja, com os erros assumidos como independentes.

Quando se tem observações tomadas em diferentes tempos é comum a matriz de covariância assumir a estrutura α auto-regressiva de primeira ordem, a qual admite que a covariância entre duas observações decresce a medida em que aumenta o intervalo de tempo entre elas (BARROS, 2011).

A análise de variâncias fatorial em DBA via medidas repetidas no tempo mostrou que os menores valores de AIC e BIC ocorreram quando na análise foi utilizada a estrutura de covariâncias auto-regressiva de primeira ordem (Tabela 9). Por essa análise, o efeito da interação entre os fatores para a variável massa seca remanescente de aveia preta foi significativo em ambos experimentos, indicando que o a decomposição de resíduos da cultura ocorre de forma diferenciada no tempo quando se varia o tratamento.

Tabela 8– Graus de liberdade (GL) e valores de p da análise de medidas repetidas para a variável matéria seca remanescente de litter bags de soja (%) cultivada sobre área de aveia preta pastejada no inverno e sobre área não pastejada no inverno, com modelo de matriz de covariância auto-regressiva heterogênea de um experimento bifatorial conduzido no delineamento blocos ao caso em que foram avaliadas no fator A, oito situações de manejo da semeadura correção/condicionamento da acidez do solo; e no, fator D, oito tempos de coleta de litter bags.. Vitorino-PR, 2019.

Causas de variação	GL	Área com integração	Área sem
		lavoura pecuária	integração lavoura pecuária
		Valor de p*	
Bloco	3	0,0001	0,0001
Fator A	7	0,9263	0,9285
Fator D	8	0,0001	0,0001
A x D	56	0,0306	0,0519
Erro	213	-	-

*Se valor de p \leq α ($\alpha = 5\%$) o efeito do fator ou da interação entre os fatores é significativo.

Em ambos experimentos, pastejado e não pastejado, houve efeito significativo de blocos, ou seja, o uso de blocos foi eficiente, uma vez que há variabilidade significativa entre eles. Da mesma forma, houve efeito significativo dos diferentes tempos de deposição da matéria seca residual e, da interação entre os

níveis do fator A (situações de manejo da semeadura correção/condicionamento da acidez do solo) e D (tempos), ou seja, ocorre variação no comportamento das curvas de matéria seca remanescente ao longo do tempo entre os as oito situações de métodos de semeadura- correção/condicionamento do solo.

A decomposição da matéria residual da soja se ajustou ao modelo exponencial simples reduzindo em taxas constantes com o decorrer do tempo de avaliação (Figura 2). Todas as equações apresentaram coeficiente de determinação (R^2) elevado, entre 87 e 90%, indicando que os modelos matemáticos ajustados para cada situação explicam satisfatoriamente a relação entre a MSR e o tempo de deposição da palhada.

O tempo de meia vida ($t_{1/2}$) variou de 141 (área pastejada, com uso de haste sulcadora e gesso) a 248 dias (área não pastejada, com uso de haste sulcadora e mistura calcário+gesso). Na semeadura da soja com disco duplo desencontrado, os tempos de meia vida quando se compara a área pastejada e não pastejada são valores próximos ou iguais (Figuras 2A e 2C). Por outro lado, ao utilizar a haste sulcadora verifica-se que, em três situações das quatro avaliadas, o tempo de meia vida da MSR foi maior na área em que não houve pastejo no inverno. Esse resultado mostra que, nessa área haverá proteção do solo pela palhada da soja por um tempo superior à área pastejada.

No ato de pastejar, as lâminas folhares superficiais são removidas, expondo os meristemas apicais, estímulo que promove a rebrota da forragem e crescimento de novas lâminas foliares (ARAÚJO *et al.*, 2015); essa constante rebrota faz com que o material fique menos lignificado se comparado ao mesmo deixado em repouso, como ocorre em sistema de plantio direto. Além disso, neste sistema ocorre deposição de fezes e urina do animal, promovendo o retorno de nutrientes ao solo. Sendo assim a cultura sucessora, nesse caso a soja, é semeada em um ambiente rico em nutrientes e matéria morta pouco lignificada, herdando os benefícios da aveia pastejada e se desenvolvendo rapidamente e com baixa rigidez; fato que, acelera sua decomposição após a deposição.

