

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

SIMONE ZANCHETTIN

**VARIABILIDADE TEMPORAL DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM
SOLO SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

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

SIMONE ZANCHETTIN

VARIABILIDADE TEMPORAL DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM
SOLO SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

SIMONE ZANCHETTIN

**VARIABILIDADE TEMPORAL DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE
UM SOLO SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Câmpus Pato Branco, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Rachel
Muylaert Locks Guimaraes

PATO BRANCO

2014

Zanchettin, Simone

**Variabilidade temporal de propriedades físicas de um solo sob integração
lavoura-pecuária / Simone Zanchettin**

Pato Branco. UTFPR, 2014

40 f. : il. ; 30 cm

**Orientador: Prof. Dr. Rachel Muylaert Locks Guimarães. Monografia
(Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2014.**

Bibliografia: f. 37 - 40

**1. Agronomia. 2. Integração lavoura-pecuária. I. Guimarães, Rachel Muylaert
Locks. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia.
IV. Título.**

CDD: 630



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



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

**VARABILIDADE TEMPORAL DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM
SOLO SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

por
SIMONE ZANCHETTIN

Monografia apresentada às 10 horas do dia 03 de novembro de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRA AGRÔNOMA, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

M. Sc. Ricardo Beffart Aiolfi
UTFPR
Membro

Prof. Dr. Luis Cesár Cassol
UTFPR
Co-Orientador

**Prof. Dr. Rachel Muylaert Locks
Guimarães**
UTFPR
Orientadora

Visto da Coordenação:

**Profª. Drª. Marlene de Lurdes
Ferronato**
Coordenadora do TCC

* “O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação de Agronomia”

DEDICO ao meu pai, Simão, minha mãe Maria Inês, e ao meu irmão Gilberto.

AGRADECIMENTOS

Á Deus por ter me guiado para o caminho certo e me dado forças para não desistir da minha escolha quando surgiam dificuldades.

Á minha família, em especial aos meus pais e aos meus padrinhos Léo e Marizete por sempre me apoiarem nas minhas escolhas, nas horas difíceis, pela ajuda no trabalho de conclusão de curso, pelos valores passados durante toda a vida e em especial nesses cinco anos de faculdade onde aprendi muito com as novas amizades conquistadas.

Aos meus amigos que conquistei ao longo da graduação, que sempre me ajudaram nos trabalhos, nas horas difíceis mais também por compartilharem momentos bons de comemoração e festas.

Á professora Rachel, minha orientadora, pelos ensinamentos e conselhos passados, por estar sempre disposta em me ajudar e pela paciência que teve comigo. Muito obrigada pela realização deste trabalho.

Agradeço a todos os professores da graduação da Agronomia, que contribuíram para minha formação e a todas as pessoas que me ajudaram de alguma forma na realização deste trabalho.

“Enquanto suspiramos por uma vida sem dificuldades, devemos nos lembrar que o carvalho cresce forte de ventos contrários e que os diamantes são formados sob pressão” – Peter Marshall

RESUMO

ZANCHETTIN, Simone. **Variabilidade temporal das propriedades físicas de um solo sob integração lavoura pecuária**. 38 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Resumo - A integração lavoura-pecuária (ILP) consiste em uma associação entre cultivos agrícolas e produção animal em uma mesma área, através de uma alternância no cultivo de grãos e pastagens para a pecuária. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade temporal das propriedades físicas de um solo cultivado sob um sistema de Integração Lavoura-Pecuária. Foram avaliadas as seguintes propriedades do solo: densidade, porosidade total, microporosidade, macroporosidade e também a massa seca de resíduo vegetal. Foram realizadas quatro amostragens de solo: época pós-pastejo, época pós-plantio, após a colheita do milho e mata nativa. Na primeira época e na mata 10 pontos foram coletados aleatoriamente na área, nas demais épocas 10 pontos foram coletados na linha e na entrelinha. As amostras foram retiradas em quatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 cm. Foram realizadas duas amostragens de massa seca, uma pós-pastejo e uma após a colheita do milho. Para a densidade do solo e macroporosidade não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, porém para todas as profundidades os valores encontrados para a macroporosidade no tratamento pós-pastejo se encontram abaixo do valor crítico de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Para a porosidade total e microporosidade houve diferença estatística entre as épocas de amostragens e a mata nativa nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 cm, já para a profundidade 15-20 cm não houve diferença entre os tratamentos. O teor de matéria seca observado aumentou após a colheita do milho.

