

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DIEGO BORTOLINI**

**IMPLICAÇÕES DA ALTURA DE MANEJO DE PASTAGEM DE PAPUÃ  
NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO  
VERMELHO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2012**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DIEGO BORTOLINI**

**IMPLICAÇÕES DA ALTURA DE MANEJO DE PASTAGEM DE PAPUÃ  
NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO  
VERMELHO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2012**

**IMPLICAÇÕES DA ALTURA DE MANEJO DE PASTAGEM DE PAPUÃ  
NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO  
VERMELHO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador: Dr. João Alfredo Braidá  
Co-Orientador: Dr. Luís César Cassol

PATO BRANCO

2012

B739i

**Bortolini, Diego**

**Implicações da altura de manejo de pastagem de papuã nas características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária / Diego Bortolini - 2012.**

**112 f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof. Dr. João Alfredo Braidá**

**Co-orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol**

**Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco/PR 2012.**

**Bibliografia: f. 90 – 99**

**1. Plantio direto. 2. Manejo do solo. 3. Cobertura do solo. 4. Matéria orgânica do solo. I. Braidá, João Alfredo, orient. II. Cassol, Luís César, co-orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.**

**CDD(22. ed.) 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Pato Branco  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia**



## TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 050


**Implicações da altura de manejo de pastagem de papuã nas características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária**

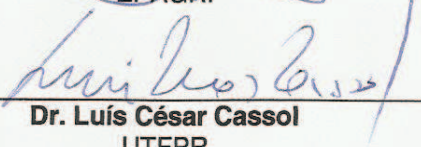
por

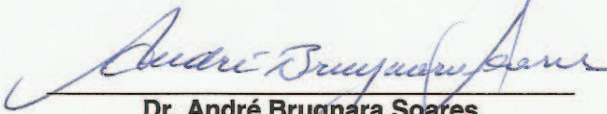
**Diego Bortolini**


Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia primeiro de fevereiro de dois mil e doze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. *aprovado.....*

Banca examinadora:

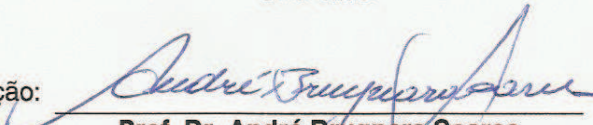
  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Milton da Veiga**  
EPAGRI

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Luís César Cassol**  
UTFPR

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. André Brugnara Soares**  
UTFPR

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. João Alfredo Braidá**  
UFFS  
Orientador

Visto da Coordenação:

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. André Brugnara Soares**  
Coordenador do PPGAG

Com muito amor dedico aos meu pais, Valter e Ieda, que dedicam suas vidas a proporcionarem a seus filhos a oportunidade da educação. Dedico aos meus irmãos, Everton e Willian, pelo companheirismo de tantos anos. E finalmente às duas pessoas mais especiais em minha vida, a minha eterna companheira, Luana, e ao nosso filho, Luiz Henrique, que nos inspira à jornada neste mundo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente àquele que é a causa primária na criação, a Deus, e a todos aqueles que nos guiam.

Ao IAPAR pela disponibilidade da área experimental, animais, instrumentos, maquinários e materiais para a execução do experimento, e aos seus funcionários, pois sem isto seria impossível a realização deste.

À UTFPR, em nome dos seus funcionários e servidores, pelo trabalho de tantos anos na formação de profissionais e dedicação, principalmente à Coordenação do curso de Agronomia e da pós-graduação em Agronomia, em nome dos professores que, com muitos esforços, superam dificuldades para formarem, mais que Engenheiros Agrônomos e Mestres, cidadãos.

Aos colegas de experimento, Francisco Migliorini, Jussara Ferraza, Marciela Rodrigues, Vinícios Nicola, e demais colegas que auxiliaram em avaliações experimentais, pelo trabalho duro e sem desânimo no período de realização do experimento.

Ao professor João Alfredo Braidá, que mesmo distante foi sempre solícito à orientação, e deu-me grandes conselhos para realização das análises e para a escrita da dissertação.

Em especial ao professor Luís César Cassol, que por tantos anos além da orientação, é um grande amigo e exemplo de profissional que procuro seguir.

Aos amigos Cristiam, Diogo e Marcos, por todos os momentos, experiências e conversas que vivemos e tivemos durante os vários anos de convivência.

Agradeço aos meus pais, Valter e Ieda, que com muito amor trabalham incansavelmente em seu pequeno pedaço de terra, para poderem dar condições aos seus filhos de estudarem, condição esta que não foi possível a eles terem na sua juventude. A vocês, pai e mãe, deixo não somente um agradecimento, mas também a felicidade de ser seu filho.

Aos meus irmão, Everton e Willian, por tantos anos de convivência e alegrias juntos, e por estarem me acompanhando nesta jornada de estudos longe de nossos pais, confortando muitas vezes a saudade.

E por último, à essas duas pessoas que guardo como mais especiais em minha vida, Luana e Luiz Henrique, pela felicidade de serem minha segunda família e me inspirarem a trabalhar e viver a cada dia.



“Ninguém acende uma candeia para pô-la debaixo do alqueire; põe-na, ao contrário, sobre o candeeiro, a fim de que ilumine a todos os que estão na casa.” (Jesus Cristo) “Assim deve ser a ciência!”

## RESUMO

BORTOLINI, Diego. Implicações da altura de manejo de pastagem de papuã nas características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

No sul do Brasil há ocorrência espontânea de papuã nas lavouras no período de verão, planta que, apesar de ser considerada daninha, possui grande potencial forrageiro. Entretanto, sua utilização como forrageira ainda é pouco estudada, especialmente no sistema de integração lavoura-pecuária. Este trabalho teve por objetivo avaliar as alterações ocorridas nas características físicas e químicas e na atividade microbiana do solo, em pasto de papuã (*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *plantaginea*) com diferentes alturas de manejo, na presença e ausência de pisoteio animal. O trabalho foi conduzido na Estação Experimental do IAPAR, no município de Pato Branco, PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram arrançados em esquema bifatorial de parcelas subdivididas durante o período de pastejo. As parcelas receberam os níveis do fator altura de manejo de pasto de papuã (0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m), enquanto que as subparcelas foram constituídas de áreas com (pastejadas por cabras) e sem pisoteio animal (corte manual). No inverno, em sucessão ao pasto, foi implantado cultivo de trigo, somente nas subparcelas que receberam pisoteio animal. Foram avaliadas a densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade e resistência à penetração, os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e alumínio, saturação por alumínio, pH e saturação por bases, em amostras coletadas nas camadas: 0,00–0,05, 0,05–0,10, 0,10–0,15 e 0,15–0,20 m de profundidade. Avaliou-se, também, a respiração microbiana em amostra da camada 0,00–0,10 m de profundidade. Os dados foram submetidos a análise de variância, complementada pela análise de regressão e por estudos de correlação simples. De maneira geral, a altura de manejo do pasto de papuã, na presença ou não de pisoteio animal, não alterou significativamente as características físicas, químicas e biológicas do solo, avaliadas após o primeiro ciclo de aplicação dos tratamentos. Foram observados efeitos do pisoteio sobre a porosidade do solo, mas em níveis que não causaram problemas ao desenvolvimento das plantas de trigo cultivadas após o pasto. O rendimento de grãos da cultura de trigo não foi afetado significativamente pela altura de manejo do pasto de papuã sob pastejo direto.

**Palavras-chave:** Plantio direto. Manejo do solo. Cobertura do solo. Matéria orgânica do solo.

## ABSTRACT

BORTOLINI, Diego. Effect of alexandergrass sward height management on the physical and chemical characteristics of an Oxisol under crop-livestock system. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

Spontaneous occurrence of alexandergrass (*Urochloa (Syn. Brachiaria) plantaginea*) is observed in southern Brazil in the summer. This plant is considered a weed, although it has great potential forage. However, its use as pasture is still little studied, especially in the crop-livestock integration system. This study was performed to evaluate the effect of sward management heights of alexandergrass pasture, with and without cattle trampling, on soil physical and chemical properties, and microbial activity. The study was conducted at the IAPAR Experimental Station, at Pato Branco, Paraná, Brazil. The experimental design was randomized blocks with three replications. The treatments were arranged in a factorial split-plot during the grazing period. The plots received levels of the factor sward management heights of alexander (0.10, 0.20, 0.30 and 0.40 m), while the subplots were established in areas with (grazed by goats) and without cattle trampling (manual cutting). In winter, in succession to grazing, cultivation of wheat was implemented, only in the subplots that have received animal trampling. Have been evaluated the soil bulk density, porosity, macro and microporosity, and soil penetration resistance; the levels of soil organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and aluminum; aluminum saturation, pH and base saturation in samples collected in the layers: 0.00 to 0.05, 0.05 to 0.10, 0.10 to 0.15 and from 0.15 to 0.20 m deep. Were evaluated also the microbial respiration in samples collected in the layer from 0.00 to 0.10 m deep. The data were subjected to analysis of variance, regression testing, and correlation analysis. In general, the height of pasture management in Alexandergrass, in the presence or absence of animal trampling, hasn't significantly affected the soil physical, chemical and biological characteristics, evaluated after the first cycle of treatment application. Effects of trampling were observed on soil porosity, but at levels that did not cause problems for the development of wheat plants grown after grazing. The grain yield of wheat crop was not affected by the height of pasture management of Alexandergrass .

**Keywords:** No-till system. Soil management. Soil cover. Soil organic matter.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama conceitual do SILP, adaptado de Moraes et al. (2002).....	22
Figura 2 – Croqui da área experimental, na Unidade Experimental do IAPAR, Pato Branco (2010)....	37
Figura 3 - Imagens das parcelas experimentais com diferentes alturas de manejo de um pasto de papuã (0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m), submetidas a pastejo por caprinos.....	38
Figura 4 - Imagem das parcelas experimentais com diferentes alturas de pasto de papuã (0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m), dentro das gaiolas de exclusão de pisoteio animal.....	39
Figura 5 – Dinâmica da altura do pasto de papuã pastejado por caprinos com diferentes cargas animal para a obtenção de diferentes alturas de manejo. Pato Branco, 2011.....	44
Figura 6 – Pluviosidade observada na Estação Experimental do IAPAR, em Pato Branco, durante o período de manejo do pasto de papuã.....	45
Figura 7 – Relação entre altura de manejo pretendida (linha tracejada) e a altura de manejo real (linha contínua) observada no pasto de papuã durante o período experimental com pastejo por caprinos. ** Significativo à 1% de probabilidade de erro.....	46
Figura 8 – Dinâmica da massa de forragem de pasto de papuã, pastejado por caprinos com diferentes cargas animal. Pato Branco, 2011.....	47
Figura 9 – Relação entre altura de manejo pretendida e a massa de forragem do pasto de papuã pastejado por caprinos. Pato Branco, 2011. ** Significativo à 1% de probabilidade de erro.....	47
Figura 10 – Matéria orgânica do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,015 – 0,20 m. ** Significativo à 1% de probabilidade de erro.....	49
Figura 11 – Matéria orgânica do solo em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente ao pasto de papuã pastejada por caprinos. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,015 – 0,20 m. ** Significativo à 1% de probabilidade de erro.....	51
Figura 12 – Respiração microbiana do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã, na camada de 0,0 a 0,10 m.....	54
Figura 13 – Respiração microbiana no solo na camada de 0,00 – 0,10 m, em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente ao pasto de papuã pastejada por caprinos.....	55
Figura 14 – Porosidade total do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m.....	56
Figura 15 – Porosidade total do solo em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente ao pasto de papuã pastejada por caprinos. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.....	57
Figura 16 – Macroporosidade do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m.....	59
Figura 17 – Macroporosidade do solo em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente ao pasto de papuã pastejada por caprinos. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. ** Significativo à 1% de probabilidade de erro.....	61

- Figura 18 – Microporosidade do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.....63
- Figura 19 – Microporosidade do solo em área pós cultivo de trigo subsequente à pastejo caprino de papuã, sob área de SILP sob SPD. (a) camada 0 a 0,05 m; (b) camada 0,05 a 0,10 m; (c) camada 0,10 a 0,15 m; (d) camada 0,15 a 0,20 m..... 64
- Figura 20 – Densidade do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.....65
- Figura 21 – Densidade do solo em área pós cultivo de trigo subsequente à pastejo caprino de papuã, sob área de SILP sob SPD. (a) camada 0 a 0,05 m; (b) camada 0,05 a 0,10 m; (c) camada 0,10 a 0,15 m; (d) camada 0,15 a 0,20 m.....66
- Figura 22 – Resistência a penetração do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m..... 69
- Figura 23 – Resistência à penetração do solo em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente à pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \*\* Significativo à 1% de probabilidade de erro..... 71
- Figura 24 – Teor de fósforo no solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.....75
- Figura 25 – Potássio trocável do solo em função da altura de manejo do pasto de papuã, em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente à pastejo. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro..... 76
- Figura 26 – Magnésio trocável do solo em função da altura de manejo de pasto de papuã, em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente à pastejo. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.....80
- Figura 27 – Capacidade de troca de cátions em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0 a 0,05 m; (b) camada 0,05 a 0,10 m; (c) camada 0,10 a 0,15 m; (d) camada 0,15 a 0,20 m..... 82
- Figura 28 – pH em CaCl<sub>2</sub> do solo em função da altura de manejo do pasto de papuã, em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente à pastejo. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.....83
- Figura 29 – Saturação por bases do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0 a 0,05 m; (b) camada 0,05 a 0,10 m; (c) camada 0,10 a 0,15 m; (d) camada 0,15 a 0,20 m.\*\* Significativo à 1% de probabilidade de erro.....84
- Figura 30 – Densidade de plantas de trigo aos 21 dias após a semeadura, em sucessão de pasto de papuã pastejado por caprinos, sob diferentes alturas de manejo do pasto, em área de SILP sob SPD..... 86
- Figura 31 – Rendimento de grão de trigo em sucessão de pasto de papuã pastejado por caprinos, sob diferentes alturas de manejo do pasto, em área de SILP sob SPD.....87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas do solo, em profundidade, antes da implantação do experimento...	35
Tabela 2 - Características químicas do solo, em profundidade antes da instalação do experimento. Laboratório de Solos, UTFPR, Campus de Pato Branco.....	36
Tabela 3 – Carga animal média, altura real média do pasto de papuã e área útil das parcelas para os níveis do fator altura de manejo.....	37
Tabela 4 – Épocas das avaliações de solo na área experimental.....	40
Tabela 5 – Matéria orgânica do solo ( $g\ dm^{-3}$ ), em diferentes camadas, em área de SILP sob SPD, em parcelas do pasto de papuã com e sem pisoteio por caprinos. Pato Branco, 2011....	51
Tabela 6 – Respiração microbiana do solo, na camada de 0,00 – 0,10 m de profundidade, em área SILP sob SPD, em parcelas de pasto de papuã com e sem pisoteio por caprinos.....	54
Tabela 7 – Coeficiente de correlação simples entre a taxa de respiração microbiana e a altura real média do pasto de papuã pastejado por caprinos, na camada de 0,10 m, em área de SILP sob SPD.....	55
Tabela 8 – Porosidade total do solo ( $m^3\ m^{-3}$ ) em área de SILP sob SPD, após pasto de papuã pastejada por caprinos, em diferentes camadas. Pato Branco, 2011.....	57
Tabela 9 – Macroporosidade do solo em área de SILP sob SPD, na camada de 0,00 – 0,05 m em parcelas de pasto de papuã, em função da altura de manejo do pasto.....	58
Tabela 10 – Macroporosidade do solo em área de SILP sob SPD, em parcelas de pasto de papuã com e sem pisoteio por caprinos, em diferentes camadas.....	60
Tabela 12 – Microporosidade do solo na camada de 0,00 – 0,05 m, em área de SILP sob SPD, em parcelas de pasto de papuã, em função da altura de manejo do pasto de papuã.....	62
Tabela 12 – Microporosidade do solo em diferentes camadas, em área de SILP e SPD, em parcelas com pasto de papuã manejada em diferentes alturas. Pato Branco, 2011.....	63
Tabela 13 – Densidade do solo ( $Mg\ m^{-3}$ ) em área com e sem pisoteio por caprino em pasto de papuã, sob SPD manejado em SILP.....	67
Tabela 14 – Resistência à penetração do solo em área de SILP sob SPD, em parcelas com pasto de papuã. Pato Branco, 2011.....	70
Tabela 15 – Características químicas do solo em diferentes camadas do solo, em área de SILP sob SPD, em parcelas com pasto de papuã. Pato Branco, 2011.....	73
Tabela 15 – Continuação .....	74
Tabela 16 – Coeficiente de correlação simples entre as características químicas do solo e a altura real média de manejo do pasto de papuã pastejado por caprinos, sob SPD e SILP.....	77
Tabela 17 – Capacidade de troca de cátions do solo nas camadas de 0,00 – 0,05 e 0,05 – 0,10 m, em área de SILP sob SPD, em parcelas de pasto de papuã, em função da altura de manejo do pasto.....	81
Tabela 18 – Coeficiente de correlação simples entre as características do solo e o rendimento de grãos de trigo em área manejada em diferentes alturas de manejo de pasto de papuã pastejada por caprinos, sob SPD manejado em SILP.....	88

**LISTA DE SIGLAS**

Cfa	Clima subtropical úmido
CTC	Capacidade de troca de cátions
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
MF	Massa de forragem
MOS	Matéria orgânica do solo
MS	Matéria seca
pH	Potencial de hidrogênio
pH-SMP	Potencial de hidrogênio – método Shoemaker, Mac lean e Pratt
PR	Unidade da Federação – Paraná
PV	Peso vivo
SILP	Sistema de integração lavoura-pecuária
SPD	Sistema de plantio direto

**LISTA DE ABREVIATURAS**

cm	Unidade de medida, centímetro
cmol <sub>c</sub>	Unidade de medida, centímol de carga
dm	Unidade de medida, decímetro
Et al.	Abreviatura da expressão latina “et alia”, significando “entre outros”
g	Unidade de medida, grama
ha	Hectare
kg	Unidade de medida, quilograma
L	Unidade de medida, litro
m	Unidade de medida, metro
M	Unidade de medida, molar
m <sup>2</sup>	Unidade de medida, metro quadrado
m <sup>3</sup>	Unidade de medida, metro cúbico
Mg	Unidade de medida, megagrama
mL	Unidade de medida, mililitro
mm	Unidade de medida, milímetro
MPa	Unidade de medida, megapascal



## LISTA DE SÍMBOLOS

°	Grau
°C	Grau Célsius
'	Minuto
*	Significativo à 1% de erro
**	Significativo à 5% de erro
%	Percentagem
~	Aproximadamente
Al <sup>3+</sup>	Íon alumínio
C	Carbono
CaCl <sub>2</sub>	Cloreto de cálcio
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
H <sup>+</sup>	Íon hidrogênio
KCl	Cloreto de Potássio
m(%)	Saturação por alumínio
N	Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de Sódio
P	Fósforo
r	Coefficiente de correlação
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação
V(%)	Saturação por bases
σ <sub>p</sub>	Pressão de pré-consolidação

## SUMÁRIO

### Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1 SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	20
2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	23
2.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	28
2.4 ESPÉCIE FORRAGEIRA: PAPUÃ .....	31
2.5 HIPÓTESE.....	33
2.6 OBJETIVOS.....	33
2.6.1 Objetivo Geral.....	33
2.6.2 Objetivos Específicos.....	33
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	35
3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	36
3.3 AVALIAÇÕES.....	40
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
4.1 ALTURA DE MANEJO DO PASTO E MASSA DE FORRAGEM.....	44
4.2 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO.....	48
4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO.....	55
4.3.1 Porosidade Total do Solo.....	55
4.3.2 Macroporosidade do Solo.....	58
4.3.3 Microporosidade do Solo.....	62
4.3.4 Densidade do Solo.....	64
4.3.5 Resistência à Penetração do Solo.....	68
4.3 ALTERAÇÕES NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO.....	72
4.5 RENDIMENTO DE GRÃOS DE TRIGO.....	85
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>101</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, na agricultura se tem dado ênfase à adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como o sistema plantio direto. Este sistema se caracteriza pela mobilização do solo apenas na linha de semeadura, manutenção da palhada das culturas como cobertura do solo e rotação de culturas, com vistas a reduzir os efeitos da degradação do solo causada pelo uso e manejo inadequados. Mais recentemente, o plantio direto tem sido utilizado em um sistema de gestão das unidades de produção agrícola, conhecido como sistema de integração lavoura-pecuária (SILP) que, teoricamente, possibilita um uso mais racional das áreas de produção. Este sistema permite que áreas que eram utilizadas com espécies para cobertura do solo ou mantidas em pousio em um determinado período do ano no sul do Brasil, possam ser utilizadas mais intensivamente, com geração de renda adicional mediante a produção de pasto.

O SILP implica na inclusão de animais nos sistemas agrícolas, aumentando a complexidade do manejo dos mesmos. Em contrapartida, tem como um dos principais benefícios o aumento da diversidade de fontes de renda para os agricultores, o que é importante especialmente para as unidades de produção da agricultura familiar que, em geral, possuem área cultivável pequena, como é comum na região Sudoeste do Paraná.

O sucesso do SILP passa, também, pela escolha da espécie vegetal a ser utilizada para o consumo animal. Deve-se priorizar plantas que apresentem características como: boa qualidade alimentar e nutricional; alta produção de massa de forragem; período vegetativo longo, com época de maior produção nos períodos de vazio forrageiro; e baixo custo de implantação. No que se refere às espécies de inverno, no Sul do Brasil o azevém e a aveia são as plantas mais utilizadas em sistemas de integração nos quais as culturas para produção de grãos são cultivadas no verão. Para sistemas que utilizam pastagens no período de verão e produção de grãos no inverno (trigo e outros cereais), uma alternativa é o uso do papuã como planta forrageira, o qual possui características como ressemeadura espontânea, perdura até início do período de baixas temperaturas, tem alta produção de forragem e boa qualidade nutricional.

A presença de animais no sistema exige uma maior atenção, especialmente no que se refere ao manejo do solo, para que não ocorram problemas de degradação que diminuam a produtividade do sistema. O trânsito de animais no período de pastejo, poderá causar degradação física do solo por compactação, decorrente da pressão exercida pelo pisoteio animal sobre o solo. A compactação acontece, notadamente, quando os animais permanecem no pasto nos dias em que o solo apresenta umidade favorável à compactação. Além do teor inadequado de água, colaboram para a degradação do solo as condições de manejo que reduzem a biomassa vegetal sobre o solo, como ocorre com a utilização de alta carga animal, o que facilita o contato direto da pata do animal com o solo. O ponto chave do manejo do pasto, para que se evitem problemas de compactação do solo, é a taxa de lotação animal, que definirá como se comportará as relações entre os demais fatores do SILP.

A inclusão de animais no sistema implica que parte da biomassa vegetal será consumida, da qual uma parcela retorna ao sistema, na forma de excrementos, e outra é exportada na forma de massa corporal e produtos como o leite. Em sistemas nos quais são utilizados manejos que empregam uma elevada carga animal haverá menor biomassa vegetal residual, maior exportação de nutrientes através dos produtos animais, mas, também, um maior aporte superficial de nutrientes via excrementos. Portanto, o manejo da carga animal e o método de pastejo, terão impactos diretos sobre o balanço entre exportação e reciclagem de nutrientes do sistema, bem como com a quantidade da biomassa vegetal remanescente sobre o solo.

Idealmente, o manejo da carga animal deve possibilitar que os animais consumam quantidade de forragem necessária e suficiente para seu maior desempenho, que seus excrementos retornem à área pastejada, e, ainda, que permita a manutenção de quantidade de biomassa vegetal suficiente para manutenção de palhada sobre o solo, durante e após o pastejo, para proteção da superfície do solo.

Neste contexto, se justifica o presente estudo, que pretende, a partir do estudo das variações nas características físicas, químicas e biológicas do solo, colaborar para a definição de formas mais adequadas de manejo do pasto, em SILP,

bem como contribuir para ampliar o conhecimento sobre o comportamento do papuã, uma espécie ainda pouco estudada em SILPs.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O sistema de integração lavoura-pecuária (SILP) é amplamente utilizado na região Sudoeste do Paraná, assim como em outras regiões do país, visando maximizar o potencial produtivo das propriedades rurais. De maneira geral, este sistema inclui culturas anuais para produção de grãos, associadas às pastagens para a alimentação de animais para produção de carne e ou leite. Quando somente uma destas atividades é utilizada em uma determinada área continuamente, aumenta-se o risco de variações sazonais de produtividade causarem redução na renda do agricultor, comprometendo sua sustentabilidade econômica (CASSOL, 2003). O conceito de SILP agrega o uso das duas atividades, agricultura e pecuária, na mesma área agrícola, em períodos distintos durante o ano agrícola e ao longo dos anos, o que aumenta a diversificação de fontes de renda.

Este sistema possibilita a utilização de áreas que ficariam ociosas, ou que se faça um melhor uso de plantas forrageiras que seriam utilizadas para cobertura do solo num determinado período do ano. Essas áreas podem ser utilizadas como fonte de alimento para a engorda e recria de gado de corte ou para produção de leite, tornando-se uma alternativa para o aumento da renda por unidade de área (COLLARES, 2005). Entretanto, para o sucesso do sistema, tanto a agricultura quanto a pecuária não devem ser encaradas como atividades que são antagônicas dentro da área, mas sim como atividades complementares que, quando integradas, funcionam em sinergismo (MORAES et al., 2002; CASSOL, 2003).

A variabilidade apresentada pelo SILP permite o uso de uma área com culturas, tanto para produção de grãos quanto para produção animal de diversas formas. No sul do Brasil se utiliza, basicamente, uma cultura anual de verão para a produção de grãos e pasto anual de inverno para a alimentação do gado, composta predominantemente por gramíneas. Por razões econômicas e culturais, a soja tem se constituído na principal cultura de verão e a aveia preta e o azevém as forrageiras que constituem as pastagens de inverno (NICOLOSO et al., 2008). Entretanto, Sartor (2009) afirma que também pode ser feito o inverso, ou seja, cultivar

forageiras de verão (ex.: papuã, sorgo, milheto, panicuns, penicetuns, cynoduns, etc.) para pastejo animal e cultura anual no inverno (trigo, cevada, canola, etc.) para a produção de grãos. Destaca-se aqui que as rotações acontecem entre as glebas e não na propriedade agrícola total, ou seja, em uma mesma propriedade podem coexistir várias glebas com diferentes manejo do SILP.

Considerando-se as características edafoclimáticas da região Sudoeste do PR, a existência de diversas espécies vegetais adaptadas tanto para a produção de forragem como para grãos e, ainda, as flutuações no valor da produção agropecuária, entende-se ser adequado que outras possibilidades devam ser estudadas, com o intuito de ampliar a flexibilidade do sistema. Isso permitirá uma ampliação das possibilidades de escolha dentro do SILP, com prováveis ganhos econômicos aos agricultores. Atualmente, na região do cerrado brasileiro, por exemplo, são encontradas formas alternativas de manejar as pastagens em SILPs, destacando-se os sistemas denominados de Barreirão e de Santa Fé (KLUTHCOUSKI et al., 1991; KLUTHCOUSKI, STONE e AIDAR, 2003; KLUNTCOUSKI et al., 2004).

A adoção do SILP, fazendo-se o uso das pastagens para produção animal e culturas anuais para produção de grãos, não garante, por si só, a sustentabilidade do sistema de produção. Esta depende do manejo adequado do solo, das plantas e dos animais, das relações que se estabelecem entre eles, bem como das relações socioambientais no local onde o sistema é inserido (Figura 1). Como afirmam Bayer e Mielniczuk (1997), é importante conhecer as alterações geradas pela adoção de uma prática ou sistema de manejo sobre as condições específicas do solo e do clima, para que se possa obter entendimento das potencialidades dos sistemas de manejo, tanto em relação aos benefícios sobre à produtividade das culturas, como sobre a necessidade de adoção de práticas que contornem possíveis limitações advindas da sua utilização. No caso do SILP, de maneira simplificada e localizada, as variáveis que ajudam a compreender os impactos de sua utilização estão compreendidas dentro dos três componentes principais do sistema, que são o solo, a planta e o animal. Estes componentes são influenciados pelos fatores ambientais e sociais, se inter-relacionam e proporcionam, para cada situação específica, um determinado resultado econômico e ambiental.

Variações em qualquer desses componentes, acarretam interferências nos demais, com prováveis efeitos, benéficos ou maléficos, sobre a produção animal e vegetal e, conseqüentemente, sobre a produtividade do sistema e sobre sua sustentabilidade econômica e ambiental.

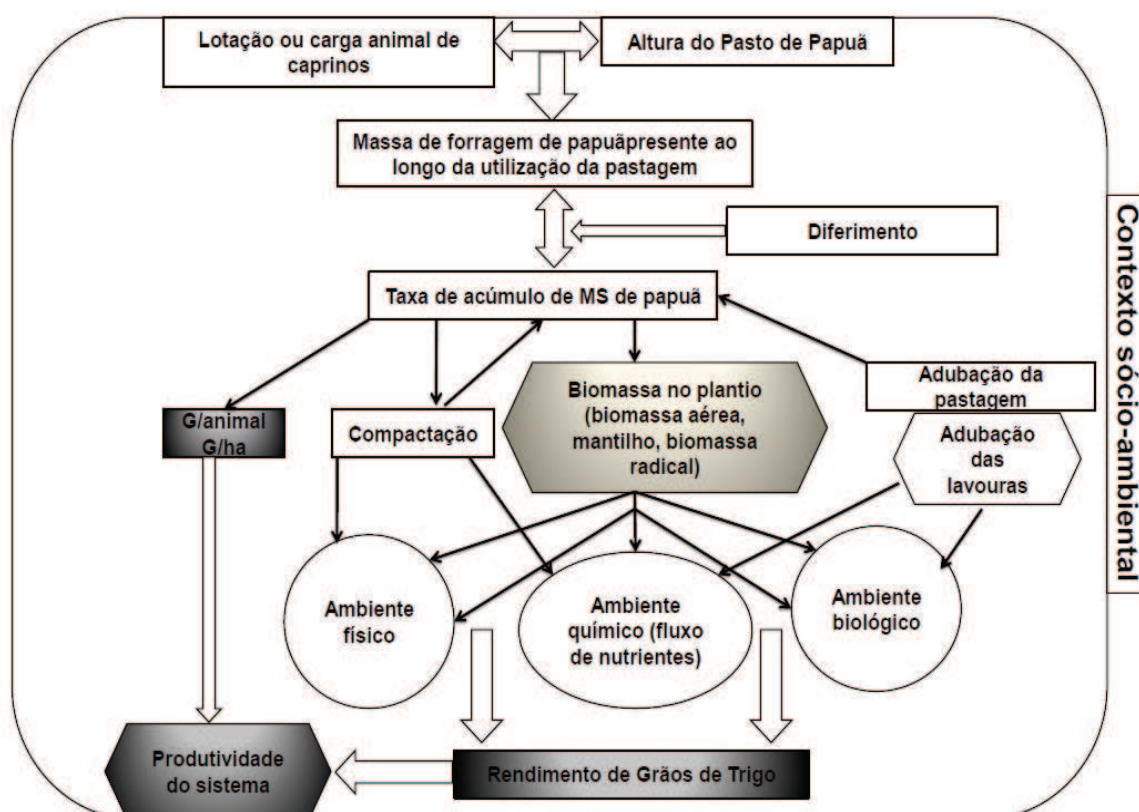


Figura 1 - Diagrama conceitual do SILP, adaptado de Moraes et al. (2002).