Em geral, o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) quando realizada correção do solo com o uso de calcário foi maior em relação ao uso de gesso ou mistura de gesso + calcário (Figura 2). O calcário em contato com o solo é responsável pela

disponibilização de cálcio às plantas, o cálcio está presente na lamela média da parede celular na forma de pectato de cálcio e promove aumento na rigidez dos tecidos (FAQUIN, 2005) que, ao serem depositados sobre o solo, reagem mais lentamente decompondo em ritmo mais desacelerado. Rossi *et al.* (2013) ao analisar a decomposição da soja avaliaram que o cultivo de soja sobre palhada de braquiária apresentou maior taxa de decomposição dos resíduos e um menor tempo de meia vida quando comparada a soja cultivada sobre palhada de sorgo.

Na área de soja cultivada em ILP (Figuras 2C e 2D), observa-se que a associação de disco duplo desencontrado com a testemunha e disco duplo desencontrado com mistura gesso+calcário resultou em tempo de meia vida menor do que a mesma situação de correção, com uso da haste sulcadora.

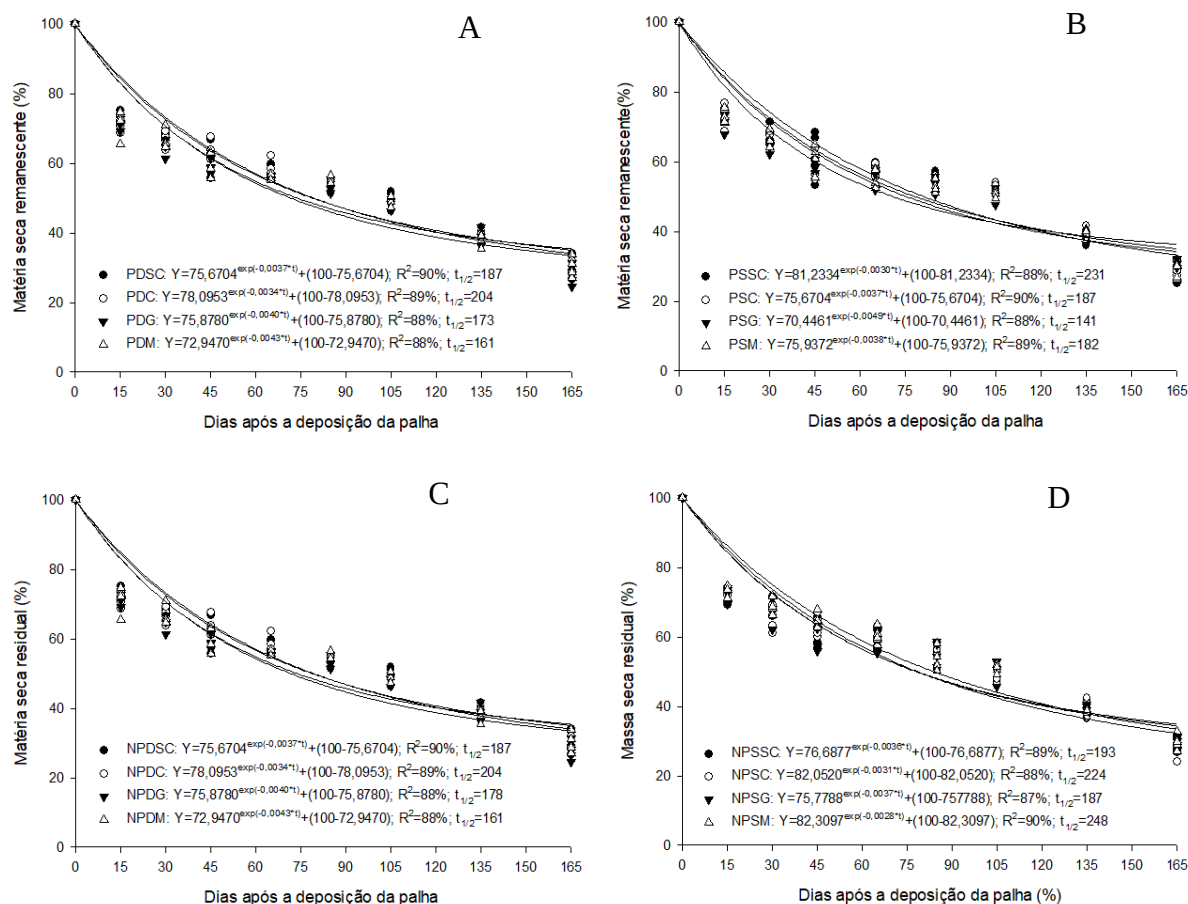
Resultado oposto ocorreu quando utilizou-se calcário e gesso isolados, onde o disco duplo desencontrado apresentou maior tempo de meia vida em relação à haste sulcadora. Caires *et al.* (2002) verificou que, a calagem em superfície melhorou a distribuição relativa de raízes do milho na presença de solo compactado, levando a um arranque inicial satisfatório e bom desempenho da cultura.