Palavras-chave: Qualidade do solo, Densidade do solo, Compactação do solo.

ABSTRACT

ZANCHETTIN, Simone. **Temporal variability of the physical properties of a soil under crop livestock integration tillage**. 38 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2014.

Abstract - The crop-livestock integration (ILP) consists of an association between agricultural crops and animal production in the same area, through alternating the cultivation of grain and pasture for livestock. The aim of this study was to evaluate the temporal variability of the physical properties of a soil under a Crop-Livestock Integration in system-till system. Density, porosity, microporosity, macroporosity and also the dry mass of plant residue: the following properties were evaluated. Four soil samples were taken: time after grazing, after planting season, after the harvest of corn and native forest. In the first season and in the forest 10 points were randomly collected in the area, in other epochs 10 points were collected in the row and between rows. The samples were taken at four depths: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 cm. Two samples of dry mass, a post-grazing and after the corn harvest was performed. For soil density and macroporosity no statistically significant difference between the treatments was observed, however for all depths the values found for macroporosity in treating post-grazing are below the critical value of $0.10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. For total porosity and microporosity there was no statistical difference between sampling dates and the bushland in the 0-5, 5-10, 10-15 cm, while for the 15-20 cm depth there was no difference between treatments. The dry matter content observed increased after the corn harvest.

Keywords: soil quality, soil density, soil compaction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Densidade do solo para os tratamentos Pós pastejo, PPlan-L, PPlan-EL, PC-L, PC-EL e Mata. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.	15
Figura 2 – Porosidade Total do solo para os tratamentos Pós pastejo, PPlan-L, PPlan-EL, PC-L, PC-EL e Mata. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.	16
Figura 3 - Microporosidade do solo para os tratamentos Pós pastejo, PPlan-L, PPlan-EL, PC-L, PC-EL e Mata. UTFPR, Campus Pato Branco- PR, 2014.....	18
Figura 4 - Macroporosidade do solo para os tratamentos Pós pastejo, PPlan-L, PPlan-EL, PC-L, PC-EL e Mata. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	19
Figura 5 – Relação entre Densidade do solo e quantidade de massa seca. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2014.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL.....	4
3.2 BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	4
3.3 LIMITAÇÕES DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	6
3.4 COMPACTAÇÃO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUARIA	6
3.5 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM SISTEMA DE ILP	7
3.5.1 Porosidade do solo.....	7
3.5.2 Densidade	8
4 MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	10
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	11
4.3 AVALIAÇÕES.....	11
4.3.1 Densidade do solo.....	11
4.3.2 Porosidade do solo.....	12
4.3.2.1 Porosidade total	12
4.3.2.2 Microporosidade.....	12
4.3.2.3 Macroporosidade.....	12
4.3.2.4 Densidade de partículas.....	13
4.3.3 Massa seca de resíduo vegetal.....	13
4.3.4 Análise dos dados	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
5.1 Densidade do solo	15
5.2 Porosidade Total	16
5.3 Microporosidade	18
5.4 Macroposidade	19
5.5 Massa seca de resíduos	20
6 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

A Integração Lavoura-Pecuária (ILP) consiste basicamente em uma associação entre cultivos agrícolas e produção animal em uma mesma área, através de uma alternância temporária de cultivos para grãos e pastagens de gramíneas e leguminosas para pecuária de corte ou leiteira (CARVALHO; ANGHINONI, 2013). Este sistema de produção agropecuária vem conquistando, nos últimos anos, cada vez mais espaço nas propriedades da região Sul do Brasil. Isso ocorre principalmente nas pequenas e médias propriedades com a agricultura familiar, as quais buscam diversificação de renda para sua sustentabilidade econômica e social.

Nestas propriedades, geralmente, as atividades mais desenvolvidas são a produção de grãos, principalmente soja e milho, e a produção de leite a base de pasto e silagem. Sendo assim, a utilização do sistema de ILP é uma forma de usufruir de uma mesma área para as duas atividades, diversificando a produção e a renda.