O entendimento do complexo funcionamento das relações solo-planta-animal, inseridas em um contexto socioambiental em sistemas integrados, como é demonstrado na Figura 1, é condição necessária para melhor compreender o sistema dentro de suas variáveis, como afirmam Moraes et al. (2002) e Cassol (2003), e em qualquer situação deve-se conhecer os diversos fatores envolvidos na dinâmica do sistema, conforme preconiza Collares (2005). Cassol (2003) sintetiza que as alterações na carga animal ou na altura de manejo do pasto é que irão interferir na produção animal e vegetal, tanto de forragem quanto de grãos, pelos efeitos sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo.

Nesse sentido, é importante estudar os vários fatores do manejo do SILP, como a duração do período de pastejo e a carga animal, responsáveis por



determinar a fitomassa e a cobertura do solo remanescente após a saída do gado; a capacidade das culturas de grãos em produzir fitomassa, a fim de compensar a retirada de resíduos durante o inverno para alimentação animal (NICOLOSO et al., 2006; NICOLOSO et al., 2008); a ciclagem de nutrientes pela excreção dos animais (FERREIRA et al., 2011; SOUZA, 2010); as alterações físicas do solo, provocadas pelo pisoteio animal (FLORES et al., 2007; LAZANOVA et al., 2007; MACIEL, 2008; MARCHÃO et al., 2007; SPERA et al., 2004; SPERA et al., 2006; SPERA et al., 2009), a atividade microbiana (SOUZA et al., 2010), entre outras.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

De maneira geral, o sistema de integração lavoura-pecuária (SILP), no Sul do Brasil, abrange o sistema plantio direto como sistema de manejo do solo. Isso implica na incorporação de suas vantagens (manutenção de cobertura morta do solo, enriquecimento do solo de matéria orgânica do solo, redução da erosão hídrica, ampliação da biodiversidade do solo, etc.) e suas desvantagens (compactação superficial do solo; estratificação vertical das características químicas, etc.).

A inclusão de animais nos sistemas agrícolas aumenta a complexidade do manejo do sistema. De maneira geral, existe um receio, por parte dos produtores, de que a inclusão de animais nas áreas de lavoura possa aumentar a ocorrência de compactação do solo pelo pisoteio animal. Lazanova (2005) destaca que isso ocorre, especialmente, entre os produtores que são oriundos de regiões tradicionalmente produtoras de grãos. De certa forma, este receio tem fundamentação, visto que alguns estudos apresentam que há degradação das características físicas do solo em propriedades agrícolas, como observado no trabalho de Collares et al. (2011). Os autores avaliaram as condições físicas do solo em diversas propriedades agrícolas da região noroeste do Rio Grande do Sul e constataram que há degradação das características físicas dos solos sob SILP, que geram prejuízos ao desenvolvimento das plantas em período de deficiência hídrica.

A compactação superficial do solo é um processo inerente ao SPD e, portanto, sempre será observada com maior ou menor intensidade (BRAIDA, 2004)

sendo um dos problemas de degradação física do solo mais importante da atualidade (DEBIASI, 2008). Albuquerque, Sangoi e Ender (2001) observaram que a pressão exercida pelo tráfego de máquinas agrícolas e pelo pisoteio animal em SILP sob SPD acarretou degradação da estrutura do solo em comparação ao sistema mata nativa, com redução da macroporosidade do solo de  $0,29 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na mata para  $0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  no SILP sob SPD, com reflexos significativos sobre a porosidade total e aumento da densidade do solo. Entretanto, Carrasai et al. (2011) não encontraram efeito prejudicial do pisoteio de ovinos durante o ciclo de pastejo de azevém e sobre a densidade do solo em um Argissolo.

A compactação se caracteriza pela diminuição do espaço poroso do solo, com implicações sobre a movimentação de água e de gases no seu interior e na resistência que oferece ao crescimento das raízes das plantas. Em geral, observa-se uma redução da taxa de infiltração de água no solo e uma diminuição na quantidade de água disponível às plantas. Além disso, em períodos de chuvas intensas pode haver dificuldades nas trocas gasosas entre o solo e a atmosfera e, em períodos secos, dificuldades para o crescimento de raízes. A compactação pode atingir níveis prejudiciais ao desenvolvimento das plantas e à produção das culturas, como observado por Silva (2003), Streck (2003) e Secco (2003).

A compactação do solo é resultante da aplicação de pressões produzidas pelas rodas das máquinas agrícolas e, no caso de áreas de SILP, pelas patas dos animais (ALVARENGA et al., 1996; REICHERT et al., 2010). Uma das principais causas da compactação excessiva, observada em lavouras e pastagens, é a aplicação de cargas superficiais quando o solo se encontra em condições inadequadas de umidade, pois o teor de água do solo é um dos principais fatores controladores do processo de compactação (DIAS JUNIOR & PIERCE, 1996; SILVA et al., 2002).

O processo de compactação do solo é determinado pela intensidade e número de vezes que as cargas superficiais são aplicadas, pela resistência oferecida pelo solo e pela existência de fatores que ou afetem as cargas aplicadas ou a resistência do solo. Desse modo, o manejo do solo, do pasto e dos animais, no caso de áreas de SILP, irão interferir no processo de degradação por compactação do solo.

A utilização de elevada carga animal tem como consequência a redução da cobertura vegetal e aumento da área pisoteada pelos animais, em função da mudança do padrão de pastejo (BAGGIO et al., 2008). A baixa quantidade de fitomassa aérea permite o contato direto da pata do animal com a superfície do solo favorecendo a formação de camadas compactadas (MELLO, 2002). A biomassa na superfície do solo funcionaria como um amortecedor, atenuando a pressão exercida pelo rodado das máquinas e pelas patas dos animais (BRAIDA et al., 2006). Assim a compactação do solo em uma área será mais intensa e homogênea quanto menor for a taxa de cobertura e a quantidade de biomassa remanescente sobre o solo após o pastejo.

Flores et al. (2007) justificaram a similaridade dos resultados de atributos físicos em pasto submetido a diferentes pressões de pastejo, à quantidade de resíduo vegetal existente na superfície do solo nos diferentes tratamentos, que variaram de 1,85 a 5,4 Mg ha<sup>-1</sup> nas áreas pastejadas de 10 a 40 cm, respectivamente, e 6,05 Mg ha<sup>-1</sup> na área sem pastejo, portanto para esses autores a quantidade mínima de resíduos sobre o solo encontrada em seu estudo, que foi de 1,85 Mg ha<sup>-1</sup>, seria o suficiente para proteger o solo da ação da pressão exercida pelo pisoteio animal. O trabalho de Braida et al. (2006) confirma a hipótese de que a palha existente sobre o solo é capaz de absorver parte da energia de compactação produzida pelo trânsito de máquinas e animais, sendo essa capacidade de dissipação dependente da quantidade de resíduos sobre o solo e da densidade do solo. Estes resultados demonstram a importância da manutenção de resíduos sobre o solo, quer em área de lavoura ou de pastejo. Nas áreas sob pastejo, a regulação e a manutenção de biomassa sobre o solo depende do manejo do pasto, da espécie forrageira utilizada e, especialmente, da carga animal utilizada.

Os efeitos do pisoteio animal se mostram mais significativos nas camadas superficiais do solo (COLLARES, 2005; VZZOTTO, MARCHEZAN e SEGABINASSI, 2000). Segundo Mello (2002), a pressão exercida pelo pisoteio animal sobre o solo gera, primeiramente, uma compactação superficial, causando um selamento superficial pela redução do tamanho dos poros superficiais e, assim, resulta em prejuízos à capacidade de infiltração de água no solo. As condições de umidade favorável à compactação do solo contribuem para aumento da

compactação (DIAS JUNIOR & PIERCE, 1996; SILVA et al., 2002), existindo, para cada tipo de solo, uma determinada umidade e pressão que levarão a um estado de compactação máximo. Desse modo, para evitar a compactação excessiva, Collares (2005) indica que os animais devem ser retirados da área do pasto quando o solo apresentar umidade favorável à compactação, mas na realidade nem sempre é possível adotar esta prática nas propriedades agrícolas e portanto o risco da compactação do solo é acentuada.

A compactação traz prejuízos à dinâmica do ar e da água no solo (SILVA, 2003; COLLARES, 2005), dificultando as trocas gasosas com a atmosfera e aumentando a força de retenção da água no solo. Em áreas de SILP com problemas de manejo ocorrem os principais impedimentos ao processo de infiltração de água no solo que são: presença de selamento superficial de difícil rompimento; redução da porosidade, principalmente da macroporosidade; aumento da densidade e presença de camada compactada (MELLO, 2002). Quando há redução na macroporosidade a taxa de infiltração de água no solo é reduzida, pois estes poros são os responsáveis pelo fluxo rápido da água no interior do solo (CONTE, 2007). Sales et al. (1999) observaram que a velocidade de infiltração básica do solo se reduz significativamente com o aumento da densidade do solo, acarretando em aumento do escoamento superficial e, possivelmente, da erosão. Além disso, resultará num menor armazenamento de água, pois a principal fonte de água para o solo é a chuva. Se a água da chuva escoar mais do que infiltrar o estoque de água no solo será menor.

A macroporosidade é, também, responsável pela circulação de gases, permitindo a troca de gases entre o ar do solo e a atmosfera e, assim, a entrada de oxigênio para a respiração das raízes, bem como a saída de gás carbônico. Assim, por reduzir a quantidade de macroporos a compactação do solo, prejudica a respiração do sistema radicular das plantas e essas terão dificuldades para absorção de água e nutrientes. Além disso, as raízes aproveitam os macroporos como caminhos preferenciais para seu crescimento (MELLO, 2002).

Outro aspecto relacionado à compactação do solo é que a aproximação entre as partículas do solo gera aumento da coesão entre elas e, assim, há um aumento da resistência à penetração de raízes (COLLARES, 2005), o

que tem efeitos sobre a alongação ou crescimento do sistema radicular. Se a resistência do solo for elevada, pode ocorrer redução ou até mesmo impedimento ao crescimento radicular, ocorrendo uma redução no volume de solo explorado pelas raízes e problemas de sustentação das plantas (CONTE, 2007). Conte (2007) afirma que os métodos de avaliação da resistência à penetração tentam simular a penetração das raízes no solo, e o resultado é influenciado pelo teor de água no solo e pela densidade do solo, mas que a resistência real oferecida pelo solo à penetração radicular é, geralmente, menor do que a resistência medida pelo penetrômetro, já que as raízes procuram os espaços de maior fraqueza durante seu crescimento. Com base nos estudos de Taylor et al. (1966), adota-se o valor de 2 MPa como limite crítico de resistência à penetração para o crescimento das raízes de culturas anuais. Mas essa característica do solo é muito influenciada pela umidade do solo, que causa redução na resistência à penetração com o aumento da umidade.

O SILP é de maior complexidade e variabilidade do que os sistemas isolados de lavoura ou de pastagens. De acordo com Flores (2008), se de um lado o SILP inclui o animal com sua ação compactadora, de outro lado, existe a ação do sistema radicular do pasto e da cultura de verão no sentido de minimizar e até mesmo reverter esse processo. Além disso, há o revolvimento do solo na linha de semeadura, que pode promover o rompimento de camadas superficiais compactadas (GENRO JUNIOR, 2002). Outro aspecto importante, é o crescimento radicular, tanto do pasto como da cultura em sucessão, que contribuem para a melhoria da estrutura do solo, especialmente no caso das gramíneas (CAMPOS et al., 1995; STONE & SILVEIRA, 2001). Além disso, o enriquecimento do solo com matéria orgânica, proporcionado pela adoção do SPD pode contribuir para o aumento da resistência à compactação (BRAIDA et al., 2006, 2008 e 2011).

A resultante desse conjunto de forças e práticas vai depender do manejo adotado com relação aos três componentes do SILP: solo, planta e animal. Lanzasova (2005), avaliando resultados de pesquisa obtidos por diversos autores, concluiu que a utilização de pastejo direto de animais, em forrageiras ou resíduos de plantas, pode causar alterações na densidade do solo, principalmente em condição de umidade do solo favoráveis à compactação. Contudo, em muitos casos, as

alterações impostas pelo pisoteio bovino não comprometem o rendimento de grãos das culturas implantadas em sucessão. Spera et al. (2004), Spera et al. (2009) e Flores et al. (2007) encontraram resultados que corroboram esta observação.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O uso do SILP, associado a um sistema conservacionista como o SPD, é recomendado para evitar a degradação física, química e biológica do solo. Entretanto, em alguns sistemas de manejo, o pastejo pode comprometer o aporte residual de biomassa, influenciando as características químicas do solo, quer seja em função de alterar o processo de ciclagem de nutrientes ou por alterar o balanço entre entradas e saídas de nutrientes do sistema (FERREIRA, 2009).

O pastejo pode, como visto anteriormente, determinar a compactação do solo, com aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, aumento das perdas por erosão hídrica carregando partículas minerais e orgânicas do solo. Além disso, o pastejo pode afetar a biomassa microbiana do solo, que é descrita por Souza et al. (2010) como a fração viva da matéria orgânica, tendo no solo muitas funções em processos bioquímicos e biológicos relacionados à características físicas e químicas do solo.

O manejo das plantas e dos animais no SILP pode afetar diretamente a dinâmica do C orgânico e dos minerais do solo (NICOLOSO, 2005). A dinâmica do C orgânico está vinculada às variações do teor de matéria orgânica do solo, com reflexos sobre a ciclagem de nutrientes (BAYER & BERTOL, 1999), a complexação de elementos tóxicos (SANTOS, 2005), a estruturação do solo (CAMPOS et al., 1995) e, ainda, a atividade microbiana no que se refere à população, atividade e biomassa microbiana do solo (CARDOSO et al., 2009). O manejo da carga animal determinará a quantidade residual de fitomassa das plantas de forragem e, também, a quantidade aportada de excrementos dos animais.

A adoção de sistemas conservacionistas do solo, como o SPD, permite o acúmulo de C orgânico no solo (AMADO et al., 2001; BAYER et al., 2004), mas isso ocorre quando o manejo é adequado, especialmente no que se refere ao aporte

e manutenção de cobertura morta. No caso do SILP, o manejo inadequado do pasto poderá levar ao decréscimo no teor de matéria orgânica, mesmo que se adote o SPD como forma de manejo do solo. No SILP é fundamental o correto manejo das pastagens, sejam de inverno ou de verão, pois ele é decisivo não somente para a obtenção de bons rendimentos zootécnicos, mas também para definir o potencial produtivo das culturas de verão, especialmente no SPD (NICOLOSO, LANZANOVA e LOVATO 2006).

Balbinot Junior et al. (2009) afirmam que a ciclagem de nutrientes em SILP tem uma velocidade elevada, ocorrendo através do crescimento e desenvolvimento das pastagens e das culturas, e devido às ações dos animais. O sistema radicular das plantas pode alcançar camadas profundas do solo, absorvendo nutrientes que se encontram naquele ponto do perfil. Os nutrientes absorvidos nestas camadas, são transportados para a parte aérea da planta, onde são utilizados para constituir os tecidos vegetais. Assim, após a morte ou corte de parte das plantas, estes nutrientes podem ser depositados na superfície do solo e, depois da decomposição, ficar disponíveis para o uso por outras plantas que possuam um sistema radicular de menor alcance em profundidade do solo, dentro do mesmo cultivo ou em cultivos posteriores.

Outro destino dos nutrientes absorvidos pelas plantas pode ser o consumo por parte do animal. Uma parte dos nutrientes ingeridos irá retornar ao solo via excrementos, que tem liberação à solução do solo em curto intervalo de tempo e, assim, podem ser disponibilizados novamente para a absorção pelas raízes das plantas (BALBINOT JUNIOR et al., 2009). A biomassa microbiana do solo fará a decomposição desses resíduos, tanto os provenientes do material vegetal senescido quanto das excreções animais. Maiores quantidades de resíduos sobre o solo farão com que a atividade microbiana seja maior, elevando também a ciclagem dos nutrientes. Desta maneira poderá haver um aproveitamento mais eficiente dos nutrientes adicionados ao solo através da aplicação de adubos e corretivos.

As exportações em sistema com produção leiteira representam menos de 20% dos nutrientes consumidos pelos animais e utilizados em funções estruturais ou metabólicas. De 13% a 20% serão exportados junto com o leite e de 60% a 75%, conforme o nutriente consumido, retornarão à área na forma de fezes e urina

(ASSMANN, ASSMANN e ASSMANN, 2008). Balbinot Junior et al. (2009) informam que a porcentagem de exportação dos nutrientes ingeridos é maior em sistemas de produção de leite em relação à sistemas de produção de carne, em função das retiradas diárias de leite.

Os resíduos depositados sobre o solo, sejam de vegetais ou de animais, terão efeitos sobre a dinâmica de nutrientes e da matéria orgânica, com reflexos na atividade microbiana do solo. Sistemas de manejo que determinam alto aporte de resíduos orgânicos ao solo, de maneira geral, aumentam o conteúdo de matéria orgânica e estimulam a biomassa microbiana, aumentando sua população e, conseqüentemente, sua atividade (SOUZA, 2008; CARDOSO et al., 2009; SOUZA et al., 2010).

A intensidade de pastejo terá implicações sobre a adição de resíduos provenientes diretamente da parte aérea das plantas, predominantes quando o pastejo é menos intenso, ou de resíduos provenientes dos dejetos animais. A princípio, a menor adição de resíduos oriundos diretamente das plantas, quando a intensidade de pastejo é mais alta, seria compensada pela maior deposição de excrementos animais e pelo maior crescimento radicular das plantas. Teoricamente, isso poderia equilibrar diferentes intensidades de pastejo no que se refere ao conteúdo de matéria orgânica do solo e às características relacionadas a ela, como é o caso da atividade microbiana do solo. Entretanto, existe uma diferença na velocidade de decomposição de resíduos oriundos de plantas e de excrementos de animais, sendo os resíduos de plantas os que apresentam decomposição mais rápida. Segundo Adami (2009), isso ocorre porque os excrementos animais são compostos, em sua maior parte, por materiais fibrosos pouco digeríveis como celulose, hemicelulose e lignina, que tem velocidade de decomposição menor, uma vez que os materiais de decomposição mais rápida já foram decompostos no sistema digestivo do animal.

Em estudo realizado por Souza et al. (2010), foi encontrado efeito significativo da intensidade de pastejo sobre a atividade microbiana do solo apenas em condições de estresse hídrico. O tratamento correspondente à maior intensidade de pastejo, no qual a altura do pasto era de 0,10 m, provocou redução na população microbiana do solo. Os autores justificaram tal fato à baixa proteção do solo contra a



perda de água por evaporação, em função da baixa cobertura do solo observada no manejo com alta carga animal, propiciando diminuição na biomassa microbiana do solo. Já, Chávez et al.(2011) verificaram que a atividade microbiana, medida pela hidrólise de diacetato de fluoresceína, foi semelhante entre intensidades de pastejo, mas menor se comparada à área não pastejada, em ILP sob SPD.

Avaliando o impacto da intensidade de uso das pastagens de inverno e do sistema de cultura de verão sobre os estoques de carbono orgânico total do solo, Nicoloso et al. (2008) encontraram que, em áreas sob pastejo bovino as culturas de verão foram responsáveis por mais da metade do aporte de C ao solo. Observaram, ainda, que o aumento da frequência de pastejo reduziu a capacidade do sistema em reter C orgânico no solo. Por outro lado, quando se empregou monocultivo de soja no verão, mesmo em uma baixa intensidade de pastejo, houve decréscimo no estoque de C orgânico do solo. Estes resultados demonstram a importância de incluir, na rotação de culturas do SILP, espécies com alta produção de fitomassa, de maneira a compensar as retiradas resultantes do pastejo animal.

## 2.4 ESPÉCIE FORRAGEIRA: PAPUÃ

O papuã (*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *plantaginea*), também conhecido como capim marmelada, tem sua origem no oeste da África Tropical (EMBRAPA, 1980). Trata-se de uma planta anual de verão, herbácea, entouceirada, ereta, com colmos cilíndricos e hábito de crescimento decumbente, com enraizamento nos nós em contato com o solo, folhas glabras de 0,10 a 0,25 m de comprimento, reprodução por sementes e com até 1 m de estatura (EMBRAPA, 2005; LORENZI, 2006). No Brasil, é uma espécie considerada como planta daninha invasora de lavouras de verão e encontrada nas diversas regiões do país, causando elevadas perdas de produtividade nas culturas anuais (THEISEN e VIDAL, 1999).

Entretanto, o papuã pode prover forragem a um custo muito reduzido, especialmente por apresentar alto potencial de ressemeadura natural e longo período vegetativo, se bem manejado (ADAMI, 2009; SARTOR, 2009). Adami (2009) afirma que o simples fato de ter sido considerada e tratada como uma espécie daninha resultou em uma planta forrageira com várias características desejáveis,

pois, além das citadas anteriormente, apresenta alta plasticidade, longo período de sobrevivência no banco de semente do solo, vários ciclos de germinação ao longo do período de crescimento, elevada capacidade de competição por luz, água e nutrientes, alta produção de biomassa vegetal, entre outros. Devido a essas características, visualiza-se sua utilização após a cultura de inverno (trigo, por exemplo) ou mesmo de verão (milho ou soja), sendo utilizada em propriedades que necessitam de alimento para os animais no período de outono, época caracterizada pela escassez de forragem, uma vez que o pasto de inverno ainda não foi estabelecido e o de verão está em declínio (SARTOR, 2009).

Além do uso sob pastejo direto, já existem trabalhos avaliando o uso da espécie na forma de silagem (RESTLE et al., 2003), como alternativa mais barata às silagens tradicionais das graníferas milho e sorgo. No entanto essa é uma alternativa que necessita de mais estudos, especialmente no sentido da obtenção de uma silagem de boa qualidade.

Em termos de produção, Sartor (2009) e Adami (2009) citam um rendimento superior a  $19 \text{ Mg ha}^{-1}$  de matéria seca em quatro meses de pastejo de papuã, apresentando um teor médio de nutrientes digestíveis totais de 66,41% da MS, fibra em detergente neutro média de 63,84% da MS e em detergente ácido com média de 30,6% da MS, proteína bruta de 17,6% da MS, 2,48 % da MS de potássio, 0,33 % da MS de fósforo e cálcio médio de 0,66 % da MS.

Nesse contexto, pretende-se com o presente trabalho contribuir para a obtenção de informações para um manejo adequado do pasto de papuã, sob pastejo direto de caprinos, que não cause degradação do solo e possibilite a inclusão desta espécie no SILP, contribuindo para que esta planta deixe de ser encarada como uma espécie daninha e possa ter viabilizada sua utilização como espécie forrageira.

## 2.5 HIPÓTESE

A quantidade de biomassa de papuã, dentro de um sistema de integração lavoura-pecuária, será tanto menor quanto maior for a carga animal aplicada, sendo isso precursor de processos de degradação do solo como aumento da densidade, da microporosidade, da resistência à penetração e uma diminuição da macroporosidade, da porosidade total e da cobertura vegetal sobre o solo. Também a quantidade de biomassa do sistema afetará os teores de matéria orgânica do solo e, em consequência, a atividade microbiana.

## 2.6 OBJETIVOS

### 2.6.1 Objetivo Geral

Determinar as alterações ocorridas em características físicas, químicas e na atividade microbiana do solo, em função da altura de manejo do pasto de papuã (*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *plantaginea*), com e sem pisoteio animal, em sistema de integração lavoura-pecuária, no ano de instalação, em área de plantio direto consolidado.

### 2.6.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a produção de biomassa do pasto de papuã submetido a diferentes intensidades de pastejo por cabras;
- Avaliar alterações na densidade, porosidade total, macro e microporosidade e resistência à penetração do solo, ao final do ciclo do pasto de papuã e após o cultivo de trigo subsequente;
- Determinar os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, hidrogênio+alumínio, o pH (CaCl<sub>2</sub>), a saturação por bases e a saturação

por alumínio do solo, ao final do ciclo do pasto de papuã e após o cultivo de trigo subsequente;

- Medir a respiração microbiana no solo ao final do ciclo do pasto de papuã e após o cultivo de trigo subsequente;

- Avaliar as relações entre a altura de manejo do pasto de papuã e características físicas, químicas e atividade microbiana do solo;

- Avaliar o rendimento de grãos de trigo cultivado em sucessão ao pasto de papuã submetido a diferentes intensidades de pastejo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi conduzido na Unidade Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizada no Município de Pato Branco, PR, pertencente à região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense, com coordenadas de 25° 07' Sul e 52° 41' Oeste, com altitude média de 700 m. O clima da região é do tipo Cfa, segundo classificação de Köppen (Maak, 1968). A precipitação pluviométrica apresenta variação, na média dos últimos 10 anos, de 1.578 a 3.101 mm por ano, com temperatura média das máximas de 25°C e das mínimas de 14,2°C (IAPAR, 2011).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), apresentando relevo ondulado e textura muito argilosa. As Tabelas 1 e 2 apresentam as características iniciais da área, físicas e químicas do solo, respectivamente. A área já vinha sendo cultivada sob sistema de plantio direto (SPD) há mais de 10 anos.

Tabela 1 - Características físicas do solo, em profundidade, antes da implantação do experimento.

Camada	Argila	Silte	Areia	Densidade de partícula	Densidade do solo	Porosidade		
						Macro	Micro	Total
-----m-----	-----%-----			-----Mg m <sup>-3</sup> -----		-----m <sup>-3</sup> m <sup>-3</sup> -----		
0 – 0,05	60,2	36,6	3,2	2,48	1,11	0,23	0,45	0,68
0,05 – 0,10	61,8	35,8	2,4	2,58	1,27	0,19	0,45	0,64
0,10 – 0,20	63,6	34,2	2,2	2,59	1,24	0,19	0,44	0,63
Média	61,9	35,5	2,6	2,55	1,21	0,20	0,44	0,65

Tabela 2 - Características químicas do solo, em profundidade antes da instalação do experimento. Laboratório de Solos, UTFPR, Campus de Pato Branco.

Camada	pH (CaCl <sub>2</sub> )	MOS	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC	P	K	V	m
-----m-----		g dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				-----mg dm <sup>-3</sup> -----	-----%-----			
0 – 0,05	5,1	73,7	6,9	3,6	0,1	6,4	18,1	42,2	414	64,2	1,3
0,05 – 0,10	4,43	58	4,4	2,3	0,6	8,6	16,3	14,4	316	46,5	8,9
0,10 – 0,20	4,53	51,2	4,7	2,1	0,4	8,5	16,1	3,0	286	46,2	9,5
Média	4,69	67,1	5,3	2,7	0,4	7,9	16,8	19,9	339	52,3	6,2

MOS = matéria orgânica do solo; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio; CTC= Capacidade de troca de cátions.

### 3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A cultura antecessora foi a aveia preta (*Avena strigosa*) cv. IAPAR 61, consorciada com azevém (*Lolium multiflorum*) cv. São Gabriel. O pasto de papuã (*Urochloa (Syn. Brachiaria) plantaginea*) é uma planta fotoblástica positiva, portanto necessita de luz para germinar, e dessa forma foi realizada na área uma roçada para diminuir a cobertura vegetal e proporcionar melhores condições para a germinação das sementes de papuã.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial de parcelas subdivididas durante o período de pastejo. As parcelas (Figura 2) receberam os níveis do fator altura de manejo do pasto de papuã (0,10 m, 0,20 m, 0,30 m e 0,40 m) (Figura 3), enquanto que as subparcelas foram aplicados os tratamentos referentes ao fator forma de manejo (manejo com pastejo pro cabras ou por corte manual) dentro de cada nível do fator altura de manejo do pasto (Figura 4). As subparcelas manejadas por corte foram obtidas mediante o uso de gaiolas de exclusão (gaiola em local fixo) com área de 1 m<sup>2</sup>, nas quais a altura do pasto era controlada mediante corte manual e não havia pisoteio animal; já as subparcelas com pisoteio animal constituíam-se do restante da área da parcela (Figura 2), onde o pasto foi pastejada por cabras. A relação dos tratamentos com a respectiva carga animal média e altura média do pasto de papuã durante o período experimental, é apresentado na Tabela 3. A aplicação dos tratamentos foi feita no período de verão, iniciando no dia 05 de janeiro e terminando no dia 30 de março, totalizando 84 dias

e, após, no período de inverno foi semeada a cultura do trigo (*Triticum aestivum*). Esta cultura foi conduzida em blocos ao acaso, desconsiderando-se as subparcelas sem pisoteio animal, uma vez que as mesmas foram descaracterizadas quando foram realizadas as coletas de amostras de solo. No cultivo do trigo, houve perda de duas unidades experimentais do bloco 3, correspondentes aos tratamentos 0,10 e 0,30 m, devido ao uso dessas da área dessas duas unidades experimentais em obras realizadas pelo IAPAR.

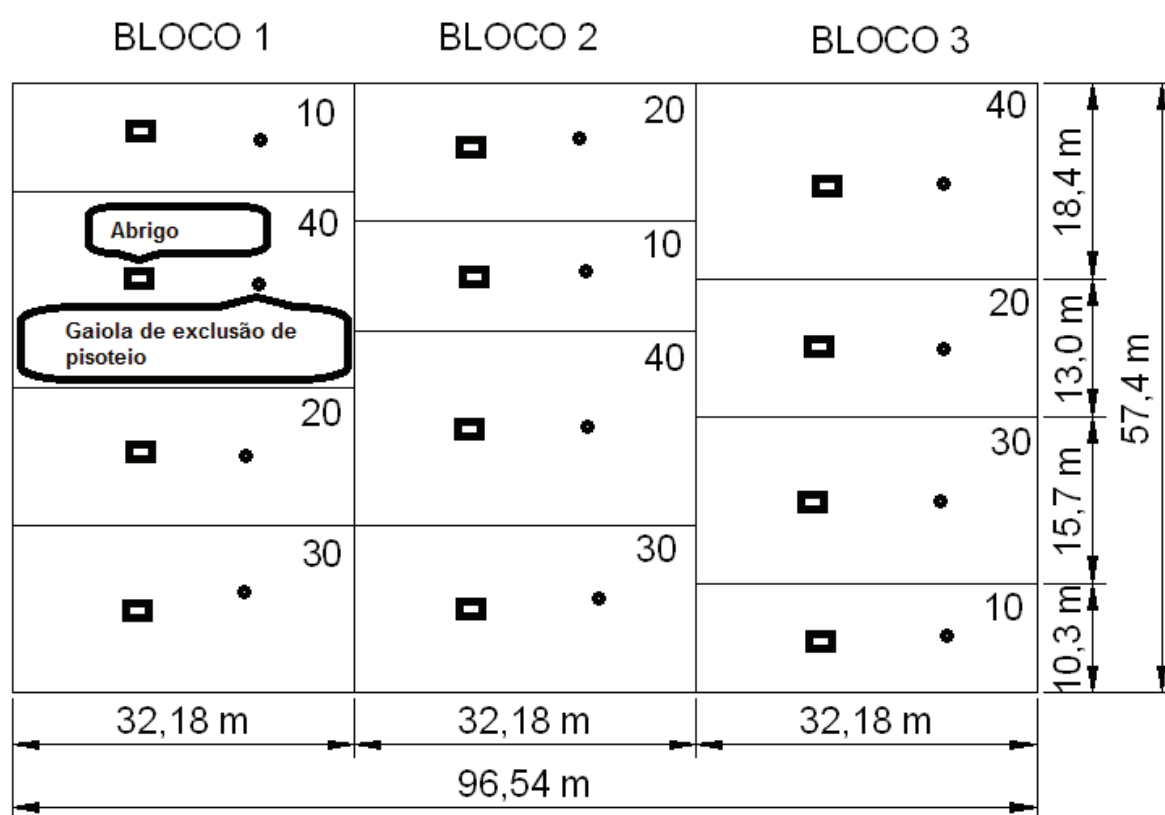


Figura 2 – Croqui da área experimental, na Unidade Experimental do IAPAR, Pato Branco (2010).