Considerando apenas a área não pastejada no inverno (Figuras 2A e 2B), verifica-se que, ao se utilizar haste sulcadora o tempo de meia vida da matéria seca residual é maior, indicando que a haste sulcadora promove maior revolvimento e descompactação do solo, proporcionando melhor distribuição das raízes e maior crescimento e desenvolvimento das plantas, estas em condição de estresse hídrico, se sobressaem das demais, produzindo uma matéria seca mais rígida e de lenta decomposição.

A utilização de plantas de cobertura com elevada produção de resíduos e maiores tempos de meia vida, constitui uma alternativa para proteção do solo, mantendo os resíduos vegetais sobre o mesmo por maior tempo (AITA *et al.*, 2001).

Nos primeiros 30 dias de avaliação da cultura da soja, houve decomposição média de 28% da matéria seca presente nos litter bags; segundo Padova *et al.* (2006) a taxa inicial de decomposição da matéria seca da soja é elevada devido a remoção da fração solúvel em água pela chuva, e à facilidade de decomposição microbiana dessa fração, por conta da baixa relação C/N.

Figura 2– Matéria seca remanescente (MSR) em % da cultura da soja em função de dias após a deposição da palhada: 0, 15, 30, 45, 65, 85, 105, 135, 165 dias; cultivada em dois experimentos: experimento 1- semeadura da soja com uso de disco duplo desencontrado (A) e uso de haste sulcadora (B) sobre área com aveia preta pastejada no inverno; experimento 2- semeadura da soja com uso de disco duplo desencontrado (C) e uso haste sulcadora (D) sobre área com aveia preta não pastejada; associados a diferentes métodos de correção do solo: testemunha sem aplicação de corretivo da acidez do solo, dose recomendada de calcário, dose recomendada de gesso e, dose recomendada de calcário + dose recomendada de gesso; no delineamento bloco ao acaso com quatro repetições. Vitorino-PR, 2018-2019.



PDSC: Pastejado, uso de disco duplo desencontrado sem correção; PDC: Pastejado, uso de disco duplo desencontrado e calcário; PDG: Pastejado, uso de disco duplo desencontrado e gesso; PDM: Pastejado, uso de disco duplo desencontrado e mistura; PSSC: Pastejado, uso de haste sulcadora sem correção; PSC: Pastejado, uso de haste sulcadora e calcário; PSG: Pastejado, uso de haste sulcadora e gesso; PSM: Pastejado, uso de haste sulcadora e mistura; NPDC: Não pastejado, uso de disco duplo desencontrado sem correção; NPDC: Não pastejado, uso de disco duplo desencontrado e calcário; NPDC: Não pastejado, uso de disco duplo desencontrado e gesso; NPDC: Não pastejado, uso de disco duplo desencontrado e mistura; NPSSC: Não pastejado, uso de haste sulcadora sem correção; NPSC: Não pastejado, uso de haste sulcadora e calcário; NPSC: Não pastejado, uso de haste sulcadora e gesso; NPSC: Não pastejado, uso de haste sulcadora e mistura.

O compartimento mais facilmente decomponível (a) do modelo é usado como indicativo para a velocidade de decomposição, este varia de 0 a 100,00; as

equações apresentaram este parâmetro variando de 70,4461 (tratamento com pastejo associado ao uso de haste sulcadora na semeadura da soja e correção do solo com gesso) à 82,0520 (tratamento sem pastejo associado ao uso de haste sulcadora na semeadura da soja e correção do solo com calcário), demonstrando que a maior parte da matéria seca remanescente da soja estava no compartimento de fácil decomposição.