Além de proporcionar maior estabilidade econômica com a diversificação de produção, o sistema de ILP, quando bem manejado, também traz benefícios para o solo, cultura de grãos e pastagem. A qualidade do solo, por exemplo, pode ser mantida e melhorada sob Integração Lavoura-Pecuária, pois o solo fica com cobertura vegetal o ano todo, criando uma proteção contra a ação da erosão hídrica e da variação térmica. Além disso, a ILP proporciona, a formação de canais no solo, devido a diferentes sistemas radiculares formados, e conseqüente melhoria na retenção e infiltração de água. A microbiota do solo também pode ser melhorada e aumentada, o que auxilia para a ciclagem de nutrientes e acúmulo de matéria orgânica do solo, possibilitando assim, aumento na produção das espécies cultivadas neste sistema.

Contudo, quando mal planejado o número de animais por a área, o mau manejo da altura da pastagem, da época de pastejo, e do número de dias que os animais permanecem na pastagem, o sistema de ILP, pode trazer malefícios para o solo, como a compactação, diminuição dos macroporos, aumento da energia de retenção de água no solo, baixo acúmulo de palhada

na superfície, erosão, degradação da pastagem, entre outros.

A ILP ao longo de um ano agrícola pode proporcionar variações nas propriedades físicas do solo. O crescimento contínuo da pastagem, estimulada pelo corte realizado pelos animais, e o plantio da cultura de verão, com uso de haste sulcadora no momento da semeadura, podem melhorar a qualidade do solo na linha de plantio, dinamizam os valores das propriedades físicas do solo. Neste sentido, o presente trabalho parte da hipótese que há variabilidade temporal, dentro do ano agrícola, bem como na linha e entre linha da semeadura das propriedades físicas do solo em sistema de ILP, e esta variação pode resultar em perdas de qualidade do solo quando este sistema não for implantado e manejado corretamente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a variabilidade temporal das propriedades físicas de um solo cultivado sob um sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Sistema de Plantio Direto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as propriedades físicas de um solo sob ILP em diferentes momentos, posições de amostragem e em diferentes profundidades.

Avaliar a densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade de um solo sob ILP.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL

A ILP é tão antiga quanto a domesticação dos animais e das plantas. No Brasil, normalmente, era utilizada para a abertura de fronteiras agrícolas. No Cerrado, o objetivo da integração é na rotação de culturas, recuperação dos solos e de pastagens degradadas.

Na região Sul do Brasil a ILP é praticada há décadas, e pode ser representada pela rotação de lavouras de arroz irrigado com a pastagem no Rio Grande do Sul, ou pela rotação de lavouras de milho e soja com pastagens de inverno, também no Rio Grande do Sul e no Paraná (CARVALHO, 2005).

A adoção deste sistema pode ser feita pelos grandes produtores, bem como pelos pequenos. Nas grandes propriedades, a produção animal geralmente é representada por bovinos de corte, e a produção vegetal é constituída por culturas altamente mecanizadas, como a soja (BALBINOT, 2009). Na Região Sul é mais comum a adoção da ILP pelos médios e pequenos produtores, uma vez que este sistema ajuda a diversificar e incrementar a renda da propriedade.

Moraes et al. (1998) definiu ILP como a alternância temporária ou rotação do cultivo de grãos e pastejo de animais em pastagens de gramíneas e/ou leguminosas e seus consórcios que pode ser utilizada de maneiras distintas, segundo os interesses individuais.

A ILP realizada na região Sul é caracterizada basicamente pela utilização de uma cultura anual de grãos no verão, e o uso de pastagem de inverno, composta normalmente por gramíneas. Devido ao bom desempenho econômico da soja nos últimos anos, ela passou a ser a principal cultura de verão, enquanto a aveia e o azevém são as forrageiras mais utilizadas para a formação de pastagem no inverno (NICOLOSO, 2005).

3.2 BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O sistema de ILP proporciona alguns benefícios para o solo,

pastagem e para a cultura de grãos implantada na safra de verão, em relação a sistema de produção não integrados, que apresentam somente produção vegetal ou animal de forma isolada. A pecuária, por sua vez, propicia à agricultura recuperação do solo pela melhoria de sua estrutura e ciclagem de nutrientes, aumento na matéria orgânica, melhora o armazenamento de água no solo e possibilita melhor cobertura dos solos para plantio direto (FRANCHINI, 2009).

A elevada velocidade de ciclagem de nutrientes está entre as vantagens que o sistema de ILP proporciona para o meio ambiente. Os animais em pastejo são agentes aceleradores da ciclagem de nutrientes, pois grande parte dos nutrientes ingeridos volta ao solo, por meio das fezes e urina e estão disponíveis na solução do solo para a absorção das plantas em um curto intervalo de tempo (POWELL e WILLIAMS, 1993).