Tabela 3 – Carga animal média, altura real média do pasto de papuã e área útil das parcelas para os níveis do fator altura de manejo.

	Níveis do Fator Altura de Manejo			
	0,10 m	0,20 m	0,30 m	0,40 m
Carga animal, kg PV ha <sup>-1</sup>	3.787,9	3.105,9	2.771,6	2.631,6
Altura real média do pasto de papuã, m	0,08	0,16	0,29	0,37
Área útil da parcela, m <sup>2</sup>	331	418	505	592

Os animais utilizados foram cabras do cruzamento das raças SRD e Boer, provenientes do Instituto Agronômico do Paraná – Pato Branco/PR, com média de um ano de idade. No dia anterior ao início do pastejo, os animais foram pesados após jejum de 16 horas, apresentando peso médio inicial de 40 kg animal<sup>-1</sup>.



Figura 3 - Imagens das parcelas experimentais com diferentes alturas de manejo de um pasto de papuã (0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m), submetidas a pastejo por caprinos.

O manejo do pasto nas alturas pretendidas foi realizado mediante o uso de animais “testers” e um número variável de animais reguladores, que constitui técnica denominada “put-and-take” (MOTT & LUCAS, 1952), em pastejo contínuo com taxa de lotação variável. O início do pastejo com os animais “testers” aconteceu no dia 05 de janeiro de 2010, sendo que durante os sete dias anteriores os animais controle pastejaram a área com o objetivo de alcançar as alturas de manejo do pasto pretendida para cada tratamento. Durante o período do experimento, semanalmente, além dos animais testers, foram colocados ou retirados animais controle para regular a altura do pasto conforme o tratamento, calculando-se a carga animal necessária para se alcançar a altura de manejo do pasto pretendida em cada tratamento.



Semanalmente, também, foram realizados cortes do pasto dentro das gaiolas de exclusão de pisoteio animal, conforme a altura prevista para o tratamento naquela parcela, visando simular o efeito do pastejo, mas sem o efeito do pisoteio animal. O material cortado era retirado da parcela experimental.



Figura 4 - Imagem das parcelas experimentais com diferentes alturas de pasto de papuã (0,10, 0,20, 0,30 e 0,40 m), dentro das gaiolas de exclusão de pisoteio animal.

O pastejo animal na área perdurou até o dia 30 de março de 2010, quando o pasto já não suportava as cargas animais dos testers, sem que houvesse perda significativa na altura do pasto dentro de cada tratamento. Após a retirada dos animais a área ficou em pousio até a implantação da cultura do trigo, que foi efetuada no dia 01 de junho de 2010. Para a semeadura do trigo, cultivar IPR 130, a área foi dessecada usando-se  $2,5 \text{ L ha}^{-1}$  de Roundup + DMA, no dia anterior ao plantio, empregando-se uma adubação de base de  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado 8-30-10

e uma densidade de semeadura de 375 sementes  $m^{-2}$  ou 60 sementes por metro linear.

### 3.3 AVALIAÇÕES

Foram realizadas avaliações físicas, químicas e biológicas no solo, nas épocas apresentadas na Tabela 4. As avaliações de densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade foram realizadas segundo metodologia de EMBRAPA (1997), mediante a coleta de amostras indeformadas, em anéis metálicos com dimensões médias de 0,03 m de altura e 0,06 m de diâmetro. Além disso, foram coletadas amostras para determinação do pH em  $CaCl_2$ , dos teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis (em KCl 1M), de  $H^+ + Al^{3+}$  (método do Índice SMP), de carbono orgânico (método Walkley Black), de fósforo e potássio (Mehlich - 1). De posse desses dados foram calculadas as saturações por bases e por alumínio. A metodologia de laboratório seguiu o descrito em Pavan et al. (1992). No campo, foi realizada a análise de resistência à penetração, com emprego de penetrógrafo digital marca Eijkelkanp, com cone de 1  $cm^2$  de área, sendo realizadas cinco repetições por parcela. As avaliações físicas e químicas foram realizadas em quatro camadas: 0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,15 e 0,15 a 0,20 m de profundidade.

Tabela 4 – Épocas das avaliações de solo na área experimental.

Avaliação	Antes da implantação dos tratamentos	Pós aplicação dos tratamentos	Pós cultura do trigo
Granulometria	X		
Densidade de partícula	X	X	X
Densidade do solo	X	X	X
Porosidade total	X	X	X
Macroporosidade	X	X	X
Microporosidade	X	X	X
Resistência a penetração		X	X
Análise química do solo (Rotina)	X	X	X
Respiração microbiana no solo		X	X

Para determinação da atividade microbiana através da análise da respiração microbiana, foram coletadas amostras na camada 0 a 0,10 m, em cada repetição. As amostras coletadas a campo foram conservadas dentro de caixas térmicas e, poucas horas depois, foram processadas no laboratório para dar sequência à análise. Foram pesadas 50 gramas de solo peneirado com malha de 2 mm, colocando-se a amostra em um pote plástico, vedado com fita adesiva, juntamente com um copo plástico contendo 30 mL de NaOH 0,5 M, armazenou-se em local sob temperatura ambiente e no escuro. Foi utilizada uma amostra controle, na qual não havia solo, apenas o copo plástico com a solução de NaOH 0,5 M. As amostras ficaram incubadas por 15 dias; depois desse período, abriu-se os potes, retirando o copo plástico e colocando a solução do copo em um erlenmeyer, onde se adicionou 1 mL de Cloreto de Bário 30% e 1 gota de fenolftaleína. Após fez-se a titulação da amostra com HCl 0,5 M, até o ponto de viragem. Os resultados são apresentados em  $\text{mg kg}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ , e calculados através da fórmula:

$$\text{CO}_2 (\text{mg kg}^{-1} \text{ de solo seco}) = \frac{(Vb - Va) \times 1,1 \times 1000}{PSS} \quad [1]$$

onde: Vb = volume de HCl (mL) gasto na titulação do NaOH do controle; Va = volume de HCl (mL), gasto na titulação de NaOH da amostra; 1,1 = fator de conversão (1 mL de NaOH 0,5 M = 1 mg de  $\text{CO}_2$ ); PSS = peso do solo seco.

No pasto foram realizadas, semanalmente, avaliações da altura do pasto com o auxílio de um bastão graduado em centímetros (“sward stick”), em 30 a 40 pontos por piquete, dependendo do tamanho do mesmo. Para a estimativa da massa de forragem (MF, expressa  $\text{kg ha}^{-1}$  de MS) foram coletadas amostras de forragem, cortando-se as plantas rente ao solo, com o auxílio de uma tesoura de esquila, sendo amostrados dois pontos dentro de cada unidade experimental de forma aleatória, com área de  $0,25 \text{ m}^2$ . Em seguida, as amostras foram embaladas em sacos de papel Kraft, determinada a massa em balança de precisão de um grama para a obtenção da massa fresca. Após a pesagem, as amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar à  $60^\circ\text{C}$  até peso constante. Depois, foram novamente pesadas em balança de precisão, para determinar o peso seco

médio das amostras, determinando-se assim a massa de forragem, expressa em kg ha<sup>-1</sup> de MS.

Nos animais, foi avaliado a carga animal, sendo que os animais eram retirados na noite anterior à pesagem para área sem alimentação. Após a pesagem inicial dos animais (antes do início do experimento), realizaram-se pesagens a cada 21 dias, o que totalizou quatro pesagens até o fim do experimento, nas seguintes datas: 17 de janeiro, 19 de fevereiro, 12 de março e 2 de abril de 2010. Para se obter a média de carga animal em cada parcela do período de pastejo calculou-se a média dos quatro períodos de pesagens. Nas mesmas datas das pesagens dos animais, foram realizadas as amostragens para a determinação da matéria seca da forragem.

Na cultura do trigo, foi avaliada a densidade de plantas em três pontos de 0,25 m<sup>2</sup> a cada três semanas após a semeadura da cultura. Também foi avaliado o rendimento de grãos, para o que foram colhidos 50 m<sup>2</sup> em cada parcela com auxílio da colhedora de parcela. Os grãos colhidos em cada parcela foram pesados, retirando-se uma amostra para a determinação da umidade dos grãos. O rendimento de grãos foi posteriormente extrapolado para kg ha<sup>-1</sup> e ajustado para 13% de umidade.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As avaliações das características do solo foram realizadas separadamente em cada camada analisada e os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância, complementada pelo teste de regressão, no caso do fator altura de manejo, sendo adotado o modelo de maior grau com significância pelo teste F à 5% de probabilidade de erro. Para o fator com e sem pisoteio, foi usada a análise de variância pelo teste F à 5% de probabilidade para verificação das diferenças entre médias. Para as análises referentes ao período dos dados obtidos após a aplicação dos tratamentos em papuã à análise estatística utilizou o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = m + b_k + a_i + (ba)_{ik} + d_j + (ad)_{ij} + e_{ijk}$$

onde: b= blocos (k= 1,2,3); a= alturas de manejos (i= 1,2,3,4); d= pisoteio animal (j= 1,2)

Para as análises referentes ao período durante e pós cultura do trigo os dados foram submetidos a análise estatística utilizando-se o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

onde: t= alturas de manejo (i= 1,2,3,4); b= blocos (j= 1,2,3).

Foram realizados, ainda, estudos de correlação simples, entre as diversas variáveis avaliadas, calculando o coeficiente de correlação e sua significância.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ALTURA DE MANEJO DO PASTO E MASSA DE FORRAGEM

Na data de início do experimento, quando foram inseridos os animais “testers”, em todas as parcelas a altura do pasto era superior à altura de manejo pretendida para os tratamentos (Figura 5), mesmo que sete dias antes do início do experimento, quando a altura média do pasto era superior à 0,30 m em todas as parcelas, os animais reguladores tenham sido introduzidos nas parcelas, com carga animal ajustada de modo a obter a altura pretendida para o tratamento de cada unidade experimental.

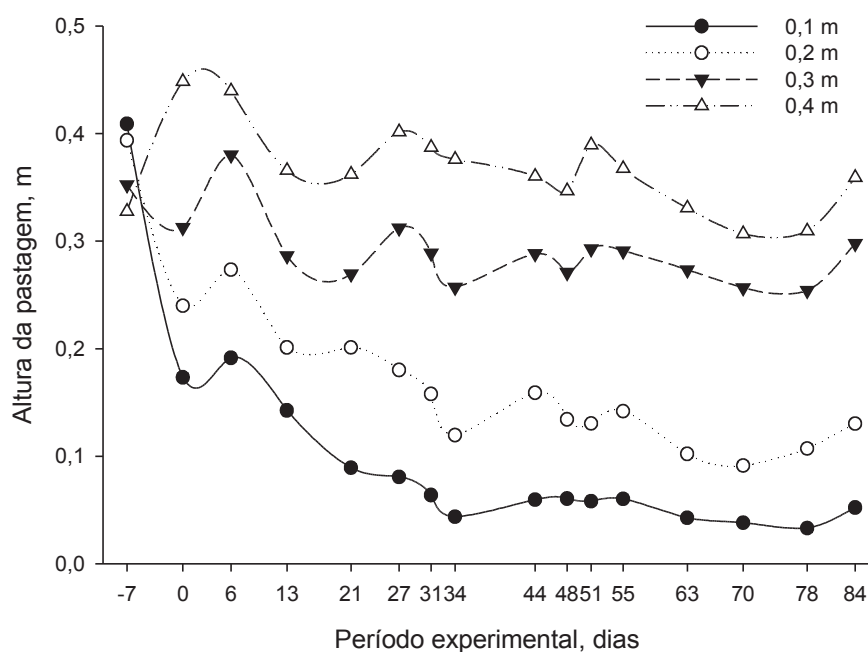


Figura 5 – Dinâmica da altura do pasto de papuã pastejado por caprinos com diferentes cargas animal para a obtenção de diferentes alturas de manejo. Pato Branco, 2011.

Como pode ser observado na Figura 5, houve dificuldade para a manutenção das alturas de manejo pretendidas nos tratamentos testados, fato que se acentuou aos 21 e aos 44 dias após o início do pastejo, a partir de quando as alturas médias reais em todos os tratamentos permaneceram abaixo das pretendidas. Este fato se deve, principalmente, à ocorrência de um período de déficit

hídrico de duas semanas após os 21 e após aos 44 dias do início do pastejo, como pode ser observado na Figura 6.

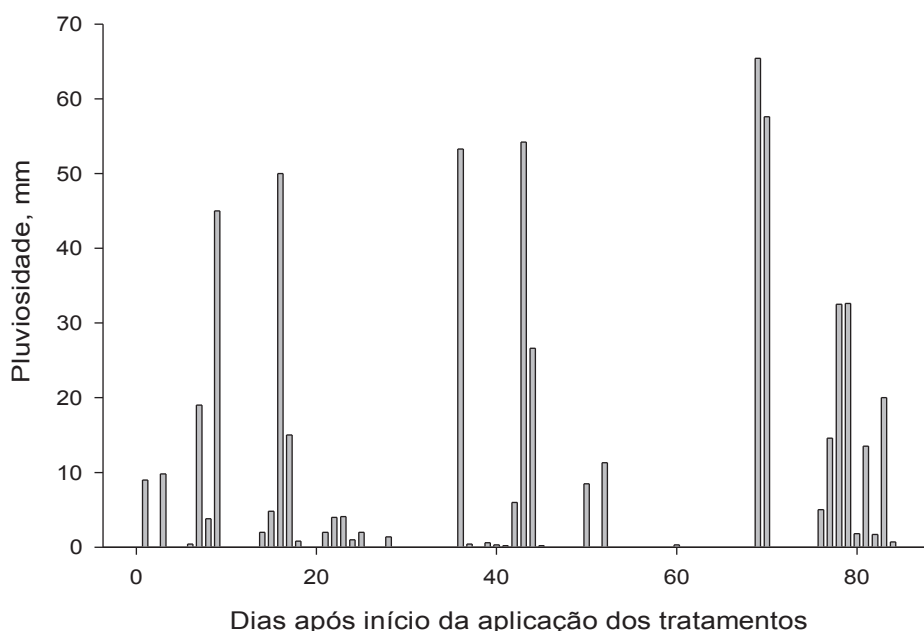


Figura 6 – Pluviosidade observada na Estação Experimental do IAPAR, em Pato Branco, durante o período de manejo do pasto de papuã.

No final do período de pastejo, a dificuldade em manter a altura da pastagem dentro dos limites previamente estipulados, foram motivadas pelo fato das plantas de papuã já estavam em fase final do ciclo, por ser uma espécie estival. Além disso, nessa época as temperaturas médias diárias já eram mais baixas, inibindo o crescimento das plantas. Ao final do período de pastejo os tratamentos apresentavam alturas médias de 0,05; 0,13; 0,30 e 0,36 m de altura, de modo que apenas o tratamento de 0,30 m estava com altura pretendida, enquanto os demais estavam abaixo dessa altura. Considerando todas as medidas realizadas durante os 84 dias de pastejo do papuã pelos caprinos, foram observadas alturas médias de 0,08; 0,16; 0,29 e 0,37 m, respectivamente para os tratamentos com alturas de manejo de 0,10; 0,20; 0,30 e 0,40 m.

Ainda que a altura de manejo real tenha, na média, ficado abaixo da altura pretendida (Figura 7), se obteve um alto coeficiente de correlação, ( $r = 0,96$ ;  $\alpha < 0,01$ ), entre os valores pretendidos e os valores reais, o que demonstra que a variação de alturas entre as repetições dos tratamentos se foi baixa.

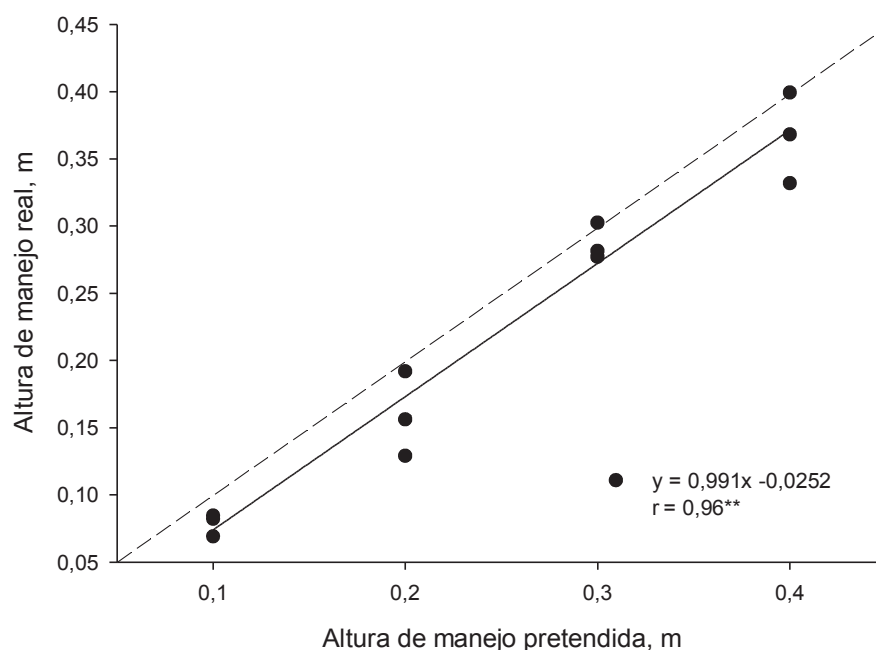


Figura 7 – Relação entre altura de manejo pretendida (linha tracejada) e a altura de manejo real (linha contínua) observada no pasto de papuã durante o período experimental com pastejo por caprinos. \*\* Significativo à 1% de probabilidade de erro.

Em relação à massa de forragem, percebe-se que para os tratamentos com altura de 0,20 e 0,40 m houve uma redução acentuada da mesma, especialmente após os 44 dias de pastejo (Figura 8). No tratamento com altura de 0,10 m esta redução foi menos intensa e naquele com altura de 0,30 m a massa de forragem apresentou variação muito pequena ao longo do período de pastejo. Foi encontrada uma relação linear significativa entre a massa de forragem e a altura de manejo do pasto (Figura 9), indicando que houve aumento da massa de forragem com o aumento da altura de pastejo. A relação matemática entre a altura do pasto e a massa de forragem, observada neste estudo, indica que para cada centímetro de altura do pasto há um incremento de 110 kg ha<sup>-1</sup> de MS aérea de forragem. Esta mesma relação linear entre a altura de manejo do pasto e a massa de forragem foi encontrada também por Cassol (2003) e Lopes et al. (2009), em pasto de aveia + azevém com pastejo bovino. As massas médias de forragem durante o período de pastejo do papuã para os tratamentos 0,10; 0,20; 0,30 e 0,40 m foram de 853, 1.941, 2.939 e 4.110 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente. A carga animal média aplicada para cada tratamento foi de 3.787, 3.105, 2.771 e 2.631 kg ha<sup>-1</sup> de PV, respectivamente, para as alturas de manejo do pasto de 0,10; 0,20; 0,30 e 0,40 m (Tabela 3).



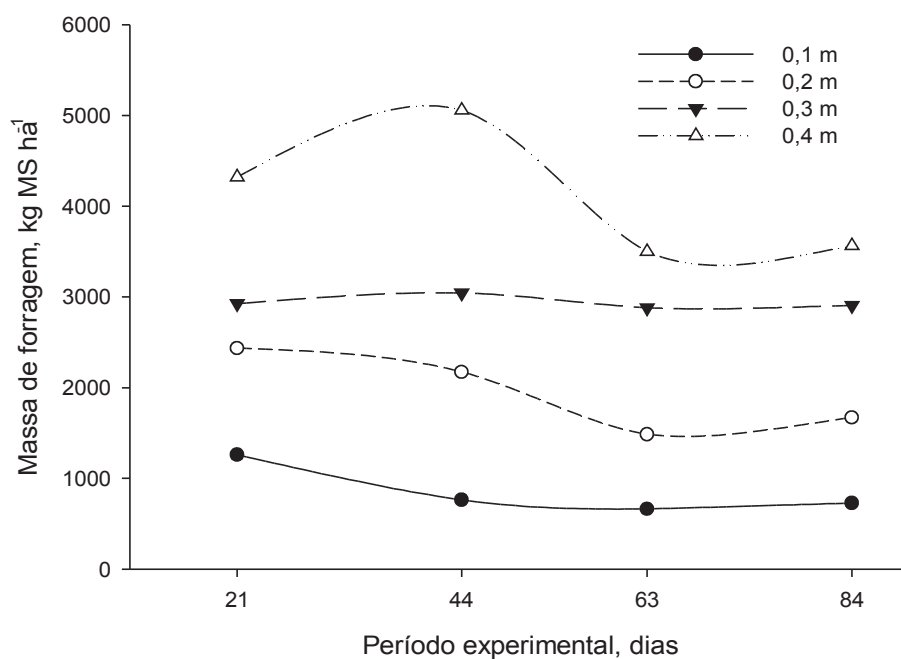


Figura 8 – Dinâmica da massa de forragem de pasto de papuã, pastejado por caprinos com diferentes cargas animal. Pato Branco, 2011.

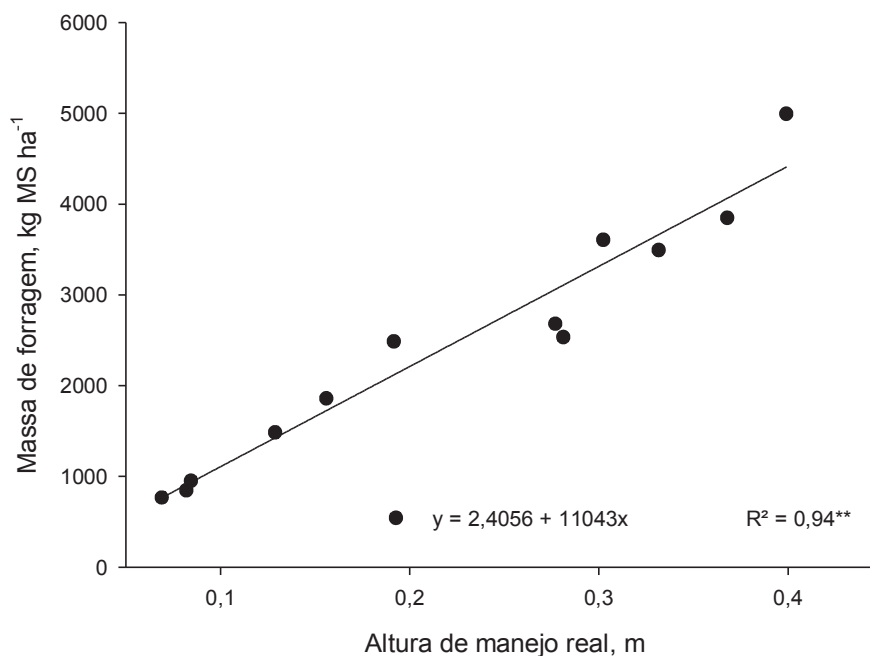


Figura 9 – Relação entre altura de manejo pretendida e a massa de forragem do pasto de papuã pastejado por caprinos. Pato Branco, 2011. \*\* Significativo à 1% de probabilidade de erro.

A massa de forragem residual do experimento (APÊNDICE C), assim como a massa de forragem, apresentou aumento linear significativo com o aumento da altura de manejo do pasto de papuã, resultado esse que é esperado, em função da relação linear altamente significativa entre a altura de manejo real e a massa de forragem. Este resultado confirma que o aumento da altura de manejo do pasto resulta em maior quantidade de resíduos orgânicos que irão permanecer sobre a superfície do solo após o período de pastejo e, dessa forma, maior será a proteção do solo contra forças erosivas, como o impacto das gotas de chuva e o escoamento superficial (GIASON & CASSOL, 1996; BRAIDA & CASSOL, 1999), maior o aporte de matéria orgânica para os processos biológicos do solo (LOVATO et al., 2004) e maior a proteção contra forças compactantes (BRAIDA et al., 2006).

Os dados encontrados no presente trabalho concordam com os obtidos em estudos realizados por Sartor (2009) e Adami (2009), no que diz respeito à utilização do papuã como planta forrageira, mesmo essa sendo considerada uma planta daninha e o comércio de sementes ainda não esteja liberado. Esta espécie é uma opção de alimentação que os produtores devem considerar, especialmente quando os solos estiverem com banco de semente que permita o estabelecimento de pasto com boa densidade de plantas.

#### 4.2 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO

A análise da variância dos dados obtidos após o pastejo do papuã por caprinos não identificou interação significativa entre os tratamentos altura de manejo de papuã e forma de manejo para as variáveis respiração microbiana e matéria orgânica do solo, em todas as camadas e épocas de avaliação. A análise dos fatores isolados evidenciou que a matéria orgânica do solo variou significativamente com o fator altura de manejo de papuã nas camadas 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,15 m, na avaliação realizada após o período de pastejo (Figura 10). No estudo da influência do fator pisoteio animal não houve variância significativa entre as áreas com e sem pastejo direto, em todas as camadas de solo analisadas, para a matéria orgânica e respiração microbiana.

Na avaliação realizada após a colheita da cultura do trigo, o teor de matéria orgânica ainda era influenciado significativamente pela altura de manejo do pasto de papuã, na camada 0,10 – 0,15 m, tendo sido observada resposta cúbica significativa para a altura de manejo (Figura 11).

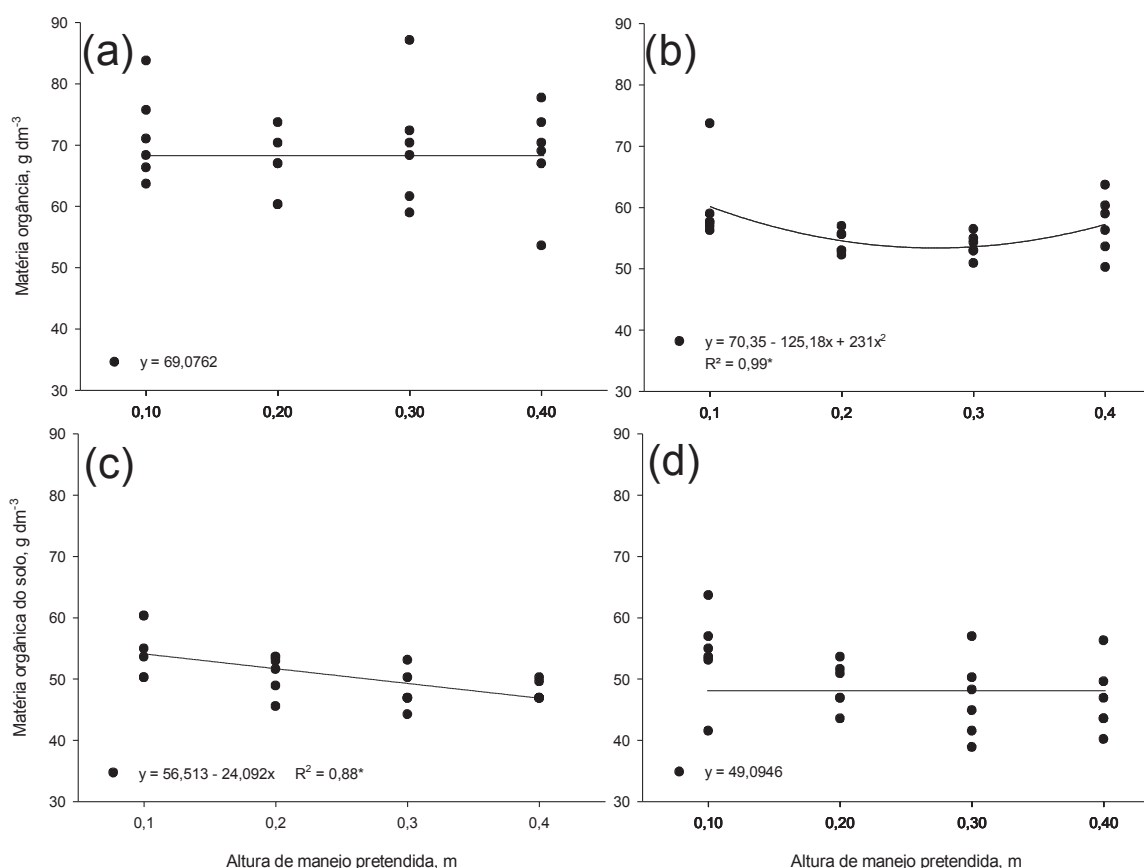


Figura 10 – Matéria orgânica do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \*\* Significativo à 1% de probabilidade de erro.

Os teores de matéria orgânica do solo (MOS) foram altos, mesmo nas camadas mais profundas, situando-se acima de  $40 \text{ g dm}^{-3}$ , indicando que o sistema de manejo do solo adotado na área experimental tem contribuído para seu acúmulo e/ou manutenção. Na camada superficial os teores de MOS foram superiores a  $60 \text{ g dm}^{-3}$ , resultados semelhantes tanto para a avaliação após o pastejo do papuã, quanto para a avaliação após a colheita do trigo (Figura 11). Na camada 0,05 – 0,10 m, o teor de MOS apresentou resposta quadrática, na avaliação no pós pastejo, enquanto que na camada 0,10 – 0,15 m houve resposta linear em função da altura de manejo do pasto, como se observa na Figura 10. O estudo de correlação simples

entre os valores de MOS e a altura real do pasto, observada nas diferentes parcelas pastejadas, mostrou não existir correlação entre as duas variáveis na camada 0,05 – 0,10 m, enquanto que na camada 0,10 – 0,15 m se observou uma correlação significativa ( $r = - 0,63$ ;  $\alpha < 0,01$ ), indicando que, nesta camada, o teor de MOS tendeu a decrescer quando a altura de pastejo cresceu. Isso ocorreu, provavelmente, porque o experimento se refere a um único ciclo de produção, quando ainda não é possível observar os efeitos positivos, sobre o acúmulo de MOS, do maior aporte de resíduo orgânico observado no manejo com maior altura de pastejo. Por outro lado, como a avaliação do teor de MOS foi feito logo após o período do pastejo, é possível que o resultado observado nas parcelas com menor altura de manejo esteja sendo influenciado pela maior atividade radicular, já que o aumento da intensidade de pastejo aumenta a produção de raízes (SOUZA, 2008), o que provoca aumento da rizosfera e liberação de exsudatos orgânicos radiculares (CHÁVEZ et al., 2011), que são facilmente incorporados à MOS pela ação da microbiota do solo.