Aos 165 dias, a matéria seca remanescente dos litter bags foi, em média, 34%; Ziech *et al.* (2019) avaliaram a decomposição de ervilhaca comum e verificaram que aos 122 dias apenas 20% da palhada permanecia sobre o solo, enquanto que, a aveia preta, no mesmo período, apresentava residual de 41%, evidenciando a rápida decomposição e baixo potencial de proteção do solo, ao longo do tempo, pelas leguminosas.

No presente experimento ainda não foi possível concluir a análise química dos litter bags, onde será possível verificar a taxa de liberação de nutrientes pela palhada da soja ao longo do tempo; Padova *et al.* (2006) ao estudar este fenômeno na cultura da soja, concluiu que o tempo de meia vida para a liberação de nitrogênio, fósforo e potássio foi de 20, 22 e 11 dias, respectivamente; já para a cultura da aveia preta o tempo de meia vida para liberação de nitrogênio quando realizada adubação nitrogenada foi, segundo Bortolli (2006), de 693 dias, demonstrando que junto à elevada decomposição da matéria seca remanescente, espécies leguminosas apresentam uma acelerada liberação de nutrientes, distintamente às espécies gramíneas.

6 CONCLUSÕES

Para o experimento realizado em sistema de integração lavoura-pecuária houve acréscimo no número de grãos por planta quando a cultura foi semeada com uso de haste sulcadora e, maior peso de mil grãos foi obtido associando-se haste sulcadora à correção com calcário.

Para o experimento sem pastejo, o uso de disco duplo desencontrado apresentou maior rendimento de grãos da soja, bem como, maior altura de inserção da primeira vagem, quando associado a condicionamento com uso de gesso.

Em geral, o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) quando realizada correção do solo com o uso de calcário foi maior em relação ao uso de gesso ou mistura de gesso + calcário.

Nas condições de solo deste experimento, o uso de gesso não promoveu aumento nos valores dos componentes de rendimento e na produtividade da soja.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessário um maior tempo de avaliação para que a correção/condicionamento da acidez do solo expresse seu efeito sobre os componentes de rendimento da cultura da soja.

A análise nutricional do material remanescente nos litter bags é de extrema importância para uma completa e correta interpretação da decomposição e liberação de nutrientes pela palhada da soja.

REFERÊNCIAS

- AITA, Celso; BASSO, Claudir Jose; CERETTA, Carlos Alberto; GONÇALVES, Cristiano Nunes. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 157–165, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n1/17.pdf>.
- ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; SANGOI, Luis; ENDER, Marco. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 717–723, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n3/21.pdf>. Acesso em: 2 set. 2018.
- ALVADI, Antonio Balbinot Junior; MORAES, Milton da Veiga Aniba de; PELISSARI, Jeferson Dieckow Adelino. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciências Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925–1933, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n6/a229cr838.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- ALVARENGA, Ramon Costa; NOCE, Marco Aurlio. **Integração Lavoura-Pecuária**. Sete Lagoas, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/489736/1/Doc47.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2018.
- ARAUJO, Daniel Louçana da Costa *et al.* Características morfogênicas, estruturais e padrões demográficos de perfilhos em pastagem de capim-andropogon sob diferentes ofertas de forragem. **Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3303–3314, 2015.
- ASSMANN, Alceu Luiz; PELISSARI, Adelino; MORAES, Anibal de; ASSMANN, Tangriani Simioni. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 37–44, 2004.
- ASSMANN, Alceu Luiz; SOARES, Andre Brugnara; ASSMANN, Tangriani Simioni. **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina, 2008. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/integracao_lavpecuaria.pdf. Acesso em: 29 set. 2018.
- ASSMANN, Tangriani Simioni *et al.* **Adubação de Sistemas em Integração Lavoura-Pecuária**. Pato Branco, 2016.
- ASSMANN, Tangriani Simioni *et al.* Effect of splitting nitrogen fertilization on tifton 85: Yield, nitrogen use efficiency and nitrogen nutritional status of plants and soil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 22, p. 1154–1162, 2018.
- ASSMANN, Tangriani Simioni *et al.* Produção de gado de corte e de pastagem de aveia em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 7, p. 1387–1397, 2010.
- BARROS, Alexandre de Araujo. **Estruturas de (co)variâncias residuais para análise de medidas repetidas do peso de ovinos deslanados castrados e inteiros**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) — UFAL, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011.