A aceleração da ciclagem de nutrientes ajuda a reduzir as perdas por lixiviação e erosão do solo. (BUSCHBACHER, 1987). Cerca de 70 a 95% dos nutrientes ingeridos pelos animais, voltam para o solo através das fezes e urina (RUSSELLE, 1997), dependendo da qualidade da pastagem ingerida, da idade, categoria, raça e condição corporal dos animais. Tracy e Zhang (2008), afirmam que as concentrações de carbono orgânico podem aumentar com o tempo em sistema ILP, isso ocorre devido ao crescimento contínuo da pastagem e/ou culturas, que proporciona maior exploração do solo, rotação de culturas, incremento da palhada ao longo dos anos, maior ciclagem de nutrientes, ajudando assim a melhorar a qualidade do solo. A qualidade do solo é incrementada, pois há melhoria nas suas propriedades físicas, aumentando a macroporosidade, microporosidade e diminuindo a densidade do solo. As propriedades químicas do solo também são melhoradas, pois a disponibilidade de nutrientes para a cultura de grãos e a pastagem é maior, uma vez que a ciclagem de nutrientes ocorre rapidamente.

Em um solo com condições adequadas para um bom desenvolvimento das plantas, as raízes crescem em maior profundidade, conseguindo explorar maior volume de solo buscando água e nutrientes, aumentando assim sua tolerância à deficiência hídrica (EMBRAPA, 2007).

A ILP proporciona também ao solo o acúmulo de palhada e proteção contra chuvas de elevada intensidade. A palhada sobre a superfície

do solo ajuda a melhorar as condições químicas e a matéria orgânica, sendo muito importante também para a manutenção e desenvolvimento da micro e meso vida de um solo (DANTAS et al., 2009). Além disso, evita a desagregação do solo e o selamento superficial, facilita a infiltração da água no solo, reduz a velocidade de escoamento da enxurrada, e permite a manutenção e elevação do teor de matéria orgânica.

A matéria orgânica do solo tem a função na estruturação do solo, bem como na infiltração de água, desenvolvimento radicular, resistência à erosão e serve de reservatório de nutrientes (PAUL e CLARK, 1996).

3.3 LIMITAÇÕES DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Nas últimas décadas, as áreas agrícolas utilizadas em sistema de ILP vêm se tornando mais expressivas no Brasil, em virtude dos inúmeros benefícios que podem ser obtidos com o uso desse sistema (MACEDO, 2009). Porém, quando o sistema é implantado e manejado de forma incorreta, o mesmo pode acarretar malefícios ligados à degradação do ambiente, sobretudo à degradação do solo.

Segundo Hodgson (1990), quando as pastagens são mal manejadas, pode ocorrer a degradação do solo, além de perda de vigor, de produtividade, e da capacidade de recuperação natural da pastagem. As práticas de manejo que podem ser citadas, as quais contribuem para a degradação são: alta taxa de lotação e pastejo excessivo.

Quanto maior a intensidade de pastejo, menor será a altura da pastagem, isso ocasiona a redução da cobertura vegetal, e os animais se deslocam mais pela área em busca de forragem, prejudicando as propriedades físicas do solo (CASSOL, 2003). Quanto maior for a pressão exercida sobre a superfície de um solo, ele se comprime, aumentando sua densidade e diminuindo seu volume (GUPTA e ALLMARAS, 1987).

3.4 COMPACTAÇÃO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O manejo inadequado do solo em sistema de ILP pode aumentar

a compactação, modificar a resistência dos agregados e reduzir a taxa de infiltração de água de um solo (FREGONEZI, 2001). Nestas áreas, a compactação do solo pode ser aumentada pelo pisoteio animal quando são utilizadas elevadas pressões de pastejo, períodos prolongados de ocupação, e pela ação de máquinas e implementos na área em condições de solo úmido (PROFFITT et al., 1993).

A compactação do solo é o processo de decréscimo de volume de solos não saturados quando uma determinada pressão externa é aplicada, seja por máquinas agrícolas, equipamentos ou animais (LIMA, 2004). Segundo Beutler et al. (2004), a compactação reflete-se no aumento da densidade do solo, da resistência do solo à penetração e da microporosidade, com redução da porosidade total e da macroporosidade. Startsev e McNabb (2001) acrescentam que a compactação reduz a infiltração de água, intensificando a erosão e o assoreamento dos mananciais de água.