A área em que o presente estudo foi realizado vinha sendo manejada no sistema plantio direto há mais de 10 anos, o que pode explicar o alto teor de matéria orgânica observado no solo, principalmente na camada superficial (0,00 – 0,05 m). O reduzido revolvimento do solo neste sistema (revolvimento apenas na linha de semeadura) e a não fragmentação dos resíduos orgânicos são as principais razões do acúmulo de matéria orgânica. Segundo Nicoloso (2005) a camada superficial do solo pode ser considerada como zona de ativa decomposição dos resíduos vegetais e de acúmulo de matéria orgânica do solo em áreas de sistema plantio direto, uma vez que ocorre o aporte de resíduos vegetais e que a conversão destes em matéria orgânica é maior do que a taxa de mineralização do carbono orgânico; acarretando assim em alto acúmulo e, portanto, alto teor de matéria orgânica do solo.

A presença de animais na área de pasto não influenciou significativamente os teores de matéria orgânica do solo em todas as camadas analisadas (Tabela 5). Como esta avaliação se deu logo após o período de pastejo, talvez não tenha havido tempo suficiente para a decomposição dos excrementos animais, presentes apenas na área com animais, que poderia alterar o teor de MOS.

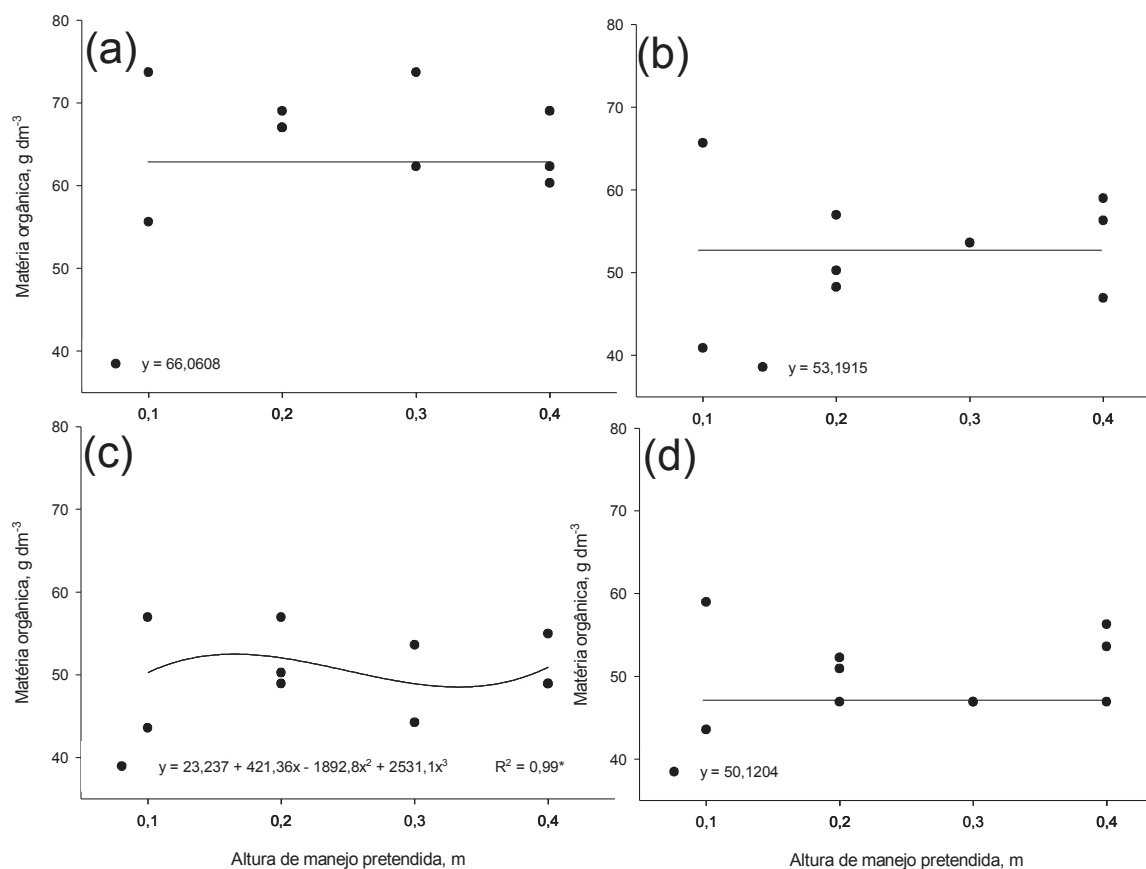


Figura 11 – Matéria orgânica do solo em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente ao pasto de papuã pastejada por caprinos. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \*\* Significativo à 1% de probabilidade de erro.

Tabela 5 – Matéria orgânica do solo (g dm<sup>-3</sup>), em diferentes camadas, em área de SILP sob SPD, em parcelas do pasto de papuã com e sem pisoteio por caprinos. Pato Branco, 2011.

Pisoteio	Camada (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Pastejo por caprinos	66,6 a <sup>1/</sup>	56,8 a	50,2 a	49,4 a
Com cortes manuais	71,5 a	56,0 a	50,8 a	48,8 a
Média	69,1	56,4	50,5	49,1

1/ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Souza (2008), trabalhando com diferentes alturas de manejo de pasto de aveia e azevém, em um Latossolo Vermelho Distroférico, obteve aumento linear no estoque de carbono até o sexto ano de pastejo. Entretanto, no manejo de pasto de forma intensiva (manejo com 0,10 m de altura do pasto de aveia + azevém) o incremento ocorreu somente até o terceiro ano e, depois, houve redução até o sexto

ano de pastejo. Esse resultado e os encontrados por Cassol (2003) e Flores (2004), de certo modo corroboram, os encontrados no presente estudo, pois em solos com teores elevados de argila, não se espera encontrar diferenças entre os tratamentos nos primeiros anos de estudo, essas diferenças possivelmente se evidenciarão com a avaliação de mais anos de experimento. Aratani et al. (2009), trabalhando com diferentes sistemas de manejo em Latossolo Vermelho, não verificaram efeito sobre a MOS após dois anos de utilização do SILP associado ao sistema plantio direto consolidado, em comparação ao sem SILP. Esses autores também não constataram efeito do uso do SILP nos índices de agregação do solo, justificando isso ao pouco tempo de adoção do sistema.

Costa et al. (2009), trabalhando sobre um Cambissolo Húmico não encontraram diferenças significativas nos teores de carbono orgânico total no solo entre SILP e SPD sem a presença de pastejo animal. Já, Nicoloso et al. (2008), trabalhando em um Argissolo, verificaram que o aumento da frequência de pastejo proporcionou redução da capacidade do SILP em reter carbono orgânico no solo e se associado a monocultivo de soja, houve decréscimo no estoque de carbono orgânico total do solo, mesmo numa baixa intensidade de pastejo. Nicoloso et al. (2006) após quatro anos experimentais, em Argissolo, concluíram que o SILP somente atuou como um dreno de carbono atmosférico quando o pastejo teve baixa frequência. Porém, em sistema com maior frequência de pastejo o solo atuou como fonte de carbono para a atmosfera, mesmo quando associado à cultura com alto aporte de biomassa como o milho. Os autores determinaram que, para a manutenção dos estoques originais de carbono orgânico do solo em campo nativo, foi necessária a adição de  $4,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de carbono via resíduos vegetais.

Os resultados experimentais anteriormente citados confirmam que, em sistemas com baixo incremento de material orgânico como é o caso do SILP com alta intensidade de pastejo, haverá redução do estoque de carbono no solo, mas a velocidade com que esta redução ocorre depende da textura do solo. Solos com maior teor de argila apresentam uma maior proteção física à matéria orgânica, por oclusão desta entre partículas minerais, devido à maior agregação e maior estabilidade de agregados destes solos, o que reduz a acessibilidade dos microrganismos e de suas enzimas à matéria orgânica. Ao contrário, em solos com

textura mais arenosa, onde a oclusão da matéria orgânica é menor, ela é mais facilmente decomposta (SOLLINS, HOMANN e CALDWELL, 1996). O presente estudo foi realizado em solo de textura muito argilosa (Tabela 1), no qual se espera que as perdas de MOS somente deverão acontecer com a continuidade do uso de sistemas de alta intensidade de pastejo, devido à destruição das estruturas que proporcionam a oclusão da matéria orgânica, expondo-a à ação da microbiota decompositora, aliado à baixa adição de resíduos pela parte aérea e à exportação e perdas via respiração microbiana que são muito superiores em menores intensidades de pastejo (SOUZA, 2008).

A atividade microbiana se mostrou, também, indiferente à altura de manejo do pasto de papuã, tanto na avaliação após o período de pastejo quanto na posterior à colheita da cultura do trigo (Figuras 12 e 13). Souza et al. (2010) concluíram que sob alta intensidade de pastejo pode ocorrer redução no C, N e P da biomassa microbiana e aumento na respiração microbiana do solo sob condições de estresse hídrico. No entanto, sob condições normais de precipitação pluviométrica, não há diferenças significativas entre intensidades de pastejo na respiração microbiana, o que, talvez, explique os resultados encontrados no presente estudo, no qual o período de coleta de amostras de solo para a avaliação da respiração microbiana, apresentava boas condições hídricas.

Não houve diferença na atividade microbiana entre as áreas pastejadas e não pastejadas por caprinos (Tabela 6), resultado este que difere dos encontrados por Chávez et al. (2011), que verificaram em área de pasto de aveia e azevém não pastejada maior atividade microbiana quando comparada à área pastejada por bovinos. Estes autores relacionaram este resultado à maior cobertura vegetal do solo nas área sem pastejo que mantém maior conteúdo de água e estoque de C e N no solo, estimulando a atividade microbiana. Isto não ocorreu no presente estudo, pois tanto a área pastejada por caprinos quanto a não pastejada foram mantidas sob as mesmas condições de cobertura do solo (altura de manejo).

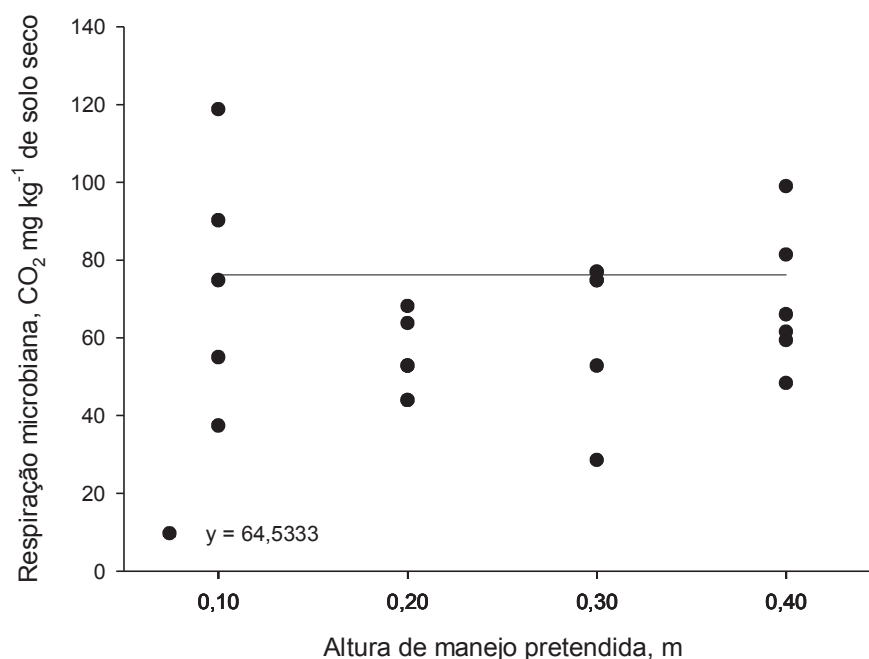


Figura 12 – Respiração microbiana do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã, na camada de 0,0 a 0,10 m.

Tabela 6 – Respiração microbiana do solo, na camada de 0,00 – 0,10 m de profundidade, em área SILP sob SPD, em parcelas de pasto de papuã com e sem pisoteio por caprinos.

Pisoteio	CO <sub>2</sub> emitido
	mg kg <sup>-1</sup> de solo
Pastejo por caprinos	71,68 a <sup>1/</sup>
Com cortes manuais	63,43 a
Média	67,55

1/ Médias não ligadas pela mesma letra na coluna não diferem ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

A altura real de manejo do pasto de papuã mostrou correlação simples significativa com a atividade microbiana apenas na avaliação após a colheita da cultura do trigo ( $r = 0,67$ ;  $\alpha < 0,05$ ), como apresentado na Tabela 7, indicando que o aumento da altura de manejo do pasto de papuã é acompanhada de diminuição da atividade microbiana nesse período.



Tabela 7 – Coeficiente de correlação simples entre a taxa de respiração microbiana e a altura real média do pasto de papuã pastejado por caprinos, na camada de 0,10 m, em área de SILP sob SPD.

Época/local de coleta	Coeficiente de Correlação
Pós pastejo	0,13
Pós-trigo	-0,67*

\* Significativo à 5% de probabilidade de erro.

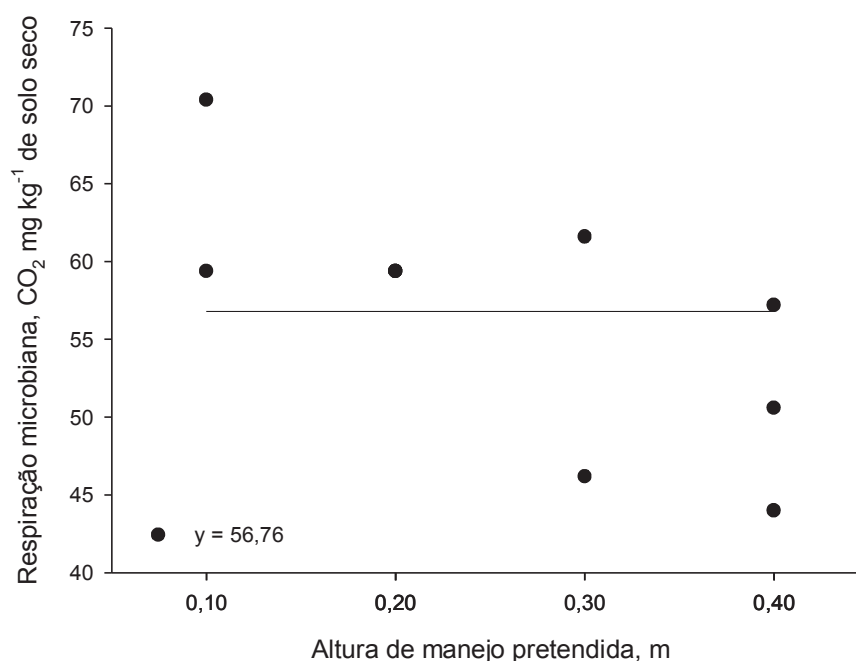


Figura 13 – Respiração microbiana no solo na camada de 0,00 – 0,10 m, em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente ao pasto de papuã pastejada por caprinos.

## 4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

### 4.3.1 Porosidade Total do Solo

Na coleta de solo realizada logo após o término do período de pastejo do papuã por caprinos, a análise da variância para a porosidade total do solo não apresentou interação significativa entre os fatores altura e forma de manejo do pasto, em todas as camadas analisadas. A análise dos efeitos isolados não evidenciou influência significativa da altura de manejo do pasto na porosidade total do solo (Figura 14) e, ainda, que a forma de manejo não causou alteração nesta

variável (Tabela 8). A análise da variância para a avaliação de solo coletada após a colheita da cultura do trigo apresentou resposta significativa da porosidade total para a altura de manejo do pasto somente na camada 0,05 – 0,10 m (Figura 15).

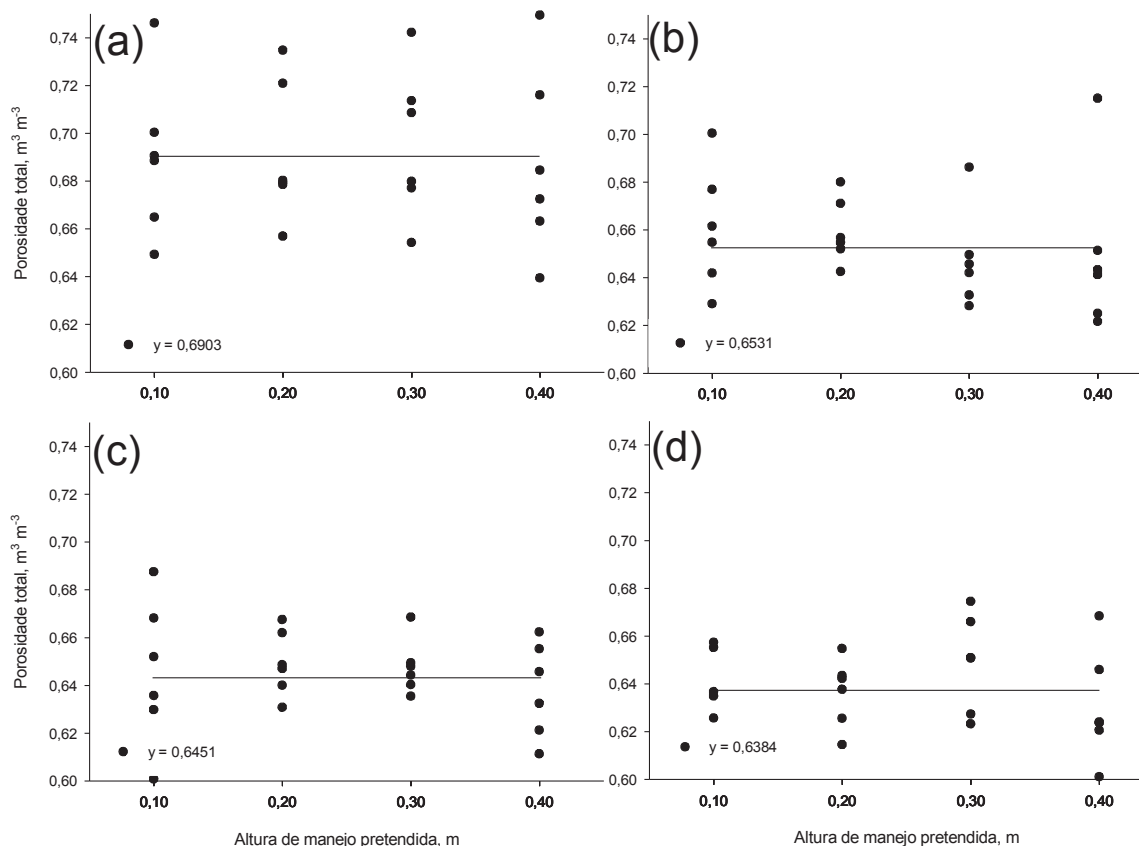


Figura 14 – Porosidade total do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m.

Os valores observados para a porosidade total do solo são relativamente altos, sendo superiores à  $0,60 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  em todos os tratamentos e camadas analisadas. Apesar de altos, estes valores indicam que o solo já apresenta sinais de degradação física. Conforme dados apresentados por Gasparetto et al. (2009), em estudo realizado com um solo pertencente à mesma unidade de mapeamento do presente estudo, em condições de mata nativa, a porosidade total média na camada de 0,00 – 0,50 m de profundidade era de  $0,72 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ .

Tabela 8 – Porosidade total do solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) em área de SILP sob SPD, após pasto de papuã pastejada por caprinos, em diferentes camadas. Pato Branco, 2011.

Pisoteio	Camada (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Pastejo por caprinos	0,69 a <sup>1/</sup>	0,66 a	0,64 a	0,64 a
Com cortes manuais	0,69 a	0,65 a	0,65 a	0,64 a
Média	0,69	0,65	0,64	0,64

1/ Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

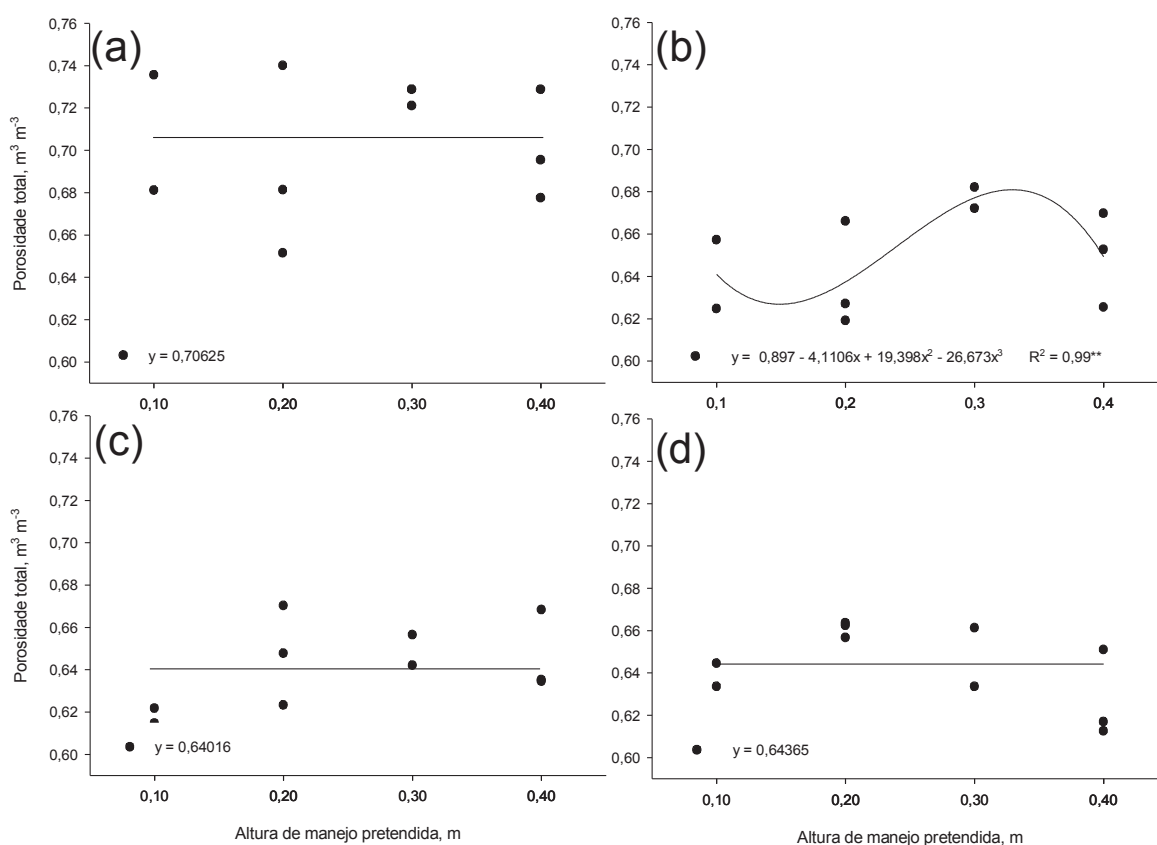


Figura 15 – Porosidade total do solo em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente ao pasto de papuã pastejada por caprinos. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

A observação de significância do modelo cúbico para a porosidade total na camada de 0,05 – 0,10 m (Figura 15), na avaliação realizada após a cultura de trigo, provavelmente, não tem relação com os tratamentos estudados neste trabalho. Esta suposição foi reforçada pela realização do estudo de correlação simples entre as variáveis porosidade total e altura real do pasto de papuã nas diferentes parcelas,

que demonstrou que estas variáveis não apresentam correlação significativa em nenhuma camada estudada.

Lanzanova et al. (2007), em trabalho conduzido em um Argissolo, verificaram que o pisoteio intenso de animais em área de SILP ocasionou uma redução significativa na macroporosidade e, em consequência na porosidade total do solo nas camadas 0,00 – 0,15 e 0,00 – 0,20 m. Já Carassai et al. (2011) não observaram diferenças significativas entre diferentes métodos e intensidades de pastejo por ovinos, na porosidade total na camada superficial de um Argissolo.

#### 4.3.2 Macroporosidade do Solo

A análise da variância para a variável macroporosidade do solo, mostrou interação significativa entre os fatores avaliados na camada 0,00 – 0,05 m, na coleta de solo realizada logo após o término do período de pastejo do papuã por caprinos (Figura 16a). Para as demais camadas, não se observou interação significativa entre os fatores estudados, mas houve efeito dos fatores isolados (altura e forma de manejo do pasto de papuã).

Na camada de 0,00 – 0,05 m foi encontrada interação entre forma e altura de manejo do pasto de papuã sobre a macroporosidade do solo. Na média dos tratamentos, a área pastejada por cabras apresentou, significativamente, menor macroporosidade para a altura de manejo do pasto de 0,40 m e maior na 0,30 m, do que a área sem pisoteio animal (corte manual) (Tabela 9). Já, para o fator altura de manejo do pasto, a análise de regressão mostrou que as equações testadas não apresentaram significância estatística, como é mostrado na Figura 16(a).

Tabela 9 – Macroporosidade do solo em área de SILP sob SPD, na camada de 0,00 – 0,05 m em parcelas de pasto de papuã, em função da altura de manejo do pasto.

	Altura de manejo do pasto (m)			
	0,10	0,20	0,30	0,40
Pastejo por caprinos	0,19 a <sup>1/</sup>	0,22 a	0,25 a	0,16 b
Com cortes manuais	0,24 a	0,22 a	0,16 b	0,24 a
Média	0,22	0,22	0,21	0,20

1/ Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

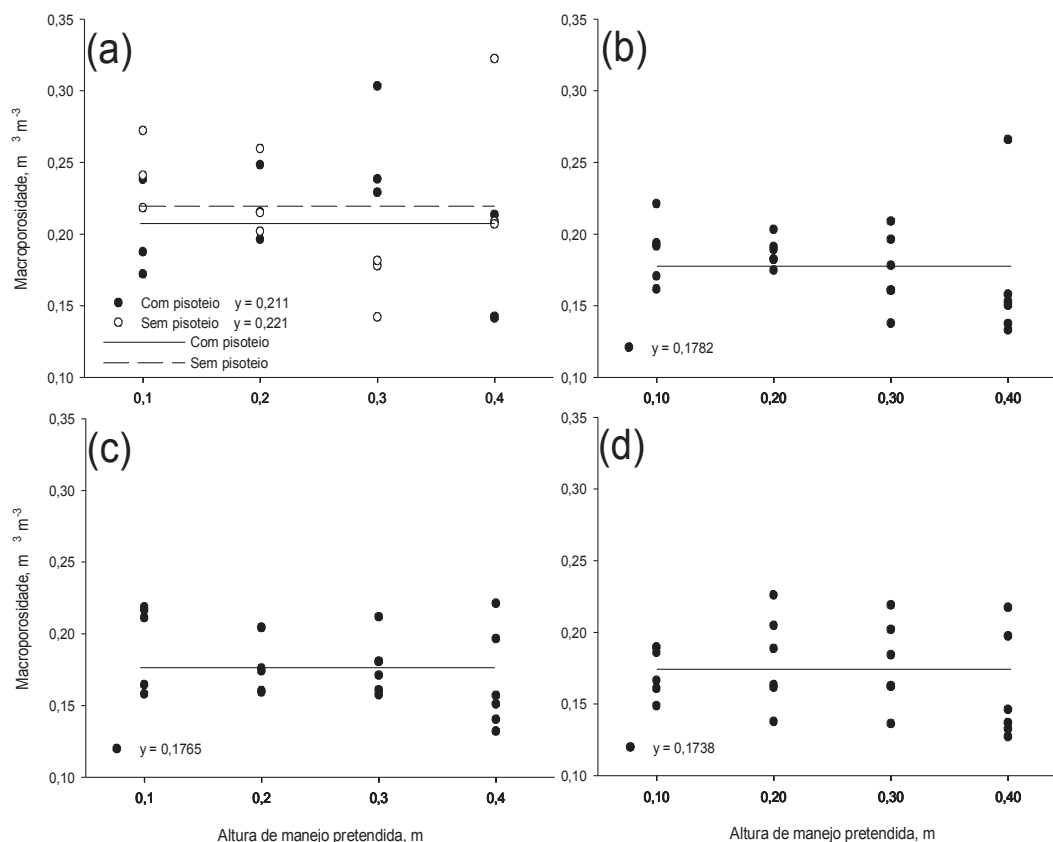


Figura 16 – Macroporosidade do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m.

Diferentemente da camada 0,00 – 0,05 m, nas demais camadas do solo não houve interação entre os fatores estudados e não se observou diferenças significativas entre a área com e sem pisoteio animal (Tabela 10), indicando que o pisoteio animal não alterou o volume de macroporos. Provavelmente isso ocorreu porque a profundidade de efeito das cargas aplicadas na superfície do solo é diretamente proporcional ao tamanho da área de aplicação (HILLEL, 1998, pg. 373). Assim, como no presente estudo as cargas aplicadas são resultantes do pisoteio de caprinos, cujo casco tem pequena área de contato com o solo, o efeito das cargas ficaria restrito à camada mais superficial do solo. Bezerra (2008) verificou que o diâmetro médio da pata de caprinos provenientes do cruzamento das raças Boer e SRD, com idade de 120 dias, é de 0,022 m sendo que deve se assemelhar com os animais do presente estudo, e dessa forma os efeitos do pisoteio de caprinos sobre o solo se refletiriam em média até os 0,025 m de profundidade. Dessa forma os

estudos sobre a influência do pisoteio de caprinos sobre as características físicas do solo deveriam se concentrar na camada superficial e com o estudo de camadas do solo de espessura semelhante ao diâmetro médio do casco dos animais.

Tabela 10 – Macroporosidade do solo em área de SILP sob SPD, em parcelas de pasto de papuã com e sem pisoteio por caprinos, em diferentes camadas.

Pisoteio	Camada (m)			
	0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Pastejo por caprinos	0,21	0,17 a <sup>1/</sup>	0,17 a	0,17 a
Com cortes manuais	0,22	0,18 a	0,18 a	0,18 a
Média	0,21	0,18	0,18	0,17

1/ Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Para a avaliação realizada após o cultivo de trigo subsequente ao pasto de papuã, a análise da variância mostrou variação significativa para as diferentes alturas de manejo do pasto sobre a macroporosidade da camada 0,05 a 0,10 m (Figura 17b).