BERTO, Henrique Hernandes; YANO, Elcio Hiroyoshi; BONACIN, Paulo Emílio. **Uso de mecanismos sulcadores em diferentes tipos de coberturas do solo na semeadura do milho de outono-inverno**. Ilha solteira, 2010. Disponível em: <http://www.feis.unesp.br/Home/Eventos/encivi/ivencivi-2010/uso-de-mecanismos-sulcadores-em-diferentes-tipos-de-coberturas-do-solo-na-semeadura-do-milho-de-o.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

BORTOLLI, Marcos Antônio de. **Adubação de sistemas: antecipação de adubação nitrogenada para a cultura do milho em integração lavoura-pecuária**. Tese (Doutorado) — UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

CAIRES, Eduardo Favero; BARTH, Gabriel; GARBUIO, Fernando Jose; KUSMAN, Marcelo Trzeciak. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1011–1022, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n4/19.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

CAIRES, Eduardo Favero; GARBUIO, Fernando Jose; ALLENOI, Luis Reynaldo Ferracciu; CAMBRI, Michel Alexandro. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 87–98, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n1/a10v30n1.pdf>. Acesso em: 11 set. 2018.

CAMARA, Rodrigo Kurylo; KLEIN, Vilson Antonio. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 813–819, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n4/a10v35n4.pdf>. Acesso em: 11 set. 2018.

CARVALHO, Rafael Pelloso de; DANIEL, Omar; DAVIDE, Antonio Claudio; SOUZA, Fabio Rgis de. Atributos físicos e químicos de um neossolo quartzarênico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 148–159, 2015. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237138297016>. Acesso em: 22 ago. 2018.

CEPIK, Carla; TREIN, Carlos; LEVIEN, Renato. Draft and soil loosening by knife type coulter related to soil moisture and planter's working speed and depth. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 447–457, 2005.

CHIODEROLI, Carlos Alessandro *et al.* Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 112–121, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n1/aop994.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.

CONSALTER, Maria Alice Soares; SOUZA, Marcos Luiz de Paula; MORAES, Anibal de; COIMBRA, Carlos Henrique Guimarães. Compactação de latossolo bruno em sistema integrado lavoura-pecuária. **Scientia Agraria**, v. 15, n. 1, p. 23–31, 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99538305003>. Acesso em: 11 Set. 2018.

COSTA, Claudio Hideo Martins da. **Calagem superficial e aplicação de gesso em sistema plantio direto de longa duração: efeitos no solo e na sucessão milho**

crambe\feijão-caupi. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, 2015.

FABRICIO, Amoacy Carvalho; MACHADO, Luis Armando Zago; SALTON, Julio Cesar. **Integração Agricultura\Pecuaria**. Dourados, 1999.

FAQUIN, Valdemar. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.

FARIAS, Jose Renato; NEPOMUCENO, Alexandre; NEUMAIER, Norman. **Ecofisiologia da soja**. Londrina, 2007.

FEROLLA, Fernando Silveira. **Avaliação forrageira da Aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) e Triticale (*Xtriticosecale* Wittimmack) sob corte e pastejo em diferentes épocas de plantio no Norte do Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) — Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2005.

FERRAZZA, Jussara Maria. **Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema de plantio direto**. Tese (Doutorado em Agronomia) — UFPR, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

[Fertilidade-de-solos-Amostragem.pdf](#). Acesso em: 5 ago. 2018.

FONTANELLI, Renato Serena *et al.* **Manejo de aveia preta como cultura de cobertura de solo no sistema de plantio direto**. Passo Fundo, 1997. 18 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121303/1/FL-07004.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

FONTOURA, Sandra Mara Vieira *et al.* Effect of gypsum rates and lime with different reactivity on soil acidity and crop grain yields in a subtropical Oxisol under no-tillage. **Soil /& Tillage Research**, v. 193, n. 1, p. 27–41, 2019.

FRANCETTO, Tiago *et al.* Comportamento operacional de associações entre sulcadores e discos de corte para sistema de semeadura direta. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 542–554, 2015.