Provavelmente, essas variações não tenham relação direta com a altura de manejo do pasto de papuã, uma vez que o estudo de correlação entre a macroporosidade e a altura real do pasto não mostrou correlação significativa em nenhuma das situações estudadas nessa época de coleta. Além disso, esta variação não apareceu na análise realizada logo após findo o período de pastejo, podendo ser, assim, creditada ao tráfego de máquinas utilizadas para o cultivo do trigo.

Albuquerque, Sangoi & Ender (2001), trabalhando em um Nitossolo com textura argilosa, encontraram redução no volume de macroporos e conseqüentemente da condutividade hidráulica saturada, na camada superficial do plantio direto com pastejo, em decorrência do trânsito de máquinas e implementos agrícolas utilizados no plantio do milho e ao pisoteio animal no período de inverno. Lanzasova et al. (2007), em trabalho sobre um Argissolo, verificaram que o pisoteio intenso de animais em área de SILP ocasionou redução significativa na macroporosidade na camada superficial do solo. Resultado semelhante foi encontrado por Jesus (2006) e Marchão et al. (2007) em Latossolo Vermelho no cerrado.

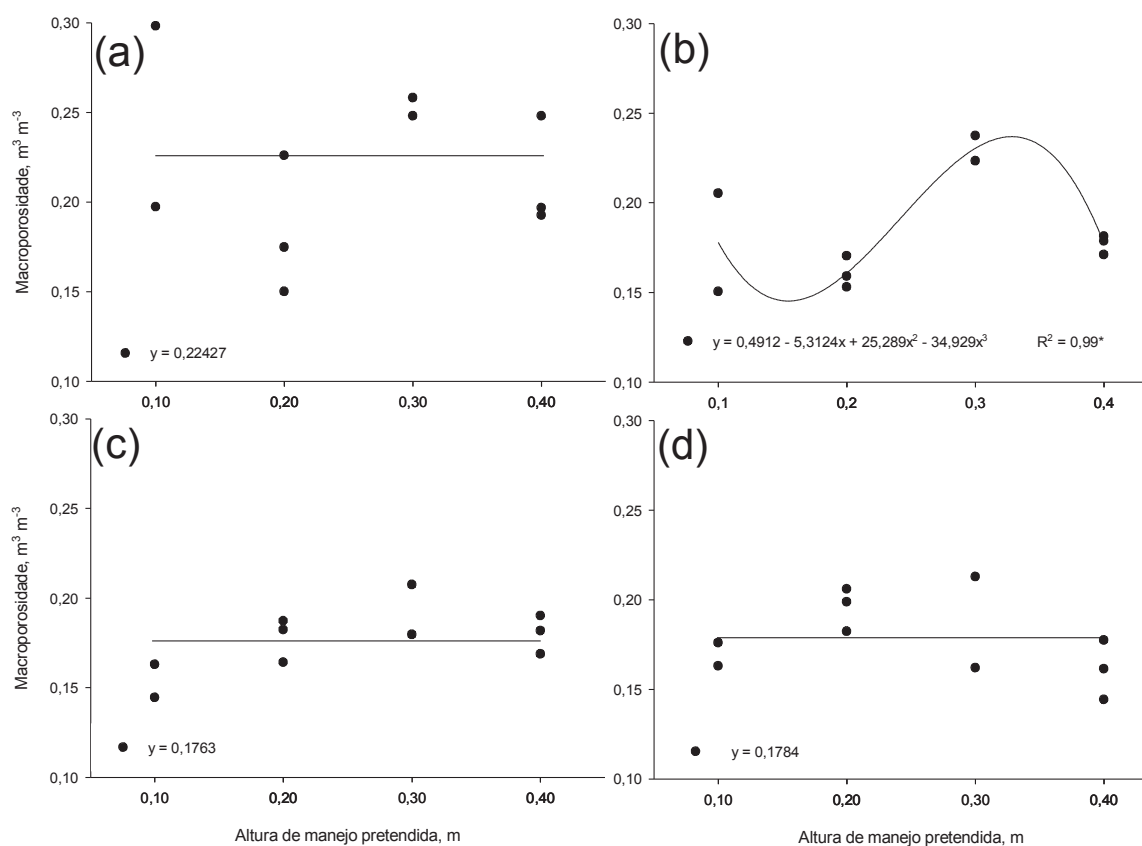


Figura 17 – Macroporosidade do solo em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente ao pasto de papuã pastejada por caprinos. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \*\* Significativo à 1% de probabilidade de erro.

De maneira geral, observou-se que a macroporosidade média das parcelas foi superior a  $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , valor que não representa, teoricamente, riscos ao desenvolvimento das plantas uma vez que é superior a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , valor apontado por Beltrame, Gondin & Taylor (1981) como crítico para o crescimento das plantas. Entretanto, os valores médios observados no presente estudo são inferiores aos observados por Gasparetto et al. (2009), em estudo realizado em dois solos pertencentes à mesma unidade de mapeamento do solo do presente estudo, que apresentavam macroporosidade média de  $0,28$  e  $0,27 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na camada de  $0,00 - 0,50 \text{ m}$  de profundidade. Estes resultados indicam que o uso do solo da área experimental provocou, ao longo dos anos, compactação nas camadas superficiais, mas que o pisoteio por caprinos não provocou compactação adicional.

### 4.3.3 Microporosidade do Solo

A análise da variância para a microporosidade do solo, apresentou interação significativa entre os fatores estudados na camada 0,00 – 0,05 m, na coleta de solo realizada logo após o término do período de pastejo do papuã por caprinos, enquanto que nas demais camadas avaliadas se observou apenas efeito dos fatores isolados. Na avaliação realizada após a cultura de trigo subsequente ao pasto, não se observou variação significativa em função da altura de manejo do pasto de papuã (Figura 19).

Na camada de 0,00 – 0,05 m, verificou-se que o fator forma de manejo produziu diferenças significativas na microporosidade (Tabela 11), sendo que para as alturas 0,10 e 0,40 m, a microporosidade foi maior na área pastejada por caprinos, enquanto que nas parcelas manejadas com 0,30 m de altura a microporosidade foi maior nas parcelas manejadas com corte manual. Nesta camada, observou-se, ainda, que nas parcelas com pisoteio animal a microporosidade não foi afetada pela altura de manejo do pasto, mas respondeu de forma quadrática à altura de manejo nas parcelas manejadas por corte manual do pasto (Figura 18 a).

Tabela 12 – Microporosidade do solo na camada de 0,00 – 0,05 m, em área de SILP sob SPD, em parcelas de pasto de papuã, em função da altura de manejo do pasto de papuã.

	Altura de manejo do pasto (m)			
	0,10	0,20	0,30	0,40
Pastejo por caprinos	0,49 a <sup>1/</sup>	0,46 a	0,45 b	0,51 a
Com cortes manuais	0,44 b	0,47 a	0,51 a	0,45 b
Média	0,46	0,46	0,48	0,48

1/ Médias não ligadas pela mesma letra na coluna diferem ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Nas demais camadas do solo estudadas, a microporosidade do solo não respondeu significativamente a nenhum dos fatores estudados, na avaliação realizada logo após o término do período de pastejo, mostrando-se independente da forma e da altura de manejo do pasto (Figura 18 e Tabela 12).

O estudo de correlação simples entre microporosidade e altura real média do pasto observada, mostrou não haver correlação significativa entre estas



variáveis, confirmando a inexistência de efeitos da altura de pastejo sobre esta característica do solo, no presente estudo.

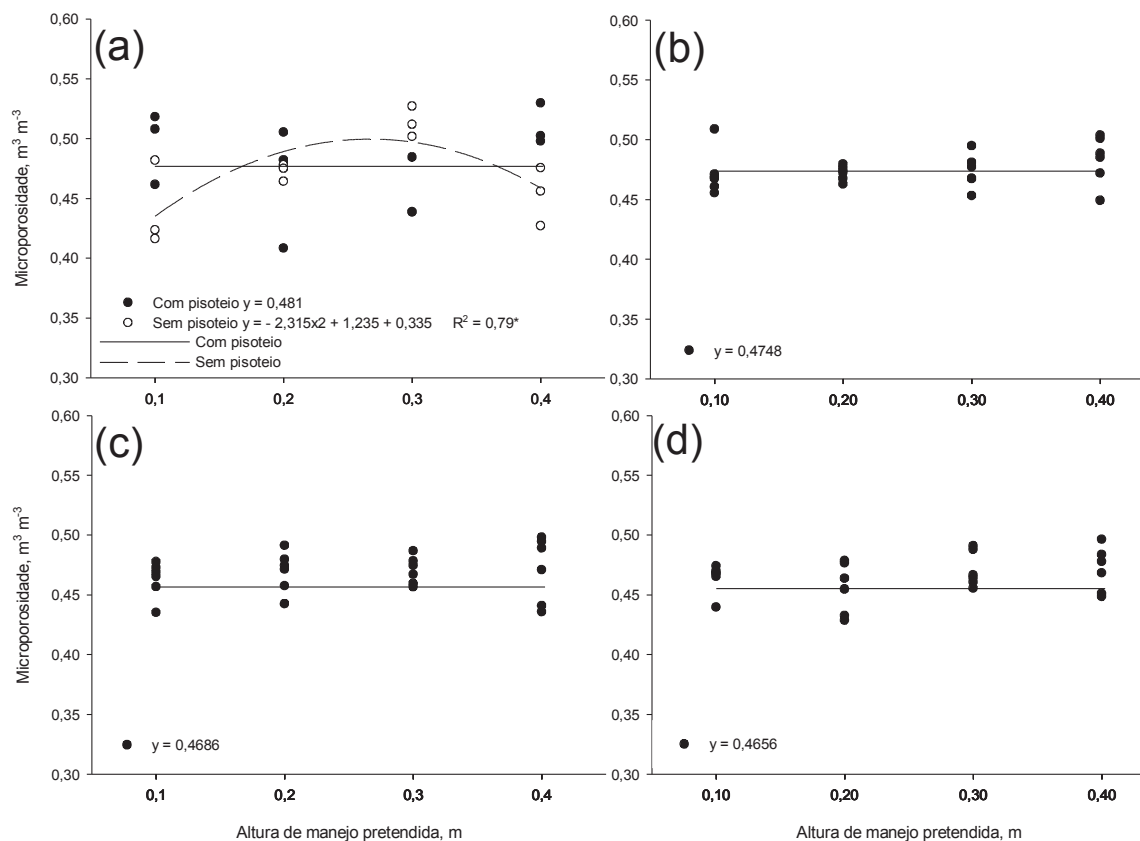


Figura 18 – Microporosidade do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.

Os valores do volume microporos variaram de 0,40 a 0,55 m³ m⁻³, pouco superiores aos observados por Gasparetto et al. (2009) em solos da mesma unidade de mapeamento do presente estudo, porém em condições de mata nativa, indicando que o solo da área experimental sofreu alteração pelo uso agrícola e que o pisoteio de caprinos não causou, aparentemente, alteração adicional.

Tabela 12 – Microporosidade do solo em diferentes camadas, em área de SILP e SPD, em parcelas com pasto de papuã manejada em diferentes alturas. Pato Branco, 2011.

Manejo	Camada (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Pastejo por caprinos	0,48	0,48 a <sup>1/</sup>	0,47 a	0,47 a
Com cortes manuais	0,47	0,47 a	0,47 a	0,46 a
Média	0,48	0,48	0,47	0,46

1/ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

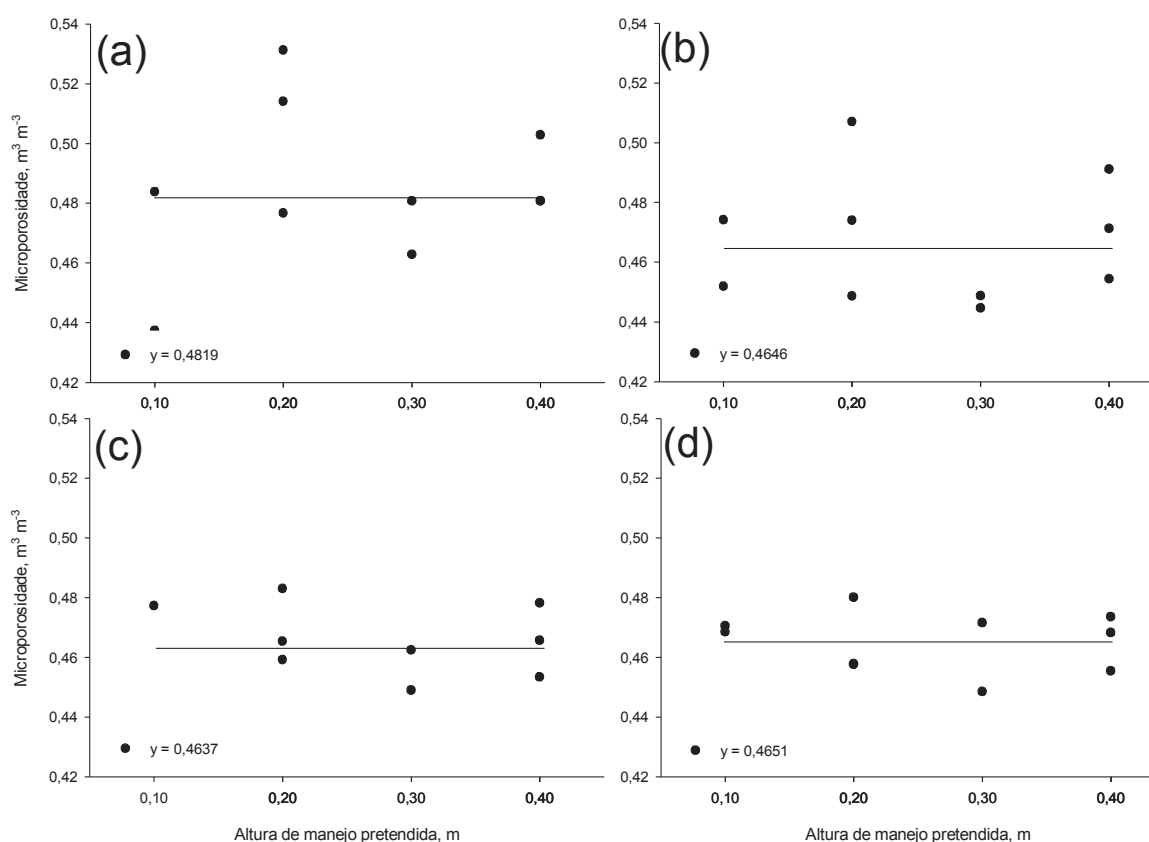


Figura 19 – Microporosidade do solo em área pós cultivo de trigo subsequente à pastejo caprino de papuã, sob área de SILP sob SPD. (a) camada 0 a 0,05 m; (b) camada 0,05 a 0,10 m; (c) camada 0,10 a 0,15 m; (d) camada 0,15 a 0,20 m.

#### 4.3.4 Densidade do Solo

A análise da variância para a densidade do solo, não apresentou interação significativa entre os fatores altura de manejo do pasto e forma de manejo, em todas as camadas de solo avaliadas, na coleta de solo realizada logo após o término do período de pastejo do papuã por caprinos. No entanto, observou-se variância significativa para os efeitos principais do fator altura de manejo do pasto na camada 0,15 – 0,20 m, e não se observou variância significativa no fator pisoteio. Na avaliação realizada após a colheita da cultura do trigo não se observou resposta significativa para as diferentes alturas de manejo do pasto.

Na avaliação pós pastejo, a densidade do solo respondeu significativamente à altura de manejo do pasto de papuã apenas na camada 0,15 –

0,20 m (Figura 20d). Não houve diferenças na densidade do solo provocadas pelo pisoteio animal em função da forma de manejo do pasto (Tabela 13).

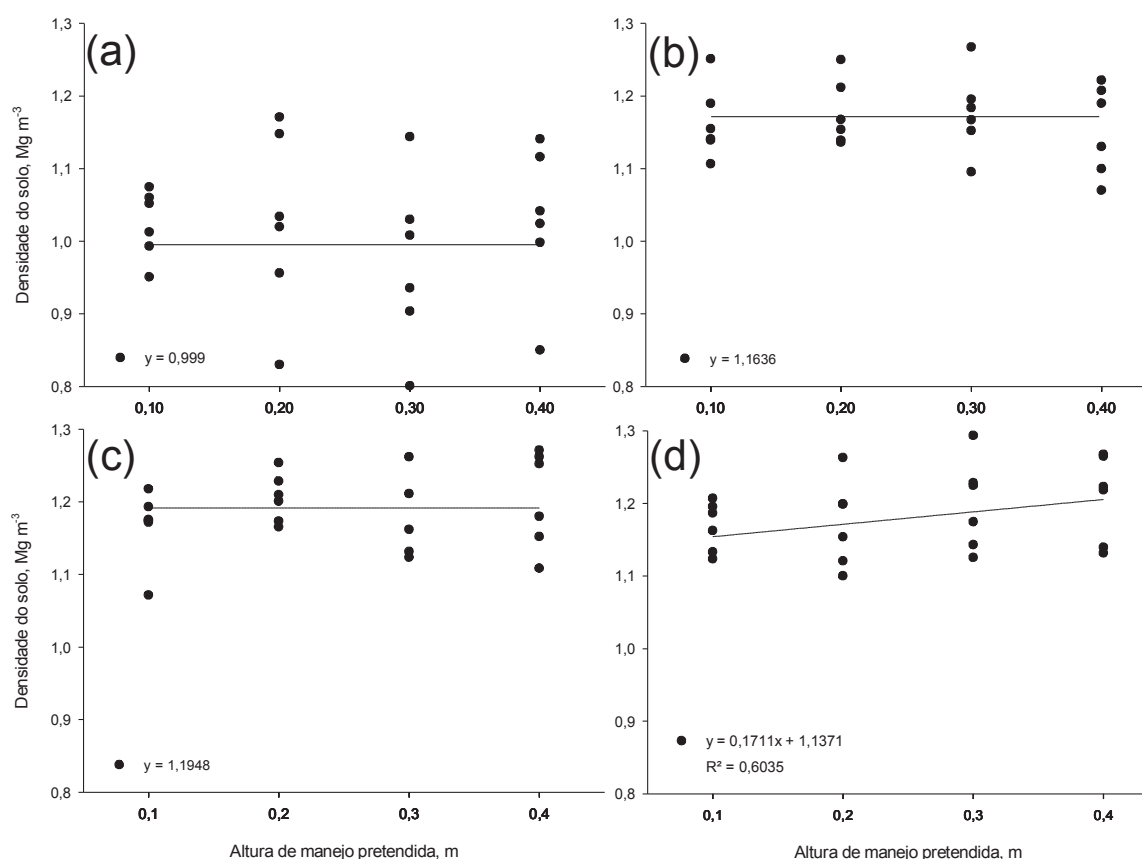


Figura 20 – Densidade do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.

Na avaliação realizada após a cultura do trigo não se observou efeito significativo das alturas de manejo do pasto sobre a densidade do solo (Figura 21). A inexistência de efeito residual sobre a densidade do solo deve estar associado, primeiro, ao crescimento do sistema radicular da cultura do trigo que colabora para recuperar o solo; segundo, ao revolvimento superficial realizado pela máquina utilizada na semeadura do trigo e, terceiro, ao tráfego de máquinas durante o período de lavoura, que contribui para aumentar a variabilidade espacial, já que a aplicação de cargas pelas rodas das máquinas não é uniforme em toda a área cultivada.

O estudo de correlações entre a densidade do solo e a altura real do pasto demonstrou não haver correlação significativa entre as mesmas, em todas as

situações estudadas, confirmando a inexistência de efeitos significativos dos fatores em estudo.

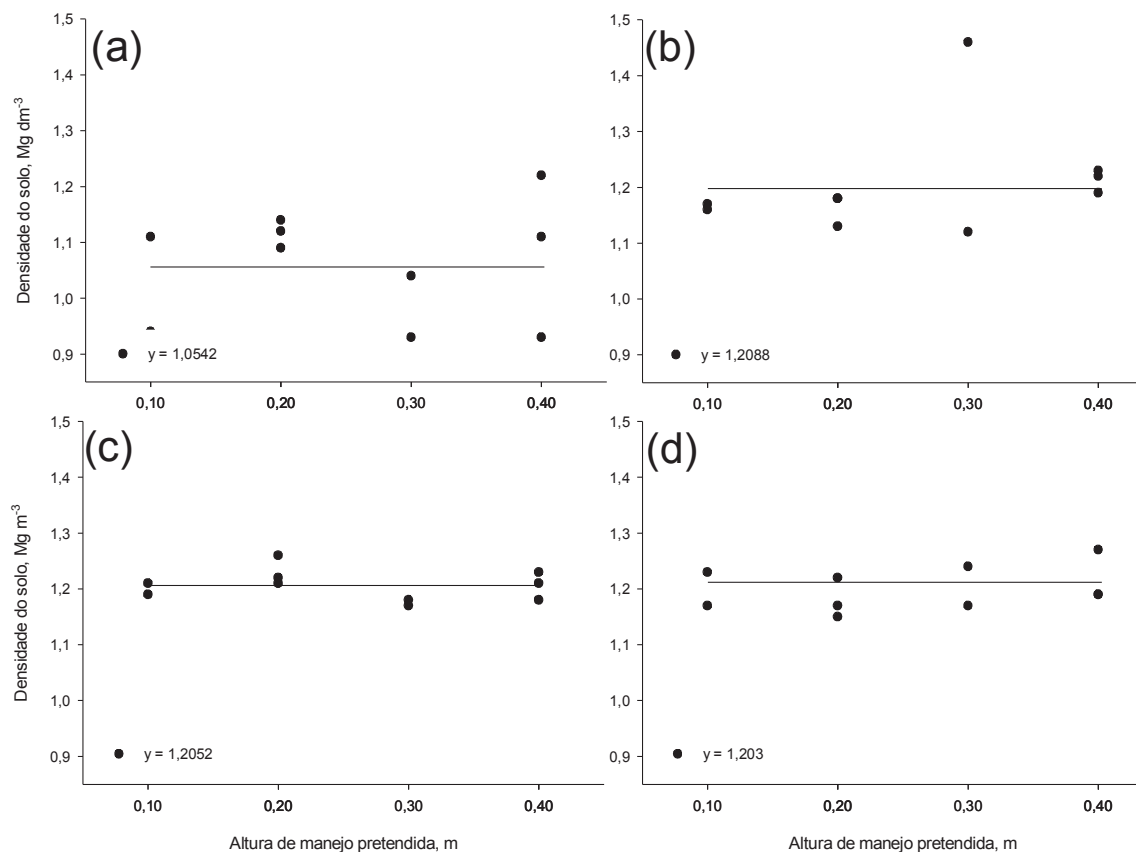


Figura 21 – Densidade do solo em área pós cultivo de trigo subsequente à pastejo caprino de papuã, sob área de SILP sob SPD. (a) camada 0 a 0,05 m; (b) camada 0,05 a 0,10 m; (c) camada 0,10 a 0,15 m; (d) camada 0,15 a 0,20 m.

De maneira geral, os valores médios de densidade do solo na camada superficial foram menores que os observados nas demais camadas (Tabela 13). Cassol (2003), Flores et al. (2007) e Flores (2008), encontraram comportamento semelhante, em experimento em um Latossolo Vermelho, manejado sob SPD e SILP, com diferentes intensidades de pastejo por bovinos em pasto de aveia preta e azevém. Provavelmente isso pode ser atribuído aos altos valores de matéria orgânica do solo existente na camada mais superficial do solo, o que contribui para reduzir a densidade média do solo, já que a MOS é muito menos densa que a fração mineral, e, ainda, por que os materiais orgânicos ali presentes contribuem para reduzir o efeito das forças compactantes (BRAIDA et al., 2006; BRAIDA et al., 2008).

Tabela 13 – Densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) em área com e sem pisoteio por caprino em pasto de papuã, sob SPD manejado em SILP.

Manejo	Camada (m)			
	0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Pastejo por caprinos	0,99 a <sup>1/</sup>	1,17 a	1,19 a	1,19 a
Com cortes manuais	1,03 a	1,17 a	1,20 a	1,18 a
Média	1,01	1,17	1,19	1,19

1/ As médias não ligadas pela mesma letra na coluna diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

De maneira geral, os valores médios de densidade do solo (Tabela 13) se mantiveram abaixo do valor crítico apontado por Reinert & Reichert (1999), que situa-se entre 1,25 e 1,30  $\text{Mg m}^{-3}$  para solos com mais de 60% de argila, como o do presente estudo. Entretanto, Gasparetto et al. (2009) em estudo com dois solos da mesma unidade de mapeamento do presente estudo, observou que, em condições de mata nativa, os valores médios de densidade do solo na camada até 0,50 m de profundidade, eram de 0,84 e 0,94  $\text{Mg m}^{-3}$ , indicando que o uso agrícola da área experimental, anterior à instalação do experimento, já produziu alteração importante nas características físicas do solo.

Carassai et al. (2011) afirmam que, em SILPs, as altas cargas animais podem ocasionar aumento de densidade e redução de macroporosidade do solo à valores limitantes ao crescimento radicular da cultura semeada em sequência ao período de pastejo, especialmente, se a pressão de pré-consolidação for superada. A pressão de pré-consolidação é a maior pressão já experimentada pelo solo, de forma que somente a aplicação de pressões maiores que ela causariam compactação adicional ao mesmo (DIAS JUNIOR & PIERCE, 1996). A pressão exercida pelas patas dos animais é variável para cada espécie. Betteridge et al. (1999) calcularam para bovinos uma pressão de 123 kPa, e para ovinos uma pressão de 63 kPa por animal em posição estática, sendo que essa pressão sofre aumento com o animal em movimento.

Considerando que o solo do presente estudo vinha sendo cultivado com lavoura anual em SPD há mais de 10 anos, e que os tratores agrícolas e colhedoras, em geral, produzem cargas superficiais entre 100 e 200 kPa (CARPENEDO, 1994) e, ainda, que a área efetivamente trafegada pode chegar a

56% e 95% em um único ano agrícola, respectivamente para plantio direto e convencional (KUIPERS & ZANDE, 1994; KROULIK et al., 2009), é muito provável que a pressão exercida pelas pastas dos caprinos tenha sido inferior à pressão de pré-consolidação do solo da área experimental. Por isso, não seria esperado observar alteração significativa na densidade e na porosidade do solo. Conte et al. (2011) corroboram esta suposição ao afirmarem que as alterações nas características físicas do solo observadas em SILP, geralmente não atingem níveis críticos ao crescimento e desenvolvimento das raízes de plantas cultivadas, uma vez que a pressão exercida pelo casco dos animais é menor que a resistência do solo à deformação plástica, ou seja, à pressão de pré-consolidação.

Loss et al. (2011) concluíram que o uso de braquiária (*Urochloa ruziziensis*) no cerrado brasileiro, em SPD e SILP favoreceu o aumento dos índices de agregação do solo na camada superficial do solo, em comparação ao SPD sem braquiária. Esses autores atribuíram essa ocorrência à grande área de atuação do sistema radicular da braquiária, que favorece o aumento dos teores de matéria orgânica no solo e a estruturação do solo, com reflexos na sua densidade. Semelhante resultado foi encontrado por Silveira et al. (2011). Porém Santos et al. (2011) encontraram aumento da densidade do solo, em Latossolo do cerrado, em área conduzida sob SILP em comparação ao cerrado nativo e área de pastejo contínuo, com compactação na camada superficial.

#### 4.3.5 Resistência à Penetração do Solo

A análise da variância para a resistência à penetração (RP), não apresentou interação significativa entre os fatores altura e forma de manejo do pasto, em todas as camadas de solo avaliadas, nos dados obtidos na avaliação realizada logo após o término do período de pastejo do papuã por caprinos. A análise do efeito dos fatores isolados mostrou que a altura de manejo do pasto de papuã não produziu resposta significativa em qualquer das camadas de solo avaliadas (Figura 22) para a variável RP. Não se observou, também, diferença significativa entre a área sem pisoteio e a com pisoteio animal (Tabela 14). A análise da variância para a avaliação realizada após a colheita da cultura do trigo

apresentou resposta significativa para as diferentes alturas de manejo do pasto para a RP nas camadas 0,05 a 0,10 m e (Figura 23b) e 0,10 a 0,15 m (Figura 23c).

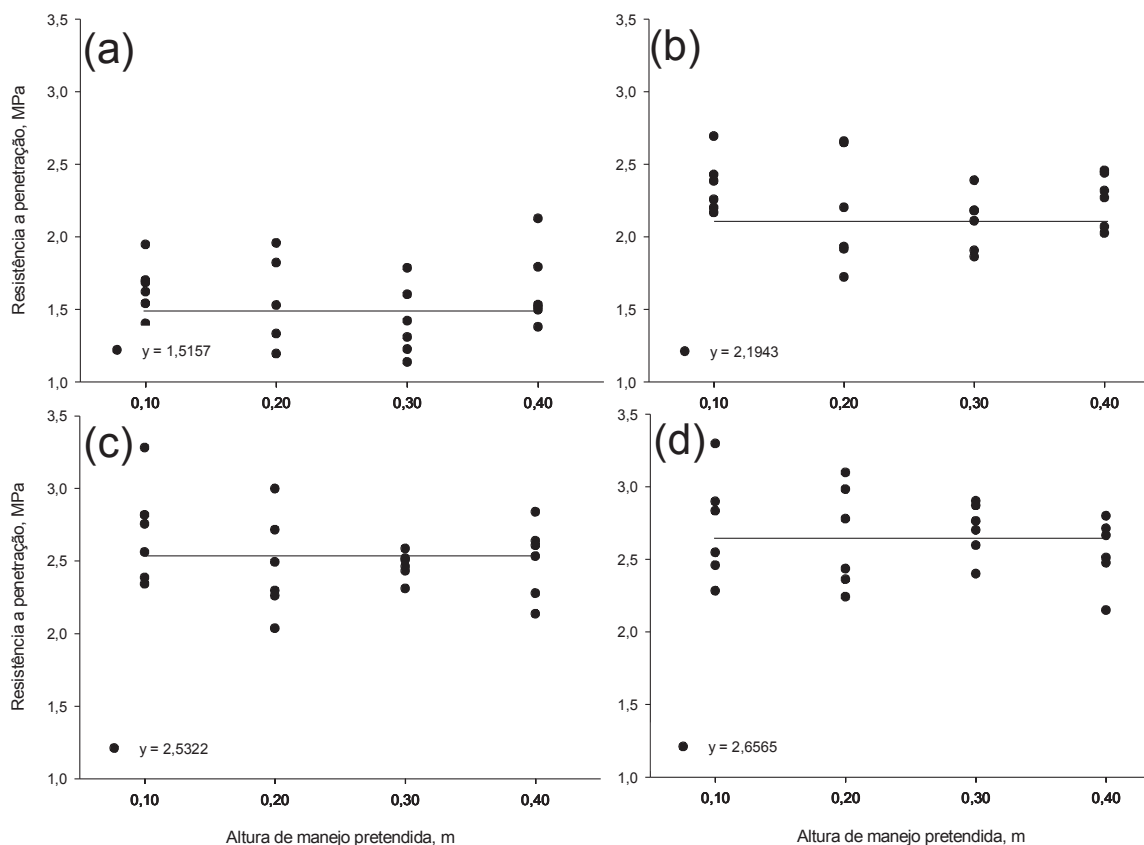


Figura 22 – Resistência a penetração do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m.