HERZOG, Ricardo; LEVIEN, Renato; TREIN, Carlos. Produtividade de soja em semeadura direta influenciada por profundidade do sulcador de adubo e doses de residuo em sistema irrigado e não irrigado. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 771–780, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n3/a31v24n3.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.

IDO, Oswaldo Teruyo; OLIVEIRA, Ricardo Augusto de. **Sistemas de cultivo**. [S.l.], 2019. Disponível em: <http://www.agriculturageral.ufpr.br/bibliografia/aula3.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2018.

KANEKO, Flavio Hiroshi *et al.* Doses de gesso e desenvolvimento da cultura da soja em Latossolo Vermelho argiloso em região de cerrado. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 29, p. 253–259, 2015. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/download/2613/2669>. Acesso em: 11 nov. 2019.

LANG, Claudete Reisdorfer *et al.* Fitomassa aerea residual da pastagem de inverno no sistema integração lavoura-pecuária. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1, p. 43–48, 2004. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99517145006>. Acesso em: 10 set. 2018.

LANZANOVA, Mastrângello Enivar *et al.* Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1131–1140, 2007. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214062028>. Acesso em: 9 ago. 2018.

LOPES, Afredo Scheid; WIETHÖLTER, Sírio; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães; SILVA, Carlos Alberto. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo, 2000. Disponível em: http://www.anda.org.br/multimedia/lt_spd.pdf. Acesso em: 17 ago. 2018.

LOPES, Alfredo Scheid; SILVA, Marcelo de Carvalho; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães. **Acidez do solo e calagem**. São Paulo, 1990. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Calagem_boletim_tecnicolD-80pHHoncbJ.pdf. Acesso em: 19 jul. 2018.

LOPES, Marília Lazzarotto Terra *et al.* Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevem anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1499–1506, 2009.

LUCENA BRUNO, Riselane de Lucena Alcântara *et al.* Produção e qualidade de sementes e raízes de cenoura cultivada em solo com adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 170–174, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v25n2/07.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2018.

MACEDO, Manuel Claudio Motta. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 133–146, 2009.

MIGUEL, Paulo Sergio Balbino *et al.* Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, n. 1, p. 11–30, 2010.

MODOLO, Alcir Jose *et al.* Semeadura de milho com dois mecanismos sulcadores sob diferentes intensidades de pastejo. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p. 1200–1209, 2013.

MODOLO, Alcir Jose; FERNANDES, Haroldo Carlos; SCHAEFER, Carlos Ernesto Gonçalves; SILVEIRA, João Cleber Modernel da. Efeito da compactação do solo sobre a emergência de plântulas de soja em sistema de plantio direto. **Ciência Agrotecnica**, v. 32, n. 4, p. 1259–1265, 2008.

NUNES, Marcio Renato *et al.* Efeito de semeadora com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 627–638, 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180231134027>. Acesso em: 15 ago. 2018.

PACHECO, Edson Patto; MARINHO, Jose Tadeu de Souza. **Plantio direto: uma alternativa para produção de grãos no estado do Acre**. Rio Branco, 2001.

Disponível em: <http://iquiri.cpafac.embrapa.br/pdf/comunicado131.pdf>. Acesso em: 1 set. 2018.

PADOVA, Milton Parron *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes de soja cortada em diferentes estádios de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 667–672, 2006.

PARIZ, Cristiano Magalhães *et al.* Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 39, n. 4, p. 360–370, 2009.

PEGADO, Claudia Maria Alves *et al.* Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do brejo da Paraíba, Basil. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 218–223, 2008. Disponível em:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117576031>. Acesso em: 13 Ago.2018.

PEREIRA JUNIOR, Pericles *et al.* Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agronômicas da soja. **Ciência Agrotecnica**, v. 34, n. 4, p. 908–913, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a16.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.

PEREIRA, Rodrigo Gomes *et al.* Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 64–71, 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117625009>. Acesso em: 27 set. 2018.

PEREIRA, Rodrigo Gomes; ALBUQUERQUE, Abel Washington de; PAES, Reinaldo de Alencar; CAVALCANTE, Marcelo. Atributos químicos do solo influenciados por sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 78–84, 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117625011>. Acesso em: 14 ago. 2018.

PIERRI, Leticia Pauletti Volnei de; RANZAN, Thiago; BARTH, Gabriel; VARGAS, Carlos Motta Antonio. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 495–505, 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180231134014>. Acesso em: 11 set. 2018.

PITTA, Gilson Villaça Exel *et al.* **Calagem e Gessagem**. Sete Lagoas, 2008.

Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27334/1/>

RANZAN, Thiago *et al.* Efeito em longo prazo da aplicação de calcário e gesso nos atributos químicos do solo em sistema de plantio direto. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 2013. Disponível em:

<https://www.sbcs.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/828.pdf>.

REICHERT, Dalvan Jose Reinert; REICHERT, Jose Miguel. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, 2006. Disponível em:

https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf. Acesso em: 11 ago. 2018.

ROSSI, Celeste Queiroz *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiaria, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1523–1534, 2013.

SANTOS, Antonio Clementino dos *et al.* Alterações de atributos químicos pela calagem e gessagem superficial com o tempo de incubação. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 77–83, 2010. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117582012>. Acesso em: 14 ago. 2018.

SANTOS, Henrique Pereira dos; FONTANELI, Renato Serena; SPERA, Silvio Tulio; DREON, Geizon. Avaliação de práticas culturais na conversão e no balanço energético. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 634–641, 2011. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119021237013>. Acesso em: 18 Set. 2018.

SANTOS, Henrique Pereira dos; FONTANELI, Renato Serena; SPERA, Silvio Tulio; DREON, Geizon. 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. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119021236015>. Acesso em: 11 Set. 2018.

SANTOS, Henrique Pereira dos; FONTANELI, Renato Serena; SPERA, Silvio Tulio; MALDANER, Georgia Luiza. Conversão e balanço de energia de sistemas de produção com integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1193–1199, 2011.

SANTOS, Jose Alfredo Batista dos; ROSA, Jadir Aparecido; BANASSI, Dacio Antonio; JUSTINO, Altair. Manejo da aveia preta na decomposição da biomassa e na cobertura do solo em semeadura direta de milho. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 4, p. 211–217, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/40828/24964>. Acesso em: 10 Set. 2018.

SEAB - SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ (Curitiba PR). 2019. **Levantamento da Produção Agropecuária**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual>. Acesso em: 12 dez. 2019.

SILVA, Adriano Alves da *et al.* Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 928–935, 2007.

SILVA, Paulo Roberto Arbex. **Mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora na cultura do milho *Zea mays* L.) no sistema de plantio direto**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, 2003. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90711/silva_pra_dr_botfca.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 set. 2018.

SILVA, Roberto Lustosa; MATIAS, Sammy Sidney Rocha; LOBATO, Marcio Godofrêdo Rocha; NOBREGA, Julio Cesar Azevedo. Atributos físicos do solo em diferentes coberturas vegetais na região sul do [p]iauí. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 160–168, 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237132104018>. Acesso em: 12 set. 2018.

SORATTO, Rogerio Peres; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. Nutrição e produtividade de grãos da aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 715–725, 2008. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214228026>. Acesso em: 11 Set. 2018.

SOUZA, Djalma Gomes de; VILELA, Lourival; LOBATO, Edson; SOARES, Wilson Vieira Soares. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado**. Planaltina, 2001. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-009/22724/1/cirtec_12.pdf. Acesso em: 22 ago. 2018.

SPERA, Silvio; SANTOS, Henrique Pereira; FONTANELI, Renato Serena; DREON, Geizon. Efeito de sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto em alguns atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 3, p. 388–393, 2012. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119024529003>. Acesso em: 7 set. 2018.

TIECHER, Tales *et al.* Crop response to gypsum application to subtropical soils under no-till in Brazil: a systematic review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, n. 1, p. 1–17, 2018.

TORRES, Jose Luiz Rodrigues *et al.* Produção de fitomassa e decomposição de resíduos culturais de plantas de coberturas no cultivo da soja em sucessão. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 247–253, 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237132104028>. Acesso em: 15 Ago. 2018.

ZIECH, Ana Regina Dahlem *et al.* Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 374–382, maio 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v50n5/0100-204X-pab-50-05-00374.pdf>. Acesso em: 11 Nov. 2019.