O estudo de correlações entre as variáveis resistência à penetração e altura real média do pasto não revelou correlações significativas entre as mesmas. Também não foram observadas correlações significativas entre a resistência à penetração do solo e a carga animal média utilizada nos diferentes tratamentos. Desse modo, é possível supor que a relação cúbica significativa observada na análise de regressão nas camadas 0,05 a 0,10 m e 0,10 a 0,15 m, na avaliação após a cultura do trigo (Figuras 23 a;b) deva-se, provavelmente, à variabilidade espacial do solo e ao tráfego de máquinas durante o cultivo do trigo.

Tabela 14 – Resistência à penetração do solo em área de SILP sob SPD, em parcelas com pasto de papuã. Pato Branco, 2011.

Manejo	Camada (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Pastejo por caprinos	1,55 a <sup>1/</sup>	2,22 a	2,47 a	2,54 a
Com cortes manuais	1,54 a	2,22 a	2,58 a	2,76 a
Média	1,54	2,22	2,53	2,65

1/ Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Os valores de RP médios observados na camada superficial (0,00 – 0,05 m), na avaliação realizada após o final do ciclo do pasto, são relativamente menores que os observados nas demais camadas e, especialmente, menor do que o valor considerado crítico para o crescimento vegetal, que é de 2 MPa segundo Taylor, Roberson & Parker (1966). Nas camadas subjacentes à primeira, os valores médios observados foram sempre superiores ao valor crítico. Na avaliação realizada após a cultura do trigo os valores foram superiores ao valor crítico em todas as camadas, chegando em alguns casos (Figura 21) a atingir duas vezes este valor. A observação de valores de RP menores nas camadas superficiais em áreas sob SPD, é normal (SILVA, REINERT & REICHERT, 2000; TOIGO, BRAIDA & CARNIELETTO, 2007), uma vez que esta camada é mais rica em matéria orgânica, incluindo uma maior concentração de material orgânico particulado, que colaboram para diminuir a coesão entre as partículas. Além disso, essa camada sofre revolvimentos periódicos pelos mecanismos sulcadores das semeadoras utilizadas para a implantação das culturas (GENRO JUNIOR, 2002) e mesmo pelo casco dos animais, o que se reflete em menor densidade do solo e, portanto, menor RP. A observação de maiores valores de resistência à penetração na avaliação feita após a cultura do trigo pode ser fruto da menor umidade do solo no momento da avaliação.



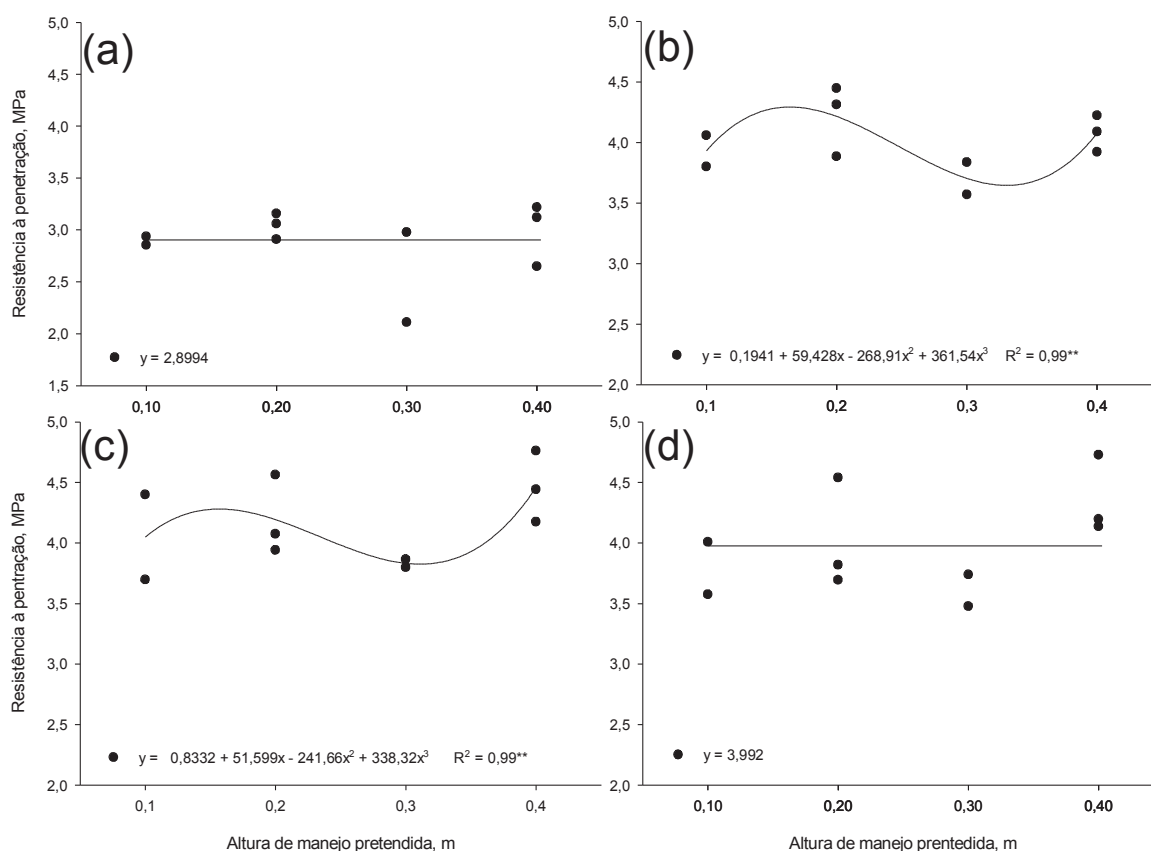


Figura 23 – Resistência à penetração do solo em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente à pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \*\* Significativo à 1% de probabilidade de erro.

O fato do solo apresentar valores de resistência à penetração, algumas vezes superiores ao valor considerado crítico é reflexo do processo de compactação inerente ao uso agrícola do solo, que implica na aplicação de cargas com intensidade e frequência muito superiores àquelas observadas em condições naturais. As pressões médias exercidas pelos pneus de tratores e colhedoras alcançam valores entre 100 e 200 kPa, enquanto que as exercidas por carretas agrícolas podem chegar a valores próximos de 600 kPa (CARPENEDO, 1994). Já, a pressão exercida por bovinos pode chegar a 123 kPa e por ovinos a 63 kPa, para animal em posição estática, sendo que essa pressão sofre aumento com o animal em movimento (BETTERIDGE et al., 1999). Kuipers & Zande (1994) apresentam informações de que em uma única safra agrícola, a área efetivamente trafegada

pelas rodas das máquinas e equipamentos agrícolas pode chegar a mais de 90% da área cultivada, dependendo do sistema de cultivo. Kroulik et al (2009) observaram que até 95,3% da área sofreu tráfego pelo menos uma vez durante um ano, quando se utilizou o sistema convencional, enquanto que nos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto esse percentual foi de 72,8% e 55,7%, respectivamente. Observaram, ainda, que mesmo no sistema plantio direto 18,4% da área foi trafegada mais de uma vez. Nas áreas de SILPs, especialmente naquelas com alta carga animal, a área efetivamente pisoteada também chega próximo à totalidade da área, uma vez que, além do tráfego das máquinas agrícolas na safra de grãos, sofre o tráfego de animais.

O resultado da aplicação sistemática de cargas superficiais no solo submetido a uso agropecuário, como descrito pelos autores citados acima, é a compactação das camadas superficiais do solo, que resultam em incremento da resistência à penetração do solo, como observado no presente estudo. As observações de Gasparetto et al. (2009), que trabalharam com solos muito semelhantes ao do presente estudo (todos pertencentes a mesma unidade de mapeamento), corroboram esta afirmação. Collares et al. (2011), avaliando o solo em unidades de produção de leite do noroeste do Rio Grande do Sul, e Toigo, Braida & Carnieletto (2007), avaliando áreas de lavoura e de SILP na região Sudoeste do Paraná, também observaram valores de resistência à penetração elevados nas camadas próximas à superfície do solo.

#### 4.3 ALTERAÇÕES NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

A área experimental estava sendo utilizada com lavoura em sistema plantio direto há vários anos pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) e, desta forma, se observa gradiente de teores para todos os características químicas analisados no presente estudo (Figuras 24 a 29 e Apêndice E).

Para o fósforo, a análise da variância para os dados obtidos na avaliação realizada logo após a retirada dos animais da área experimental, não identificou interação significativa entre os fatores altura de manejo do pasto de papuã e forma de manejo, mas se observou variância significativa em função dos

fatores isolados. Os teores de fósforo no solo não variaram significativamente em função do modo com que o pasto foi manejado, se com pastoreio animal ou com cortes manuais, como visto na Tabela 15, indicando que este fator não teve interferência nos teores de fósforo extraível no solo, mas esse resultado foi influenciado pela alta variabilidade que esse elemento possui no solo, que é verificado pelo CV (%) muito alto que ele possui (Anexo A).

Tabela 15 – Características químicas do solo em diferentes camadas do solo, em área de SILP sob SPD, em parcelas com pasto de papuã. Pato Branco, 2011.

Manejo do pasto	Camada (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
-----Fósforo, mg dm <sup>-3</sup> -----				
Pastejo por caprinos	22,2 a	5,7 a	3,0 a	4,2 a
Com cortes manuais	46,9 a	9,2 a	3,1a	5,1 a
Média	34,5	7,5	3,04	2,88
-----Potássio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				
Pastejo por caprinos	0,85 a	0,73 a	0,66 a	0,59 a
Com cortes manuais	0,78 a	0,68 a	0,64 a	0,62 a
Média	0,82	0,71	0,65	0,61
-----pH, CaCl <sub>2</sub> -----				
Pastejo por caprinos	4,70 a	4,51 a	4,48 a	4,59 a
Com cortes manuais	4,96 a	4,60 a	4,59 a	4,64 a
Média	4,83	4,56	4,54	4,61
-----Alumínio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				
Pastejo por caprinos	0,09 a	0,3 a	0,71 a	0,33 a
Com cortes manuais	0,06 a	0,14 a	0,17 a	0,15 a
Média	0,07	0,22	0,44	0,24
-----Hidrogênio + alumínio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				
Pastejo por caprinos	6,50 a	7,01 a	6,79 a	6,10 a
Com cortes manuais	5,71 a	6,32 a	6,14 a	5,99 a
Média	6,1	6,67	6,46	6,04
-----Cálcio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				
Pastejo por caprinos	6,33 a	5,02 a	4,95 a	5,29 a
Com cortes manuais	7,10 a	5,56 a	5,24 a	5,54 a
Média	6,71	5,29	5,09	5,41

Tabela 15 – Continuação ...

Manejo do pasto	Camada (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
-----Magnésio, $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----				
Pastejo por caprinos	3,07 a	2,46 a	2,20 a	2,22 a
Com cortes manuais	3,70 a	3,04 a	2,65 a	2,42 a
Média	3,39	2,75	2,42	2,32
-----Soma de bases, $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----				
Pastejo por caprinos	10,26 a	8,22 a	7,81 a	8,11 a
Com cortes manuais	11,58 a	9,28 a	8,53 a	8,59 a
Média	10,92	8,75	8,17	8,35
-----Saturação por bases, %-----				
Pastejo por caprinos	61,23 a	54,35 a	53,52 a	57,05 a
Com cortes manuais	66,12 a	58,95 a	57,88 a	58,53 a
Média	63,67	56,65	55,7	57,79
-----Saturação por alumínio, %-----				
Pastejo por caprinos	1,14 a	4,92 a	7,71 a	4,22 a
Com cortes manuais	0,65 a	2,10 a	2,42 a	1,91 a
Média	0,89	3,51	5,07	3,07
-----Capacidade de troca de cátions, $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----				
Pastejo por caprinos	16,76	15,23	14,60 a	14,21 a
Com cortes manuais	17,29	15,61	15,67 a	14,58 a
Média	17,03	15,42	14,62	14,39

1/ Médias seguidas por letras iguais na coluna, para a uma mesma variável, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

De maneira geral, nas duas épocas de avaliação o teor de fósforo do solo se mostrou indiferente à altura e à forma de manejo do pasto nas camadas de solo analisadas. A exceção ocorreu na camada de 0,10 – 0,15 m na primeira avaliação (Figura 24 c), na qual o P do solo apresentou aumento linear com o crescimento da altura de manejo do pasto. Também não se observou correlação significativa entre o teor de fósforo e a altura real média das pastagens (Tabela 16). Souza (2008), trabalhando com intensidades de pastejo de aveia e azevém, também não encontraram influência dos animais sob o acúmulo de fósforo em SPD, em um Latossolo Vermelho de textura argilosa.

Observou-se gradiente dos teores de fósforo em profundidade, com maior concentração deste elemento na camada superficial, em comparação às

demais camadas analisadas. Na camada superficial (0,00 – 0,05 m) o teor de fósforo era 34,5 e 21,9 mg dm<sup>-3</sup>, na avaliação realizada após o pasto e após a cultura do trigo, respectivamente, enquanto que nas demais camadas os valores médios estiveram abaixo de 7,5 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo. Segundo CQFS – RS/SC (2004), os valores superficiais podem ser considerados altos, enquanto os das demais camadas são classificados como médios para solo muito argiloso, como o do presente estudo. Este gradiente de valores é comum em áreas de SPD, pois a ausência de revolvimento do solo associada à aplicação de fertilizantes na superfície e/ou na linha de semeadura e a não incorporação dos resíduos vegetais, faz com que o fósforo aplicado e o reciclado se acumule superficialmente, uma vez que este elemento tem baixa mobilidade no solo (SIDIRAS e PAVAN, 1985).

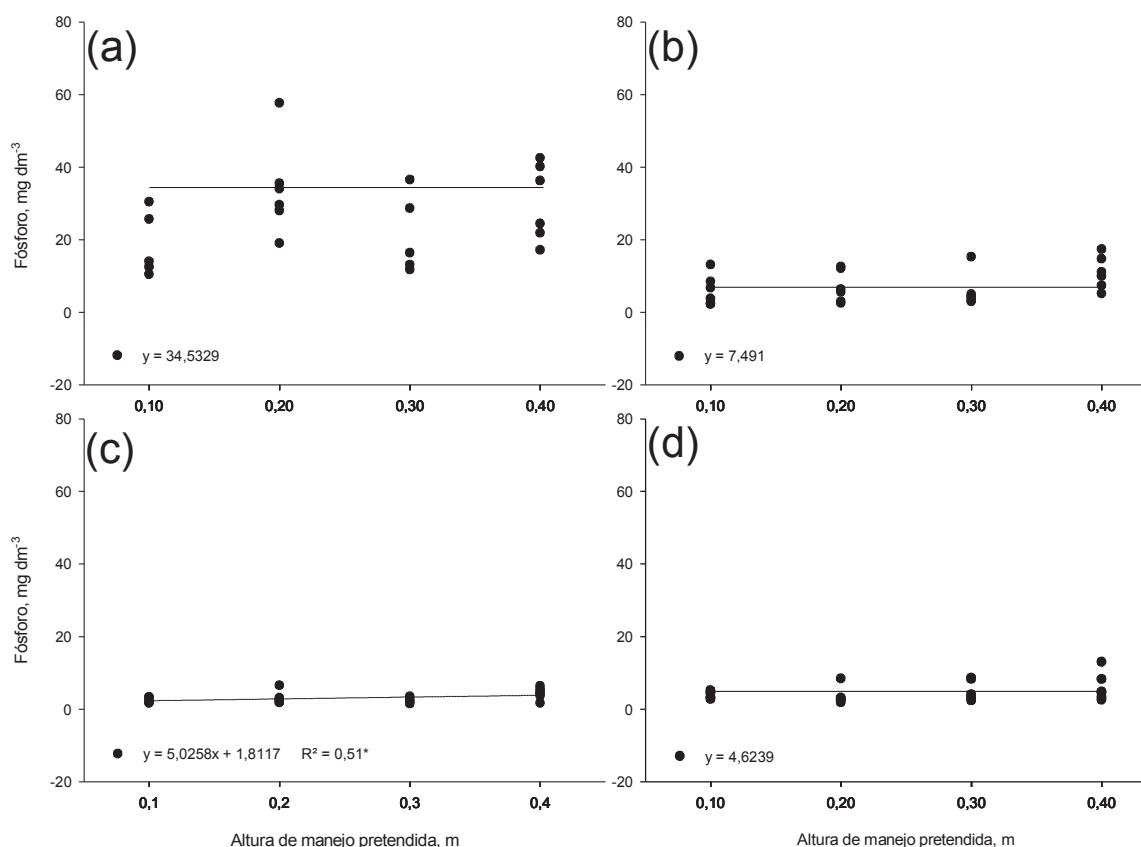


Figura 24 – Teor de fósforo no solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.

Para o potássio, a análise da variância não identificou interação significativa entre os fatores altura e forma de manejo do pasto de papuã logo após a retirada dos animais da área experimental. Não se observou, também, efeito dos fatores isolados. Os teores de potássio não foram influenciados pelo pisoteio e pelos excrementos dos animais (Tabela 15), pois não houve diferença estatística, pelo teste F à 5% de probabilidade de erro, entre a área manejada com pastoreio por caprinos e a manejada com corte manual.

Na camada 0,05 – 0,10 m de profundidade observou-se uma relação quadrática entre o teor de K e a altura de manejo do pasto, na avaliação de solo realizada após a colheita da cultura do trigo (Figura 25b). Nas demais camadas não se observou variação significativa do teor de K, nessa época de avaliação.

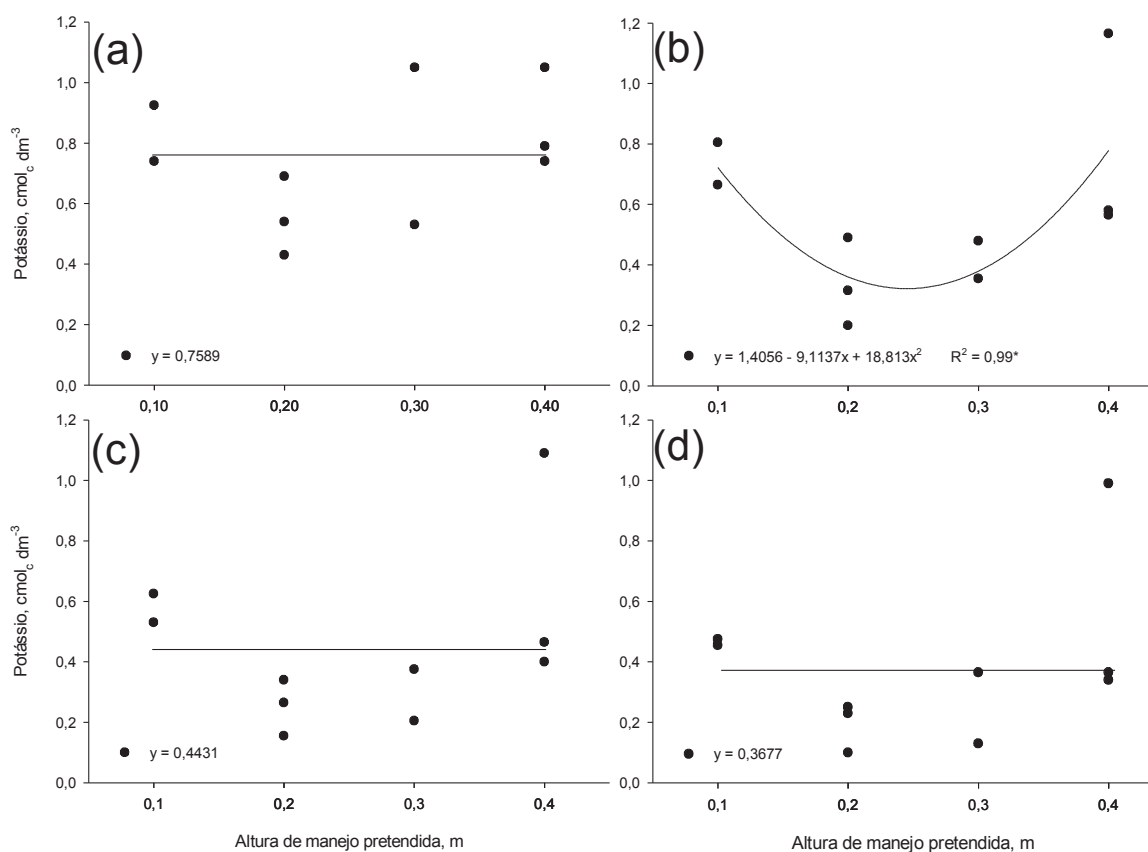


Figura 25 – Potássio trocável do solo em função da altura de manejo do pasto de papuã, em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente à pastejo. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.

Foi realizado estudo de correlação simples entre o teor de K e a altura real média do pasto e a altura real média do pasto de papuã em cada parcela experimental (Tabela 16), mas também não se encontrou correlações significativas, demonstrando que nas condições experimentais do presente estudo, o teor de K não responde a estes fatores, provavelmente em função do pouco tempo de aplicação dos tratamentos.

Tabela 16 – Coeficiente de correlação simples entre as características químicas do solo e a altura real média de manejo do pasto de papuã pastejado por caprinos, sob SPD e SILP.

Variáveis respostas	Época/local de coleta	Camada (m)			
		0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Fósforo	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	0,65*	0,52	0,54	0,31
	Pós pastejo/Com cortes manuais	0,15	0,22	0,19	0,38
	Pós-trigo	0,14	0,33	0,38	0,44
Potássio	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	0,01	-0,09	-0,12	0,08
	Pós pastejo/Com cortes manuais	-0,08	-0,01	0,06	0,29
	Pós-trigo	0,27	0,22	0,25	0,29
pH, CaCl <sub>2</sub>	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	0,19	0,23	-0,01	-0,09
	Pós pastejo/Com cortes manuais	0,16	0,01	0,25	0,22
	Pós-trigo	0,03	-0,65*	-0,50	-0,28
Alumínio	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	0,24	0,23	-0,10	0,44
	Pós pastejo/Com cortes manuais	-0,22	0,01	0,08	0,09
	Pós-trigo	0,64*	0,60	0,51	0,36
Hidrogênio+alumínio	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	-0,01	-0,09	-0,08	0,14
	Pós pastejo/Com cortes manuais	-0,18	0,04	-0,12	-0,04
	Pós-trigo	0,64*	0,73*	0,44	0,38

Tabela 16. Continuação ...

Variáveis respostas	Época/local de coleta	Camada (m)			
		0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Cálcio	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	-0,21	-0,13	-0,46	-0,46
	Pós pastejo/Com cortes manuais	-0,01	-0,21	-0,28	-0,30
	Pós-trigo	-0,52	-0,55	-0,51	-0,41
Magnésio	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	0,21	0,31	0,11	0,05
	Pós pastejo/Com cortes manuais	0,19	-0,05	0,04	-0,04
	Pós-trigo	-0,66*	-0,70*	-0,60	-0,56
Soma de bases	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	-0,01	0,01	-0,32	-0,30
	Pós pastejo/Com cortes manuais	0,07	-0,14	-0,13	-0,17
	Pós-trigo	-0,57	-0,57	-0,40	-0,42
Saturação por bases	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	0,01	0,08	-0,09	-0,21
	Pós pastejo/Com cortes manuais	0,14	-0,06	0,02	-0,05
	Pós-trigo	-0,64*	-0,74*	-0,43	-0,44
Saturação por alumínio	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	0,30	0,27	0,11	0,49
	Pós pastejo/Com cortes manuais	-0,20	0,01	0,11	0,13
	Pós-trigo	0,65*	0,57	0,52	0,42
Capacidade de troca de cátions	Pós pastejo/Pastejo por caprinos	-0,01	-0,11	-0,52	-0,30
	Pós pastejo/Com cortes manuais	-0,03	-0,16	-0,35	-0,30
	Pós-trigo	0,31	0,50	0,23	0,14

\*Significativo à 5% de probabilidade de erro.

Por outro lado, o potássio também apresentou gradiente decrescente de seus teores no solo, observou-se os maiores valores na camada superficial, 0,82 e 0,76  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , respectivamente para as avaliações logo após a retirada dos animais e após a colheita do trigo (Figura 25 e APÊNDICE E). Para as camadas subsuperficiais (abaixo dos 0,05 m) os valores médios encontrados foram maiores de 0,35  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , que são considerados altos pelo CQFS – RS/SC (2004). Gradiente dos teores de potássio no solo em SILP sob SPD também foi encontrado



por Ferreira (2009), Ferreira et al., (2009) e Ferreira (2011), o que é justificado pela aplicação superficial de fertilizantes, pelo não revolvimento do solo e pela manutenção da palhada na superfície.

No que se refere ao teor de cálcio, a análise de variância não identificou interação significativa entre os fatores altura e forma de manejo do pasto, logo após a retirada dos animais da área experimental, e também não se observou efeito significativo dos fatores isolados em todas as camadas analisadas. Também não se observou efeito significativo da altura de manejo do papuã na avaliação realizada após a cultura do trigo. Finalmente, o estudo de correlações indicou que os teores de Ca não se correlacionaram nem com a altura real média do pasto e nem com a altura real média do pasto de papuã aplicada em cada tratamento (Tabela 16).

Embora para o cálcio se tenha observado um gradiente do teor em profundidade, as diferenças entre as camadas são menores do que as observadas para o P e o K. Além disso, em todas as camadas se encontraram valores maiores do que  $5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , mesmo na camada de 0,20 m, que, segundo CQFS – RS/SC (2004) são valores altos.

Para o magnésio, também não houve interação significativa entre os fatores altura e forma de manejo do pasto de papuã. Também não se observou variância significativa em função dos fatores isolados. Na avaliação realizada após a cultura do trigo, houve variância significativa dos teores de Mg em função da altura de manejo do pasto, apenas na camada superficial (0,00 – 0,05 m), na qual se observou resposta cúbica significativa.

O magnésio, assim como o cálcio, apresentou pequeno gradiente de seus teores em profundidade, apresentando valores na camada superficial do solo superiores a  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , e mantendo-se, mesmo nas camadas mais inferiores do solo, acima de  $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , que é superior ao dobro do valor considerado como limite inferior para teor tido como alto pelo CQFS – RS/SC (2004).

O motivo para os elevados teores de cálcio e magnésio na camada superficial e formação de gradiente em profundidade, é a aplicação de corretivos de acidez em superfície, sem incorporação ao perfil do solo. Entretanto, a observação de valores elevados, mesmo à 0,20 m de profundidade, demonstra que estes

nutrientes se movimentam no solo e comprovam a eficiência da aplicação de corretivos agrícolas superficialmente, sem posterior revolvimento do solo.

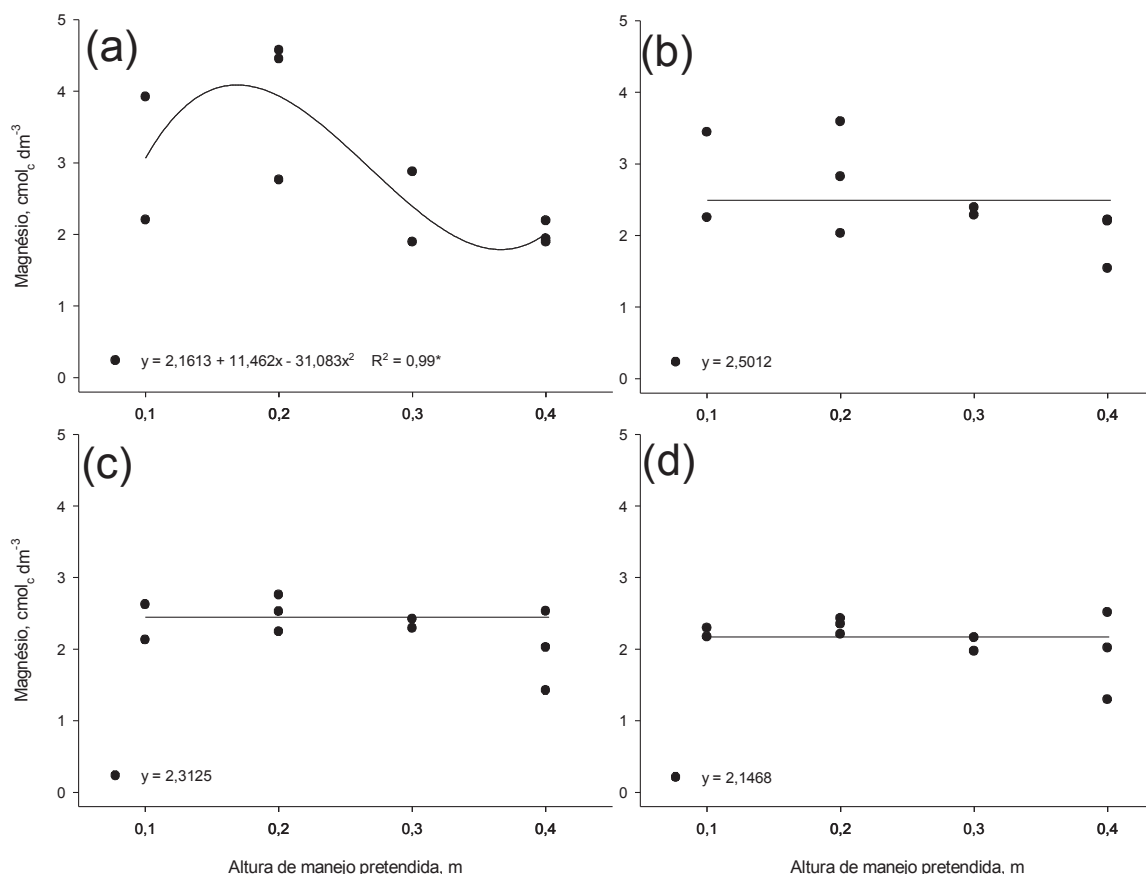


Figura 26 – Magnésio trocável do solo em função da altura de manejo de pasto de papuã, em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente à pastejo. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.

A análise estatística dos dados de capacidade de trocas de cátions (CTC) identificou interação significativa entre os fatores altura e forma de manejo do pasto de papuã, nas camadas mais superficiais (0,00 – 0,05 m e 0,05 – 0,10 m), na avaliação realizada logo após a retirada dos animais da área (Figura 27). Nessas camadas do solo, nenhum dos modelos avaliados foi significativo para o fator altura de manejo do pasto nas áreas com e sem pisoteio animal (Figuras 27a; 27b). Quanto ao fator forma de manejo, foi observada variância significativa (Tabela 17), em que para as alturas 0,10 e 0,40 m, observaram-se valores de CTC significativamente inferior na área com pisoteio animal comparativamente à área manejada por corte manual; na camada 0 – 0,05 m. Para a camada 0,05 – 0,10 m os

valores de CTC foram significativamente superiores na área maneja por corte manual, enquanto na altura de 0,20 m foi observada maior de CTC na área com pastejo por caprinos.

Na avaliação realizada após a colheita da cultura do trigo não houve variância significativa para os modelos de regressão testados para a CTC em função da altura de manejo do pasto.

Tabela 17 – Capacidade de troca de cátions do solo nas camadas de 0,00 – 0,05 e 0,05 – 0,10 m, em área de SILP sob SPD, em parcelas de pasto de papuã, em função da altura de manejo do pasto.

	Altura de manejo de pasto (m)			
	0,10	0,20	0,30	0,40
	----- Camada 0 – 0,05 m -----			
Pastejo por caprinos	16,7 b <sup>1/</sup>	17,0 a	16,7 a	16,5 b
Com cortes manuais	18,4 a	16,6 a	15,8 a	18,4 a
Média	17,5	16,8	16,3	17,4
	----- Camada 0,05 – 0,10 m -----			
Pastejo por caprinos	15,3 b	16,1 a	14,1 a	15,2 a
Com cortes manuais	16,8 a	14,6 b	14,9 a	16,0 a
Média	16,0	15,4	14,5	15,6

1/ Médias não ligadas pela mesma letra na coluna não diferem ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

A análise da variância dos dados de pH em CaCl<sub>2</sub>, não identificou interação significativa entre os fatores altura e forma de manejo do pasto de papuã, na avaliação realizada logo após o término do pastejo. Para os fatores isolados, a análise de regressão não identificou modelos com variância significativa para o pH em nenhuma camada analisada. Também não houve variância significativa para o fator forma de manejo, ou seja, é possível dizer que opisoteio animal produziu efeitos significativos sobre esta variável (Tabela 15).

Na avaliação realizada após a cultura do trigo, o pH respondeu de forma quadrática à altura de manejo do pasto nas as camadas de solo 0,10 – 0,15 e 0,15 – 0,20 m. No entanto, o estudo de correlações mostrou que não há correlação significativa entre o pH do solo e as variáveis altura real média e altura real média do pasto de papuã aplicadas às parcelas experimentais (Tabela 16).

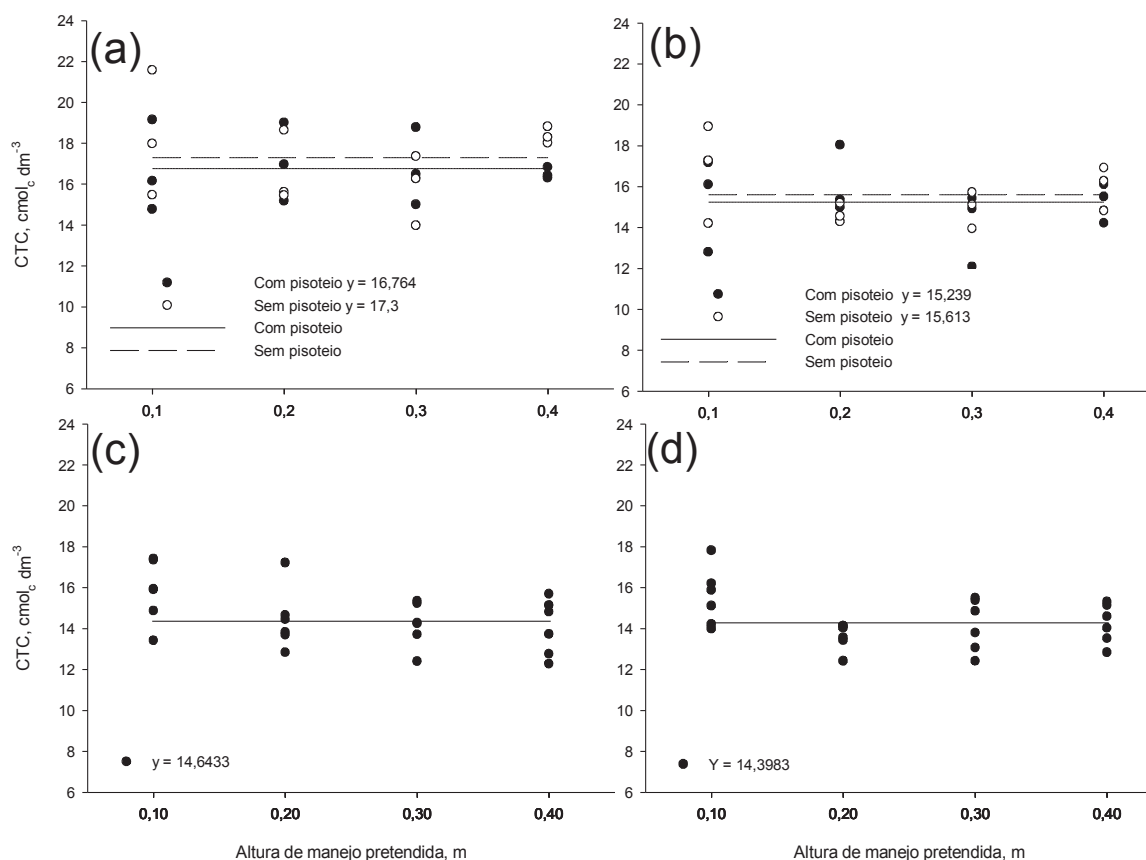


Figura 27 – Capacidade de troca de cátions em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0 a 0,05 m; (b) camada 0,05 a 0,10 m; (c) camada 0,10 a 0,15 m; (d) camada 0,15 a 0,20 m.

As demais características relativas à acidez e toxidez do solo ( $\text{Al}^{3+}$ , m% e  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ), não apresentaram interação significativa entre fatores altura e forma de manejo do pasto de papuã e nem efeitos isolados significativos dos mesmos, na avaliação realizada logo após a retirada dos animais da área experimental, para nenhuma camada e épocas estudadas (APÊNDICE E). Os teores de alumínio variaram, na média dos tratamentos, entre 0,07 e 0,44  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , já a sua saturação variou entre 0,89 a 5,07%, e os teores de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$  entre de 12,71 a 6,04  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ .

Na camada superficial do solo houve correlação significativa entre as variáveis teor de alumínio trocável, hidrogênio+alumínio e saturação por alumínio e a altura real média do pasto, na avaliação após a colheita do trigo. De maneira geral, o aumento da intensidade de pastejo causou redução nos teores de alumínio trocável, hidrogênio+alumínio e saturação por alumínio (Tabela 16). Cassol (2003), por outro lado, não encontrou alterações nos teores de alumínio e saturação por alumínio

devido às alturas de manejo de pasto de aveia e azevém em área com aplicação de calagem superficial.

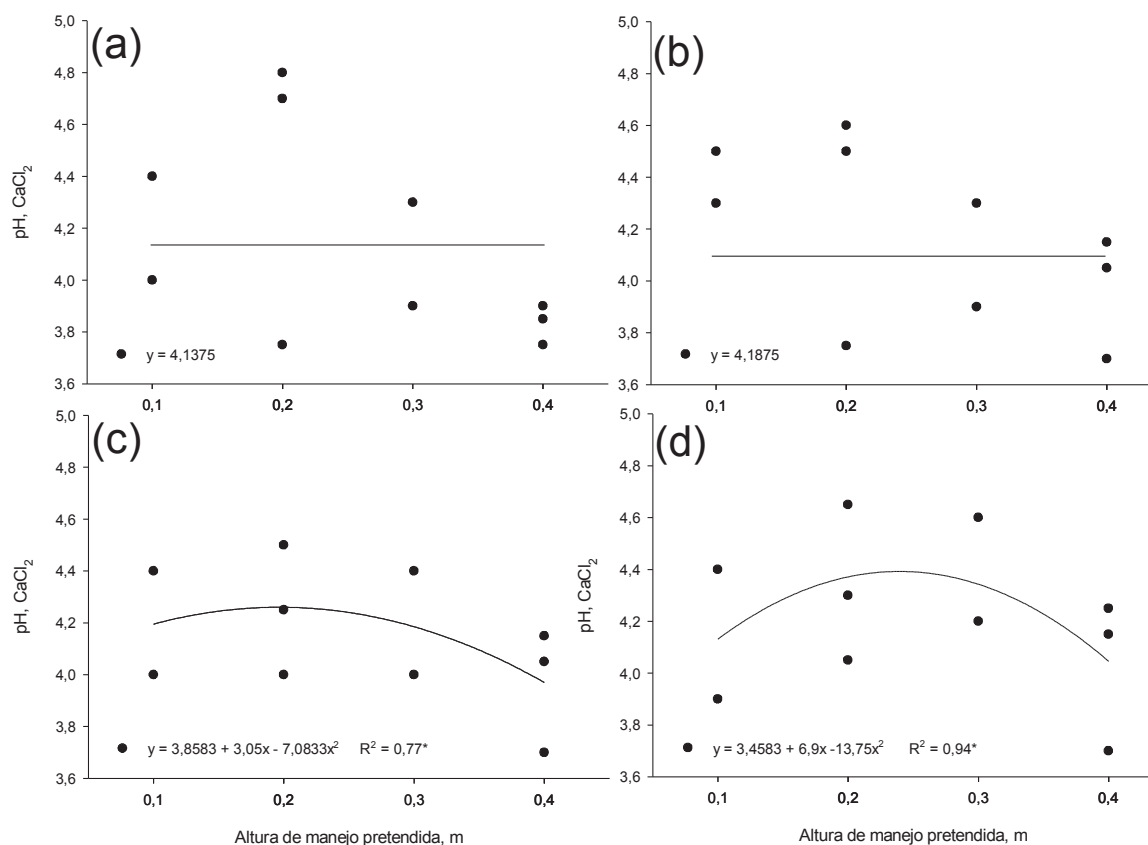


Figura 28 – pH em CaCl<sub>2</sub> do solo em função da altura de manejo do pasto de papuã, em área de SILP sob SPD, após cultivo de trigo subsequente à pastejo. (a) camada 0,00 – 0,05 m; (b) camada 0,05 – 0,10 m; (c) camada 0,10 – 0,15 m; (d) camada 0,15 – 0,20 m. \* Significativo à 5% de probabilidade de erro.

A soma de bases também não apresentou, interação significativa entre altura e forma de manejo do pasto. A análise de regressão para o efeito isolado do fator altura de manejo do pasto de papuã não revelou modelos significativos, para nenhuma das épocas de avaliação e camadas de solo analisadas. A presença de pisoteio animal não alterou os valores de soma de bases comparada a área sem pisoteio (Tabela 15), pois não houve variância significativa em todas as camadas analisadas.

A variável soma de bases apresentou gradiente decrescente em profundidade, com valores de 10,9 e 9,71 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em superfície, na avaliação após o pastejo animal e após a colheita do trigo, respectivamente.

A saturação por bases também não apresentou interação significativa entre os fatores altura e forma de manejo do pasto de papuã. Também não foi observada significância estatística para os modelos de regressão testados para a altura de manejo do pasto na avaliação após o período de pastejo. Para a altura de manejo do pasto houve efeito linear significativo na camada de 0,05 a 0,10 m, após a colheita da cultura do trigo (Figura 29b). Para cada cm de altura do pasto que é aumentado há um decréscimo de 0,49% na saturação por bases do solo. A correlação entre a altura manejo real do pasto de papuã e a saturação por bases foi significativa nas camadas superficiais do solo (Tabela 16). Para as demais camadas de solo analisadas não houve correlação significativa, para as duas épocas de avaliação do solo.

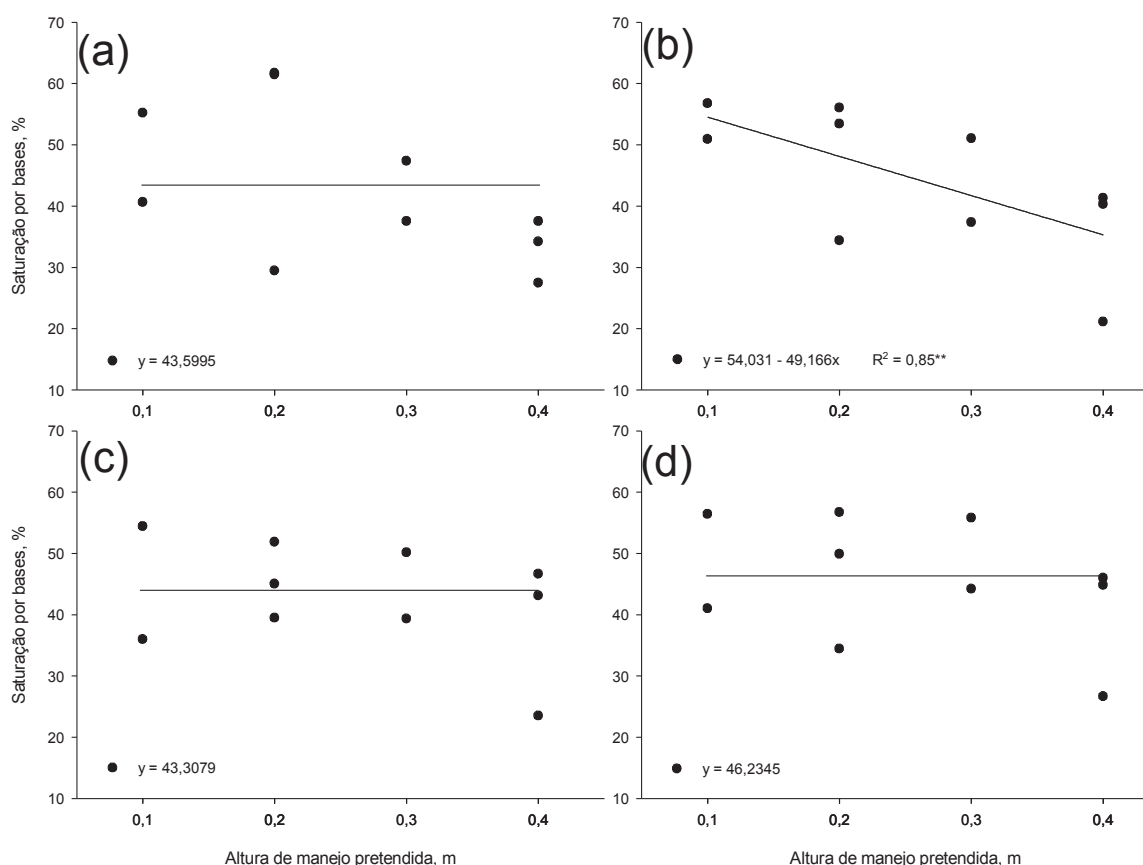


Figura 29 – Saturação por bases do solo em área de SILP sob SPD, após manejo da altura do pasto de papuã. (a) camada 0 a 0,05 m; (b) camada 0,05 a 0,10 m; (c) camada 0,10 a 0,15 m; (d) camada 0,15 a 0,20 m. \*\* Significativo à 1% de probabilidade de erro.

A saturação por bases de forma geral se apresentou com valores baixos e médios, variando entre 43 e 63% na camada de 0 a 0,20 m, na média dos

tratamentos. Pode-se perceber que houve uma concentração maior na camada superficial da saturação por bases na avaliação após a colheita do trigo (APÊNDICE E), fato que não se repetiu na avaliação após a cultura do trigo, na qual os valores se apresentaram baixos e pouco variáveis em profundidade, ficando em torno de 43%.

#### 4.5 RENDIMENTO DE GRÃOS DE TRIGO

A análise de variância dos dados de densidade de plantas e rendimento de grãos de trigo mostrou variância significativa para o fator altura de manejo do pasto de papuã cultivada antes da cultura do trigo. Entretanto, a análise de regressão não mostrou modelo significativo para nenhuma das variáveis (Figuras 30 e 31, respectivamente). A densidade média de plantas do experimento foi de 287 plantas  $m^{-2}$ , o que está de acordo com a recomendação para a cultura. A inexistência de diferenças significativas entre os tratamentos para a densidade de plantas, indica que o equipamento utilizado para realizar a semeadura da cultura não apresentou problemas de embuchamento, mesmo nas parcelas em que o pasto de papuã foi manejada com altura de 0,40 m de altura e na qual havia uma biomassa média residual de 3.941  $Mg\ ha^{-1}$  de MS.

No que se refere ao rendimento de grãos, não há resposta significativa à altura de manejo do pasto antecessor, deve-se, provavelmente ao fato de que este fator não produziu alterações significativas nas características físicas, químicas e biológicas do solo, como demonstrado nas seções anteriores. Além disso, as condições ambientais foram adequadas durante o ciclo da cultura e, dessa forma, obteve-se uma produtividade média de cerca de 4.965  $kg\ ha^{-1}$  de grãos.

Normalmente, a altura e a forma de manejo do pasto e o pisoteio animal causam efeitos sobre o rendimento de grãos, das culturas subsequentes ao período de pastejo, quando ocorrem alterações físicas no solo, como constataram Nicoloso et al. (2006). Esses efeitos negativos à produção de grãos serão intensificados em situações em que, no decorrer do ciclo da cultura, houver períodos de déficit hídrico, quando o solo pode não ser capaz de disponibilizar adequadamente água às plantas, como citado por Jesus (2006), Cassol (2003),

Flores (2008), Flores et al. (2007) e Spera et al. (2009). Esses mesmos autores encontraram que não ocorrem reduções nas produtividades em situações hídricas normais, como foi observado neste estudo.

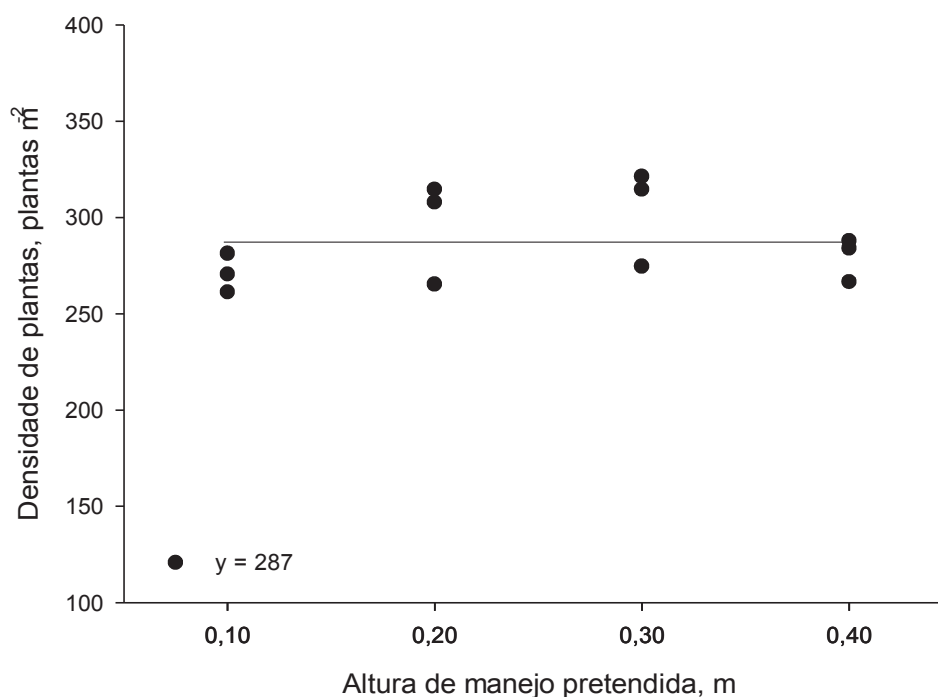


Figura 30 – Densidade de plantas de trigo aos 21 dias após a semeadura, em sucessão de pasto de papuã pastejado por caprinos, sob diferentes alturas de manejo do pasto, em área de SILP sob SPD.

Cabe aqui afirmar que em SPD há aumento do teor de matéria orgânica do solo e na produção de ligantes orgânicos, que podem complexar o alumínio trocável e reduzir sua atividade e fitotoxicidade (Salet, 1998), e dessa forma mesmo com níveis de saturação por bases mais baixos, esse sistema mantém-se com alta produtividade de grãos. De certo modo, isso foi observado neste trabalho, já que foram alcançadas elevadas produções de forragem de papuã e rendimento de grãos de trigo, mesmo com o solo apresentando uma saturação por bases entre 43 e 63% até os 0,20 m de profundidade. Esse tipo de resultado pode contribuir para a revisão do índice de saturação por bases utilizada no cálculo para recomendação de calagem em SPD, fato que foi observado em trabalho realizado por Bortolini et al. (2008), Bortolini et al. (2009) e Rocha et al. (2010).

Foi realizado estudo de correlação simples entre a variável rendimento de grãos da cultura do trigo e as diversas variáveis de solo das parcelas em que o



manejo do pasto foi realizado com pastejo por caprinos (Tabela 18). De maneira geral, observa-se um maior número de correlações significativas com os dados da camada 0,00 – 0,05 m de profundidade (8 variáveis), enquanto que as camadas 0,05 – 0,10 m e 0,10 – 0,15 m apresentam correlações significativas para apenas 4 variáveis cada uma e na camada 0,15 – 0,20 m foram três as variáveis que apresentaram correlação significativa com o rendimento de grãos.

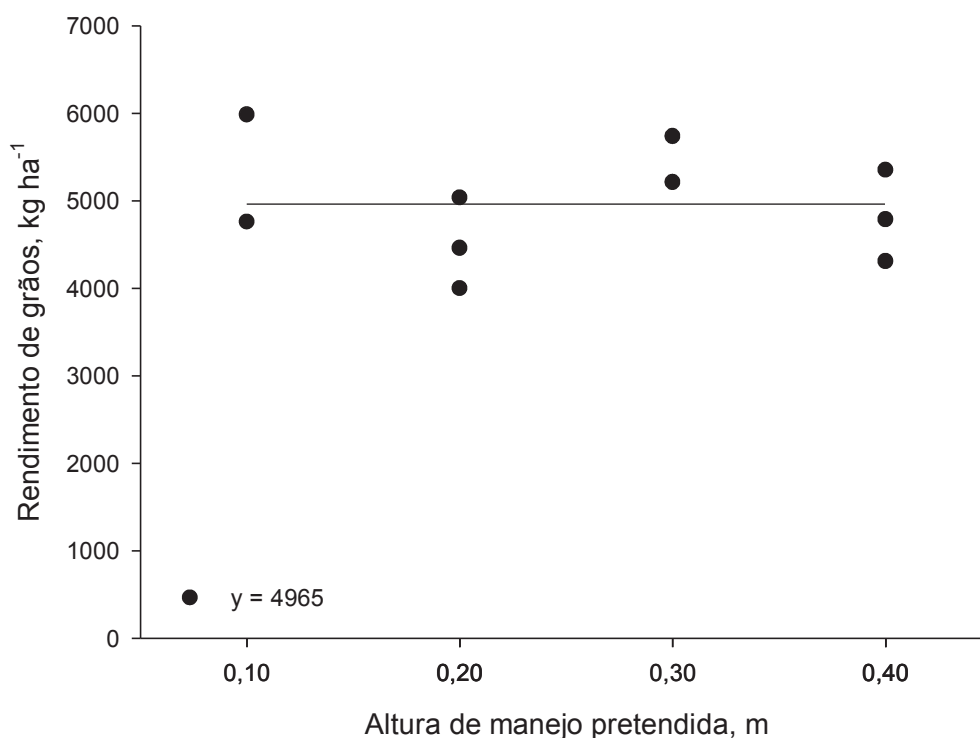


Figura 31 – Rendimento de grão de trigo em sucessão de pasto de papuã pastejado por caprinos, sob diferentes alturas de manejo do pasto, em área de SILP sob SPD.

Entre as características físicas, a única que mostrou correlação com a produtividade do trigo foi a porosidade total, cuja correlação foi significativa nas camadas 0,00 – 0,05 e 0,10 – 0,15 m. Nessas duas camadas, a correlação foi positiva e o valor do coeficiente de correlação esteve entre os mais altos observados, indicando a importância desta variável para o rendimento da cultura.

As características químicas do solo que se correlacionaram com o rendimento de grãos foram o potássio nas camadas 0,00 – 0,05, 0,05 – 0,10 e 0,15 – 0,20 m; pH na camada superficial; alumínio até os 0,15 m de profundidade; H + Al na camada superficial; cálcio nas camadas 0,00 – 0,05, 0,05 – 0,10 e 0,15 – 0,20 m;

saturação por bases até os 0,10 m de profundidade; saturação por alumínio nas camadas 0,05 – 0,10 e 0,15 – 0,20 m; e soma de bases nas camadas 0,00 – 0,05 e 0,15 – 0,20 m. A maioria das correlações significativas foram observadas nas camadas mais superficiais do solo, todos os resultados se encontram dentro da lógica de que solos com maiores teores de nutrientes e menores teores de elementos tóxicos são mais produtivos.

Tabela 18 – Coeficiente de correlação simples entre as características do solo e o rendimento de grãos de trigo em área manejada em diferentes alturas de manejo de pasto de papuã pastejada por caprinos, sob SPD manejado em SILP.

Variáveis respostas	Camada (m)			
	0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Matéria orgânica	-0,48	-0,04	-0,41	0,28
Atividade microbiana		0,16		
Porosidade total	0,72*	0,21	0,81**	-0,32
Macroporosidade	0,25	0,12	-0,51	-0,32
Microporosidade	0,33	0,04	0,04	0,23
Densidade do solo	-0,29	-0,43	0,05	0,16
Resistência à penetração	-0,23	-0,54	-0,40	-0,23
Fósforo	-0,47	-0,51	-0,24	0,02
Potássio	0,67*	0,54	0,64*	0,64*
pH, CaCl <sub>2</sub>	0,75*	0,53	0,55	0,52
Alumínio	-0,65*	-0,68*	-0,66*	-0,40
Hidrogênio+alumínio	-0,67*	-0,60	-0,61	-0,43
Cálcio	0,81**	0,68*	0,61	0,66*
Magnésio	0,58	0,38	0,34	0,29
Saturação por bases	0,74*	0,64*	0,62	0,52
Saturação por alumínio	-0,60	-0,64*	-0,71*	-0,39
Soma de bases	0,77**	0,62	0,61	0,63*
Capacidade de troca de cátions	0,13	-0,11	0,01	0,43

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro. \*Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## 5 CONCLUSÕES

A massa de forragem de papuã é proporcional à altura de manejo das plantas, e o papuã se constitui em opção de forrageamento que os produtores devem considerar, especialmente quando os solos estiverem com banco de semente satisfatório.

O pisoteio de caprinos em pasto de papuã manejada em diferentes alturas, em um único ciclo de cultura, não produziu compactação adicional ao solo manejado em sistema plantio direto, quando avaliado pelas variáveis porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e resistência à penetração.

O manejo da altura do pasto em área, por cortes manuais ou por pastoreio de cabras, em um único ciclo de cultivo, não produz modificações nas características químicas e na atividade microbiana do solo.

A altura de manejo de pasto de papuã, pastoreado por cabras, em um único ciclo de cultivo, não afeta o rendimento de grãos de trigo cultivado em sucessão ao pasto.

## REFERÊNCIAS

- ADAMI, P. F. **Produção, qualidade e decomposição de papuã sob intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio**. 2009. 98p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal Paraná, Pato Branco, 2009.
- ALBUQUERQUE, J. A., SANGOI, L.& ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.25, p. 717-723, 2001.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, et al. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solos compactadas artificialmente. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.20, p.319-326, 1996.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.25, p. 189-197, 2001.
- ASSMANN, T. S.; ASSMANN, A. L.; ASSMANN, J. S. **Ciclagem de nutrientes e adubação**. In: **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, p. 16 – 24. 2008.
- ARATANI, R. G. FREDDI, O. da S., CENTURIONJ. F. et al. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.33, p. 677-687, 2009.
- BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, J.S. et al. Padrões de uso do tempo por novilhos em pastagem consorciada de azevém anual e aveia. **R. Bras. Zootec.**, Brasília, v.37, n.11, p.1912-1918, 2008.
- BALBINOT, A. A.; MORAES, J. A. DE; VEIGA, M. DA; et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, set, 2009.
- BAYER, C. e MIELNICZUK J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 21, p.105-112, 1997.
- BAYER, C. & BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 23, p. 687-694, 1999.

BAYER, C.; MARTIN NETO, L.; MIELNICZUK, J. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 39, p. 677- 683, 2004.

BELTRAME, L.F.S; GONDIN, L.A.P; TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.5, p.145-149. 1981.

BEZERRA, D. M. **Ação do pastejo sobre a composição florística do estrato herbáceo e atributos do solo do semiárido da paraíba**. 2008. 68p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

BETTERIDGE, K.; MACKAY, A.D.; SHEPHERD, T.G. et al. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. **Australian Journal of Soil Research**. v.37, p.743-760, 1999. Disponível em: [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_hb3364/is\\_4\\_37/ai\\_n31675457/?tag=content;col1](http://findarticles.com/p/articles/mi_hb3364/is_4_37/ai_n31675457/?tag=content;col1); Acessado em 28 de dezembro de 2011.

BORTOLINI, D.; CASSOL, L.C.; BOSI, C. et al. Atributos químicos de solo cultivado no sistema plantio direto após aplicação superficial de calcário. In.: FertBio. 2008, Londrina, **Anais...** CD-ROM. 2008.

BORTOLINI, D.; CASSOL, L.C.; BOSI, C. Dinâmica do calcário 34 meses após sua aplicação em área sob plantio direto consolidado. **Synergismus scyentifica** UTFPR, Pato Branco, v 04, n. 1, 2009.

BRAIDA, J.A. & CASSOL, E.A. Relações de erosão em entressulcos com o tipo e a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.23, p. 711-721, 1999.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M. da et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 30. p. 605-614, 2006.

BRAIDA, J. A. ; REICHERT, J. M ; REINERT, D. J. et al. Elasticidade do solo em função da umidade e do teor de carbono orgânico. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.32, p.477-485, 2008.

BRAIDA, J. A. ; BAYER, C. ; ALBUQUERQUE, J. A. et al . **Matéria orgânica e seu efeito na física no solo**. Tópicos em Ciência do Solo, v.VII, p. 221-278, 2011.

CAMPOS, R.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 9, p.21-126, 1995.

CARASSAI, I. J.; CARVALHO, P. C. de F.; CARDOSO, R. R.; et al. Atributos físicos do solo sob intensidades de pastejo e métodos de pastoreio com cordeiros em integração lavoura-pecuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.46, n.10, p.1284-1290, 2011

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. de S.; et al. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesq. agropec. Bras.**, Brasília, v. 44, n.6, p. 631-637, 2009.

CARPENEDO, V. **Compressibilidade de solos em sistemas de manejo**. 1994. 106f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 1994.

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

CHAVEZ, L. F.; ESCOBAR, L. F.; ANGHINONI, I.; et al. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p.1254-1261, 2011.

CEPIK, C. T. C. **Parâmetros de solo e máquinas na semeadura direto com doses de cobertura e configurações de deposição de fertilizantes**. 2006. 118p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

COLLARES, G. L. **Compactação em Latossolos e Argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas**. 2005. 107p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; et al. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura: pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 246-250, 2011.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 29, p. 777-788, 2005.

CONTE, O. **Atributos físicos de solo e demanda de tração em semeadura direta de soja, com diferentes pressões de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2007. 103p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; et al. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p.1301-1309, 2011.

COSTA, A. Da; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L. et al. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 33, p. 235-244, 2009.

CQFS - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Comissão de Química e Fertilidade do Solo: 10 ed., 2004. 400 p.

DEBIASI, H. **Recuperação física de um Argissolo compactado e suas implicações sobre o sistema solo-máquina-planta**. 2008. 288p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DEBIASI H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; et al. Capacidade de suporte e compressibilidade de um argissolo, influenciadas pelo tráfego e por plantas de cobertura de inverno. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2629-2637, 2008, Número Especial.

DIAS JUNIOR, M.S. & PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 20, p. 175-182, 1996.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. p. 212.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte. **Gramíneas forrageiras do gênero brachiaria: Espécies**. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/ct/ct01/04especies.html#4.8>. Acessado em 28 de março de 2010. Circular Técnica n° 1 Campo Grande MS, janeiro de 1980.

EMBRAPA – Clima Temperado. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil. Sistemas de Produção**. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap11\\_03](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap11_03). Acessado em 28 de março de 2010. ISSN 1806-9207 Versão Eletrônica Nov./2005.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FERREIRA, E. V. de O. **Dinâmica de potássio em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto sob intensidades de pastejo**. 2009. 84p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FERREIRA, E. V. De O.; ANGHINONI, A.; CARVALHO, P. C. De F; et al. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1675-1684, 2009.

FERREIRA, E. V. de O.; ANGHINONI, A.; ANDRIGHETTI, M. H., et al. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 35, p. 161-169, 2011.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; CECATO, U.; et al. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.43, n.11, p.1583-1590, 2008.

FLORES, J. P. C. **Atributos físicos e químicos do solo e rendimento da soja sob integração lavoura-pecuária em sistemas de manejo**. 2008. 114. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

FLORES, J. P. C., ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 31, p. 771-780, 2007.

FLORES, J. P. C. **Atributos de solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo em plantio direto e aplicação de calcário em superfície**. 2004. 87p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GASPARETTO, E.; BRAIDA, J. A.; CARNEIRO, et al. A. Propriedades físicas em solos argilosos do Sudoeste do Paraná utilizados com lavoura anual e mata nativa. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXXII. Fortaleza, 2009. **Anais ...** . CD ROM. 2009.

GENRO JUNIOR, S.A. **Alteração da compactação do solo com o uso de rotação de culturas no sistema plantio direto**. 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

GIASSON, E. & CASSOL, E.A. Relações da erosão em sulcos com vazões aplicadas e doses de resíduos de trigo incorporados a um Plintossolo Franco-argiloso. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 20, p. 117-127, 1996.

GONTIJO I.; DIAS JUNIOR, M. de S.; OLIVEIRA, M. S. de; et al. Planejamento amostral da pressão de pre-consolidação de um Latossolo Vermelho distroférico. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1245-1254, 2007.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego: Academic Press, 1998. 771p.



IAPAR. **Médias históricas climáticas.** Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Pato\\_Branco.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Pato_Branco.htm). Acessado em: 31 de agosto de 2011. 2011.

JESUS, C. P. de. **Atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto.** 2006. 59p. (Dissertação de mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2006.

KLUTHCOUSKI, J. **Renovação de pastagem do cerrado com arroz. 1- Sistema Barreirão.** Goiânia- GO: EMBRAPA-CNPAP; 20p. Documentos, 33, 1991.

KLUTHECOUSKI, J. ;STONE, L. F.; AIDAR H.; et al. **Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas.** Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 106, jun. 2004. POTAFOS. Encarte Técnico.

KLUTHCOUSKI, J., STONE L. F., AIDAR H. **Integração Lavoura-Pecuária. 1 ed. Santo Antonio de Goiás, GO, 570 p.** EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003.

KROULIK, M.; KUMHALA, F.; HULA, J.; et al. The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologie. **Soil Till. Res.**, v. 105, p. 171–175. 2009.

KUIPERS, H.; ZANDE, J. C. van de. Quantification of traffic systems in crop production In: SOANE, B.D.; OUWERKERK, C. Soil compaction in crop production. Amsterdam: **Elsevier**, p.45-69., 1994.

LANZANOVA, M.E. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária.** 2005. 142p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. Da S.; LOVATO, T.; et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1131-1140, 2007.

LOPES, M. L. T.; CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I; et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, 2009 .

LORENZI, H. **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas: Plantio Direto e Convencional.** 6 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2006.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, 2011.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 28, p. 175–187, 2004.

MAAK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 350p.

MACIEL, C. A. **Integração lavoura-pecuária e a qualidade física do solo na região do Cerrado**. 2008. 83p. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M. da.; et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.6, p.873-882, 2007.

MELLO, N. A. de, Degradação Física dos Solos Sob Integração Lavoura-Pecuária. In: I Encontro de Integração Lavoura-Pecuária do Sul do Brasil. **Anais...** Pato Branco, 14 a 16 de Agosto de 2002: CEFET-PR, p 43-60. 2002.

MORAES, A. de, PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; et al. Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: I Encontro de Integração Lavoura-Pecuária do Sul do Brasil. **Anais...** Pato Branco, 14 a 16 de Agosto de 2002: CEFET-PR, p 3-42. 2002.

MOTT, G.O. **Grazing pressure and the measurments of pasture production. 8th International Grassland Congress**, p.606-611, 1960.

NICOLOSO, R. da S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto**. 2005. 150p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

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

NICOLOSO, R. da S.; LOVATO, T.; AMADO, T. J. C.; et al. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2425-2433, 2008.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; et al. **Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; et al. **Mecânica do solo in: Física do solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. **Modificações físicas em solos manejados sob sistema de plantio direto**. In: Siembra directa: Una herramienta para la agricultura conservacionista. Florianópolis-SC. CD ROM. 1999.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I. L.; et al. Avaliação de silagem de capim papuã (*Brachiaria plantaginea*) por meio de desempenho de bezerros de corte confinados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.749-756, 2003.

ROCHA, K. F.; CASSOL, L. C.; ARRUDA, J. H.; BORTOLINI, D.; et al. Índice de saturação por bases e dinâmica do calcário após 49 meses da aplicação de calcário em superfície em área de plantio direto consolidado. SICITE 2010, Marechal Cândido Rondon. **Anais...** CD-ROM. 2010.

SALES, L.E.O.; FERREIRA, M.M.; SILVA, M.O; et al. Estimativa da taxa de infiltração básica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2091-2095, 1999.

SANTOS, G.C.G.; **Comportamento de B, Zn, Cu, Mn e Pb em solo contaminado sob cultivo de plantas e adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico**. Piracicaba: USP/ESALQ, 2005. 150p. Tese (Doutorado). 2005.

SANTOS, G. G; MARCHÃO, R. L. SILVA, E. M. da; et al. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, 2011.

SALET, R.L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. 1998. 117p. (Tese de Doutorado). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

SARTOR, L. R. **Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio por plantas de papuã submetidas a diferentes intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio**. 2009. 115p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal Paraná, Pato Branco, 2009.

SECCO, D. **Estados de compactação de dois Latossolos sob plantio direto e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas**. 2003, 108f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2003.

SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influencia do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.9,n.3,p.249-254,1985.

SILVA, V.R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003, 171f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SILVA, V. R. da; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, v. 30, p. 795-801, 2000.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. II – grau de saturação em água. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 26, p. 9-15, 2002.

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, J. H. da; LOBO JUNIOR, M.; et al. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura-pecuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, 2011.

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, v. 74, p. 65-105, 1996.

SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 34, p. 79-88, 2010.

SOUZA, E. D. de. **Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação do solo em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo**. 2008. 182p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; et al. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 28, p. 533-542, 2004.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; et al. Efeito de pastagens de inverno e de verão em características físicas de solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1193-1200, 2006.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; et al. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 33, p. 129-136, 2009.

STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, p. 395-401, 2001.

STRECK, C.A. **Compactação do solo e seus efeitos no desenvolvimento radicular e produtividade da cultura do feijoeiro e da soja**. 2003, 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2003

TAYLOR, H.M., ROBERSON, G.M., PARKER JUNIOR, J.J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, v.102, p.18-22, 1966.

THEISEN, G. & VIDAL, R. A. Viabilidade de sementes de papuã (*Brachiaria plantaginea*) e a cobertura do solo com palha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 449-452, 1999.

TOIGO, S.; BRAIDA, J.A.; CARNIELETTO, C.E. Diagnóstico das condições químicas e físicas do solo em áreas sob plantio direto no município de Flor da Serra do Sul, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXXI. Gramado, RS, 2007. **Anais ...** CD ROM. 2007.

VZZOTTO V. R.; MARCHEZAN E.; SEGABINAZZI T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.965-969, 2000.

**ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS**

APÊNDICE A – Resumo da análise da variância para a avaliação de solo pós pastejo de pasto de papuã ((Urochloa (Syn. Brachiaria) plantaginea)). (Número de graus de liberdade do pisoteio: 1; número de graus de liberdade da interação: 3; número de graus de liberdade do erro do pisoteio: 8).....	102
APÊNDICE B – Resumo da análise da variância para a avaliação de solo pós a colheita da cultura do trigo. (Número de graus de liberdade do erro: 4).....	105
APÊNCIDE C – Massa de forragem residual em pasto de papuã, submetida a diferentes intensidade de pastejo por caprinos, no município de Pato Branco, Paraná.....	108
APÊNCIDE D – Resistência à penetração em função dos tratamentos aplicados e da camada do solo, em área de SILP após pastejo de papuã por caprinos (a) e após a colheita de trigo (b).....	109
APÊNCIDE E – Médias das características químicos do solo, não apresentados graficamente no decorrer dos resultados e discussão, pois não houveram modelos de regressão significativos para estes.....	110

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Resumo da análise da variância para a avaliação de solo pós pastejo de pasto de papuã (*Urochloa (Syn. Brachiaria) plantaginea*). (Número de graus de liberdade do pisoteio: 1; número de graus de liberdade da interação: 3; número de graus de liberdade do erro do pisoteio: 8)

Variável resposta	QM erro das alturas de manejo	QM erro do pisoteio	F calculado do pisoteio	F calculado da interação	CV (%) alturas de manejo	CV (%) do pisoteio
Camada 0 a 0,05 m						
Densidade do solo	0,00421	0,00756	0,7070	3,5247	6,40	8,59
Macroporosidade	0,00232	0,00101	0,6041	7,9582	22,34	14,75
Microporosidade	0,00101	0,00077	1,0108	6,1179	6,68	5,83
Porosidade total	0,00236	0,00058	0,0175	1,4827	7,02	3,47
Resistência à penetração	0,05303	0,04910	0,0177	0,7189	14,93	14,37
Alumínio	0,02241	0,04455	0,3310	1,0790	69,19	97,55
Cálcio	3,47919	1,19971	2,9684	2,1784	27,76	16,30
Capacidade de troca de cátions	7,46149	0,58302	2,9548	5,1730	16,03	4,48
Hidrogênio e alumínio	3,00845	4,10777	0,9087	0,5963	28,40	33,18
Potássio	0,13175	0,16852	0,1959	0,0564	44,42	50,24
Saturação por alumínio	0,34396	0,53475	0,3550	1,1351	82,10	102,36
Magnésio	2,06630	1,22876	1,9278	1,4078	42,39	32,69
Matéria orgânica	40,84232	48,00843	3,0181	2,4409	9,25	10,03
Fósforo	4,43515	5,94238	3,2319	0,0828	38,11	44,11
PH - CaCl <sub>2</sub>	0,26927	0,25375	1,578	1,0996	10,73	10,42
Soma de bases	11,72738	4,60516	2,2859	1,9059	31,34	19,64
Saturação por bases	157,24163	135,94668	1,0550	1,0522	19,69	18,31
Camada 0,05 a 0,10 m						
Densidade do solo	0,00285	0,00162	0,0019	1,7508	4,57	3,44
Macroporosidade	0,00110	0,00116	0,6627	0,3921	18,55	19,01
Microporosidade	0,00012	0,00027	4,1617	0,8300	2,29	3,47
Porosidade total	0,00114	0,00058	0,0615	0,3256	5,15	3,67
Resistência à penetração	0,04546	0,08341	0,0001	0,4852	9,58	12,97
Alumínio	0,10202	0,04991	2,1249	0,8971	78,35	54,80



## APÊNCIDE A – Continuação...

Variável resposta	QM erro das alturas de manejo	QM erro do pisoteio	F calculado do pisoteio	F calculado da interação	CV (%) alturas de manejo	CV (%) do pisoteio
Cálcio	2,80050	0,83528	2,0979	0,4762	31,62	17,26
Capacidade de troca de cátions	4,28016	0,57746	1,4547	4,1441	13,41	4,92
Hidrogênio e alumínio	2,80825	3,54997	0,7979	0,9646	25,11	28,23
Potássio	0,17559	0,14759	0,1103	0,0344	59,34	54,41
Saturação por alumínio						
Magnésio	1,14947	0,92328	2,1331	0,8850	38,91	34,87
Matéria orgânica	19,87359	18,89928	0,1739	1,0804	7,0	7,71
Fósforo	17,11154	23,48501	3,1783	0,1529	55,22	64,69
PH - CaCl <sub>2</sub>	0,16830	0,13177	0,3486	0,5215	8,99	7,95
Soma de bases	8,99432	3,29736	2,0494	0,6847	34,25	20,74
Saturação por bases	184,60072	129,12023	0,9856	0,7682	23,98	20,06
Camada 0,10 a 0,15 m						
Densidade do solo	0,00273	0,0027	0,1095	0,5313	4,36	4,35
Macroporosidade	0,00116	0,00105	0,1695	0,1518	19,29	18,36
Microporosidade	0,00021	0,00032	0,0024	0,1371	3,12	3,84
Porosidade total	0,00051	0,00038	0,5380	0,1662	3,49	3,01
Resistência à penetração	0,06067	0,11725	0,6149	0,3800	9,72	13,52
Alumínio	1,59034	1,09921	1,5868	0,8596	284,72	276,31
Cálcio	2,21746	0,96058	0,5359	0,7343	29,21	19,22
Capacidade de troca de cátions	3,79661	1,20109	0,0233	1,5103	13,30	7,48
Hidrogênio e alumínio	7,05504	1,04651	2,4161	1,6961	41,06	15,81
Potássio	0,18398	0,07426	0,0575	0,2478	65,94	41,89
Saturação por alumínio		85,13372	1,9681	0,7640	247,16	182,00
Magnésio	1,03501	0,84577	1,4446	0,5086	41,89	37,85
Matéria orgânica	8,92728	7,42760	0,2648	1,2751	5,91	5,39
Fósforo	1,10911	2,62398	0,0419	0,51	34,57	53,17
PH - CaCl <sub>2</sub>	0,13017	0,08635	0,7539	0,4644	7,94	6,47
Soma de bases	7,36746	2,71776	1,1365	0,8828	33,19	20,16

## APÊNDICE A – Continuação...

Variável resposta	QM erro das alturas de manejo	QM erro do pisoteio	F calculado do pisoteio	F calculado da interação	CV (%) alturas de manejo	CV (%) do pisoteio
Saturação por bases	281,29600	68,42893	1,6630	1,0092	30,10	14,85
Camada 0,15 a 0,20 m						
Densidade do solo	0,00096	0,00322	0,3126	0,7001	2,60	4,78
Macroporosidade	0,00071	0,00093	0,5325	1,0971	15,45	17,62
Microporosidade	0,00016	0,00016	0,4499	1,8199	2,74	2,69
Porosidade total	0,00024	0,00048	0,4012	1,1055	2,44	3,41
Resistência à penetração	0,08619	0,10572	2,8821	0,1125	11,05	12,23
Alumínio	0,17446	0,21148	0,9579	0,5205	171,50	188,82
Cálcio	1,99843	1,09243	0,3342	0,5838	26,09	19,28
Capacidade de troca de cátions	1,97401	1,19893	0,6913	0,6910	9,75	7,60
Hidrogênio e alumínio	5,14290	1,30100	0,0545	1,2690	37,51	18,86
Potássio	0,13678	0,03568	0,1915	0,7887	60,98	31,14
Saturação por alumínio						
Magnésio						
Matéria orgânica	40,64582	19,29609	0,0921	2,6793	12,98	8,94
Fósforo	6,62643	9,42584	0,5354	0,3005	55,67	66,39
PH - CaCl <sub>2</sub>	0,12052	0,09125	0,1644	1,0868	7,52	6,54
Soma de bases	6,39539	2,735551	0,5062	0,6421	30,27	19,80
Saturação por bases	226,30734	75,27904	0,1747	0,8596	26,03	15,01

APÊNDICE B – Resumo da análise da variância para a avaliação de solo pós a colheita da cultura do trigo. (Número de graus de liberdade do erro: 4).

Variável resposta	QM do erro	CV (%)
Camada 0 a 0,05 m		
Densidade do solo	0,013283	10,51
Macroporosidade	0,001701	18,83
Microporosidade	0,000729	5,5
Porosidade total	0,001207	4,9
Resistência à penetração	0,113765	11,63
Alumínio	0,046283	77,8
Cálcio	1,701267	21,36
Capacidade de troca de cátions	3,829303	8,61
Hidrogênio e alumínio	6,122453	19,06
Potássio	0,034267	24,76
Saturação por alumínio	5,12685	70,42
Magnésio	0,425489	22,69
Matéria orgânica	36,74901	9,11
Fósforo	144,4568	56,12
PH - CaCl <sub>2</sub>	0,082786	6,95
Soma de bases	4,035278	20,64
Saturação por bases	73,41884	19,79
Camada 0,05 a 0,10 m		
Densidade do solo	0,010902	8,48
Macroporosidade	0,000448	11,56
Microporosidade	0,000202	3,04
Porosidade total	0,000258	2,47
Resistência à penetração	0,01873	3,4
Alumínio	0,00794	41,53
Cálcio	1,017996	18,94
Capacidade de troca de cátions	12,10428	17,96
Hidrogênio e alumínio	6,118912	22,48
Potássio	0,041409	36,19
Saturação por alumínio	1,793725	44,03
Magnésio	0,272484	21,03

## APÊNDICE B – Continuação...

Variável resposta	QM do erro	CV (%)
Matéria orgânica	54,73307	13,9
Fósforo	4,833088	32,69
PH - CaCl <sub>2</sub>	0,035833	4,53
Soma de bases	2,539196	19,03
Saturação por bases	20,77394	10,02
Camada 0,10 a 0,15 m		
Densidade do solo	0,000611	2,15
Macroporosidade	0,000202	8,03
Microporosidade	0,000127	2,42
Porosidade total	0,000107	1,61
Resistência à penetração	0,039816	4,78
Alumínio	0,014508	66,65
Cálcio	1,031436	19,04
Capacidade de troca de cátions	3,63551	10,04
Hidrogênio e alumínio	2,738044	15,18
Potássio	0,047703	49,06
Saturação por alumínio	5,927565	93,45
Magnésio	0,063409	10,94
Matéria orgânica	4,42821	4,14
Fósforo	1,024215	38,85
PH - CaCl <sub>2</sub>	0,007787	2,1
Soma de bases	1,749653	16,37
Saturação por bases	28,35431	12,38
Camada 0,15 a 0,20 m		
Densidade do solo	0,001	2,76
Macroporosidade	0,00048	12,28
Microporosidade	0,0000616	1,68
Porosidade total	0,000209	2,24
Resistência à penetração	0,093624	7,28
Alumínio	0,010823	73,18
Cálcio	0,366897	10,87
Capacidade de troca de cátions	4,982682	12,44

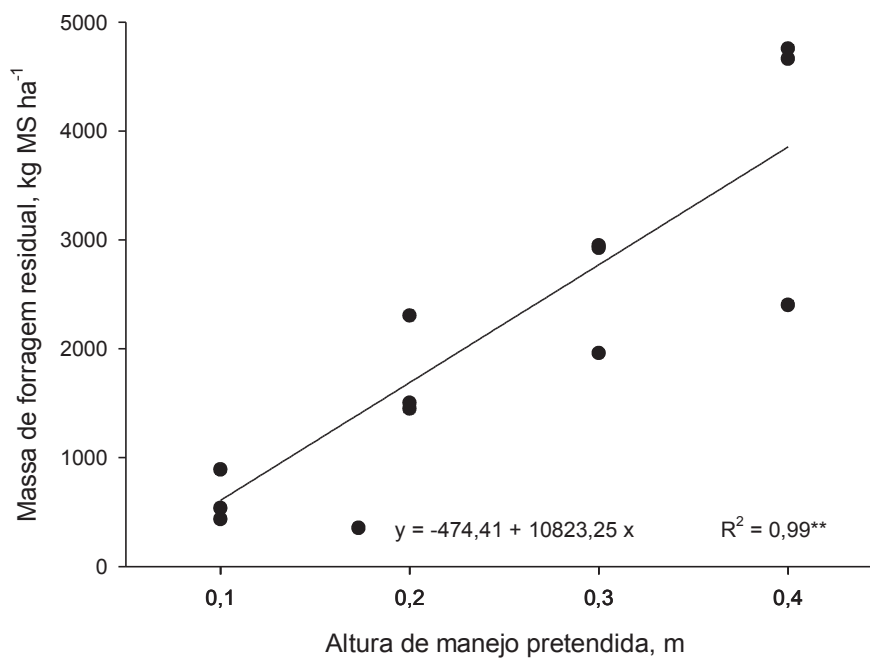
## APÊNDICE B – Continuação...

---

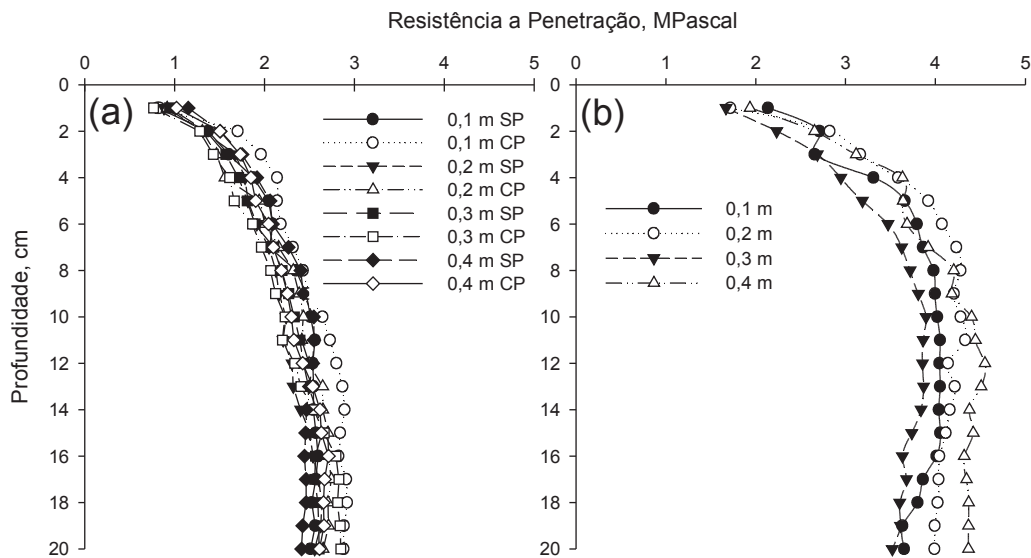
Variável resposta	QM do erro	CV (%)
Hidrogênio e alumínio	2,805383	17,01
Potássio	0,040886	54,62
Saturação por alumínio	4,379471	99
Magnésio	0,07292	12,58
Matéria orgânica	17,13769	8,22
Fósforo	0,159184	21,75
PH - CaCl <sub>2</sub>	0,011328	2,52
Soma de bases	0,741722	10,65
Saturação por bases	14,17105	8,25

---

APÊNCIDE C – Massa de forragem residual em pasto de papuã, submetida a diferentes intensidade de pastejo por caprinos, no município de Pato Branco, Paraná.



APÊNCIDE D – Resistência à penetração em função dos tratamentos aplicados e da camada do solo, em área de SILP após pastejo de papuã por caprinos (a) e após a colheita de trigo (b).



APÊNCIDE E – Médias das características químicas do solo, não apresentados graficamente no decorrer dos resultados e discussão, pois não houveram modelos de regressão significativos para estes.

Coleta de solo após o período de pastejo								
Altura de manejo d pasto	Camadas, m							
	0 a 0,05		0,05 a 0,10		0,10 a 0,15		0,15 a 0,20	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
m	-----Alumínio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
0,1	0,0516	0,0516	0,213	0,108	0,19	0,11	0,141	0,086
0,2	0,136	0,0916	0,373	0,156	1,836	0,18	0,066	0,203
0,3	0,01	0,065	0,135	0,238	0,16	0,276	0,578	0,173
0,4	0,1833	0,025	0,48	0,083	0,663	0,126	0,555	0,143
Equação	Y = 0,08		Y = 0,22		Y = 0,44		Y = 0,24	
	-----Cálcio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
0,1	6,65	7,96	5,318	6,363	5,533	6,108	5,851	6,525
0,2	5,98	6,325	4,765	5,14	5,348	4,945	5,588	4,998
0,3	6,98	6,15	5,186	5,08	4,863	4,746	5,431	5,49
0,4	5,70	7,96	4,82	5,668	4,058	5,175	4,308	5,153
Equação	Y = 6,71		Y = 5,29		Y = 5,1		Y = 5,42	
	-----Hidrogênio+alumínio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
0,1	6,185	5,651	6,911	6,1	7,235	6,238	6,417	5,967
0,2	7,805	6,49	8,788	6,476	7,2	6,145	5,78	6,133
0,3	4,841	5,697	5,15	6,491	5,743	6,691	5,033	6,081
0,4	7,175	5,018	7,213	6,246	6,99	5,497	7,171	5,785
Equação	Y = 6,11		Y = 6,67		Y = 6,47		Y = 6,05	
	-----Potássio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
0,1	0,886	0,781	0,826	0,72	0,768	0,698	0,58	0,631
0,2	0,717	0,74	0,636	0,543	0,558	0,418	0,48	0,361
0,3	1,123	0,963	0,868	0,843	0,828	0,81	0,796	0,788
0,4	0,695	0,635	0,596	0,613	0,5	0,621	0,501	0,711
Equação	Y = 0,82		Y = 0,71		Y = 0,65		Y = 0,61	
	-----Saturação por alumínio, %-----							
0,1	0,525	0,492	2,846	1,259	2,571	1,298	1,768	1,009
0,2	1,484	1,161	5,016	2,192	13,917	2,488	0,821	2,849
0,3	0,08	0,723	1,57	3,327	2,314	4,177	7,08	2,474
0,4	2,495	0,227	7,464	0,9	12,04	1,744	10,01	2,093
Equação	Y = 0,9		Y = 3,07		Y = 5,07		Y = 3,51	
	-----Magnésio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
0,1	2,98	3,958	2,311	3,633	2,053	3,023	2,26	2,856
0,2	2,555	3,026	1,953	2,528	2,133	2,16	2,023	1,881
0,3	3,816	3,065	2,951	2,52	2,395	2,348	2,368	2,366
0,4	2,953	4,768	2,658	3,485	2,228	3,083	2,258	2,605
Equação	Y = 3,39		Y = 2,75		Y = 2,43		Y = 2,33	
	-----pH, CaCl <sub>2</sub> -----							
0,1	4,633	4,966	4,45	4,633	4,45	4,583	4,516	4,666
0,2	4,483	4,866	4,316	4,616	4,466	4,5	4,65	4,466
0,3	4,733	4,733	4,483	4,483	4,516	4,516	4,616	4,616
0,4	4,616	5,283	4,616	4,683	4,45	4,766	4,45	4,816
Equação	Y = 4,79		Y = 4,54		Y = 4,53		Y = 4,6	
	-----Soma de bases, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
0,1	10,516	12,703	8,456	10,71	8,355	9,83	8,691	10,013
0,2	9,255	10,091	7,355	8,211	8,04	7,523	8,091	7,241
0,3	11,92	10,185	9,006	8,443	8,086	7,905	8,596	8,645



## APÊNDICE E – Continuação...

Coleta de solo após o período de pastejo								
0,4	9,356	13,366	8,075	9,766	6,786	8,88	7,068	8,47
Equação	Y = 10,92		Y = 8,75		Y = 8,18		Y = 8,35	
-----Saturação por bases, %-----								
0,1	62,56	68,87	54,53	62,96	53,041	60,60	57,21	62,14
0,2	54,51	59,63	46,20	55,74	53,19	55,05	58,28	54,34
0,3	71,30	63,47	63,60	56,05	57,80	54,01	62,39	58,29
0,4	56,54	72,50	53,04	61,05	50,05	61,84	50,30	59,34
Equação	Y = 63,67		Y = 56,65		Y = 55,7		Y = 57,79	
Coleta de solo após a colheita do trigo								
Altura de manejo do pasto	Camadas							
	0 a 0,05 m	0,05 a 0,10 m	0,10 a 0,15 m	0,15 a 0,20 m				
m	-----Alumínio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
0,1	0,1	0,06	0,13	0,1525				
0,2	0,148	0,185	0,106	0,09				
0,3	0,4225	0,2675	0,15	0,065				
0,4	0,433	0,31	0,308	0,238				
Equação	Y = 0,276	Y = 0,205	Y = 0,173	Y = 0,136				
-----Cálcio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								
0,1	6,407	5,902	5,642	6,115				
0,2	7,19	5,838	5,638	5,681				
0,3	5,785	5,195	5,28	5,6				
0,4	5,033	4,518	4,858	5,076				
Equação	Y = 6,103	Y = 5,363	Y = 5,354	Y = 5,618				
-----Capacidade de troca de cátion, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								
0,1	20,995	17,54	18,932	18,14				
0,2	23,491	18,69	18,613	17,79				
0,3	21,14	18,73	17,97	15,99				
0,4	24,103	21,69	20,046	19,21				
Equação	Y = 22,43	Y = 19,164	Y = 18,89	Y = 17,78				
-----Hidrogênio+alumínio, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								
0,1	10,69	8,05	10,33	9,32				
0,2	11,81	9,706	10,20	9,58				
0,3	12,175	10,77	10,04	8,07				
0,4	16,19	14,41	12,54	11,62				
Equação	Y = 12,71	Y = 10,73	Y = 10,78	Y = 9,65				
-----Saturação por alumínio, %-----								
0,1	47,95	53,85	45,21	48,72				
0,2	50,88	47,97	45,47	47,03				
0,3	42,47	44,21	44,765	50,01				
0,4	33,09	34,26	37,78	39,16				
Equação	Y = 43,59	Y = 45,07	Y = 43,30	Y = 46,23				
-----Fosforo, mg dm <sup>-3</sup> -----								
0,1	15,59	4,71	2,202	1,76				
0,2	21,39	7,35	2,50	1,678				
0,3	33,085	7,37	2,46	1,5				
0,4	17,54	7,005	3,065	2,26				
Equação	Y = 21,90	Y = 6,61	Y = 2,559	Y = 1,799				
-----Soma de bases, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								
0,1	10,305	9,49	8,6	8,817				
0,2	11,675	8,991	8,405	8,21				
0,3	8,965	7,955	7,93	7,917				

## APÊNDICE E – Continuação.

Coleta de solo após o período de pastejo				
0,4	7,906	7,28	7,506	7,586
Equação	Y = 9,712	Y = 8,429	Y = 8,11	Y = 8,132