A compactação limita o crescimento radicular das plantas, comprometendo sua capacidade de absorver nutrientes e água (HAKANSSON et al., 1988) e a fixação ao solo, provocando acamamento das plantas.

Em áreas utilizadas para a pecuária, os efeitos negativos do pisoteio animal sobre a qualidade física do solo são influenciados pelo tipo de animal, cobertura de pastagem, taxa de lotação e duração do pastejo. Animais mais pesados, pouca cobertura vegetal, altas taxas de lotação favorecem a compactação (CARVALHO, 2005).

3.5 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM SISTEMA DE ILP

3.5.1 Porosidade do solo

A porosidade é a fração volumétrica do solo ocupada com ar (macroporos) e água (microporos), representando o local onde circulam a solução (nutrientes e água) e o ar (KLEIN, 2008). É originária do arranjo aleatório das partículas sólidas. O volume ocupado pelo espaço poroso gira em torno de 50% em um solo.

Os macroporos representam cerca de 25% do espaço poroso

total, e são responsáveis pela aeração, movimentação de água e penetração de raízes, enquanto os microporos são responsáveis pela retenção de água no solo, e representam aproximadamente 25% da porosidade total.

A relação entre a macro e microporosidade é importante para a avaliação da estrutura do solo. A microporosidade está relacionada com o armazenamento de água no solo, o que influencia no desenvolvimento das plantas, especialmente nas épocas de déficit hídrico (VEIGA, 2005).

A compactação do solo acarreta a redução do espaço poroso, principalmente macroporos, o que afeta as propriedades físico-hídricas (KLEIN, 2008). De acordo com Silva et al. (1997), a compactação transforma os macroporos em microporos. Para um bom desenvolvimento das plantas é necessário que um solo tenha entre, 10 a 20% de macroporos, dependendo do tipo de solo (Hillel, 1970).

3.5.2 Densidade

A densidade do solo é um atributo físico, que é usado para indicar o estado de conservação de um solo, principalmente com relação a infiltração e retenção de água, desenvolvimento das raízes, aeração, processos erosivos, e também é muito usado para avaliação da compactação do solo (GUARIZ et al., 2009).

Com a densidade elevada, as plantas não tem bom desenvolvimento, porque o aumento da resistência mecânica a penetração das raízes, dificulta a movimentação da água e nutrientes para o sistema radicular (MAPFUMO et al., 1998; ISHAQ et al., 2001).

A densidade do solo é afetada pela cobertura vegetal, o teor de matéria orgânica e o uso e manejo do solo. O método mais usado para determinar a compactação de um solo é obtido através da densidade do solo. O aumento da densidade do solo faz com que ocorra a diminuição do volume total dos poros, redução da permeabilidade e da infiltração de água (MACIEL, 2008).

Os valores de densidade encontrados em solos agrícolas variam de 0,9 a 1,8 Mg m⁻³, dependendo da textura e do teor de matéria orgânica dos

mesmos. Camargo e Alleoni (1997) consideram crítico o valor de densidade de $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ em solos franco argilosos a argilosos. A produtividade de milho foi afetada com o aumento da densidade de $1,53$ para $1,62 \text{ Mg m}^{-3}$ em solos muito argilosos (CANILLAS e SALOKHE, 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi realizado na Linha São Rafael, interior do município de Novo Horizonte-SC. O solo do local é um Cambissolo com 58.38% de argilosa. O clima no local é do tipo Cfb, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e a temperatura média do mês mais quente variando de 18°C e 22°C. As chuvas são uniformemente distribuídas ao longo do ano, com precipitação média anual de 1,500 mm .

A área onde foi realizado o experimento está sob sistema ILP, desde 2002. Para as safras de verão, as culturas usadas ao longo dos anos foram soja e milho, e no inverno as culturas usadas para o pastejo dos animais são aveia e azevém. O tamanho da área onde foi realizada as amostragens foi de três hectares.

A semeadura da aveia preta foi realizada dia 02/04/2013, sendo esta realizada a lanço e a incorporação no solo feita por meio de grade niveladora. O pastejo dos animais começa quando a pastagem atinge aproximadamente 20 cm de altura. Os animais colocados na pastagem são vacas lactantes e novilhas, somando normalmente 20 animais. Os mesmos permanecem meio período do dia na pastagem, por aproximadamente 8 dias, até que a pastagem atinja 10 cm, e o restante do dia são colocados em pastagem permanente. Após, são colocados em outro piquete para que ocorra a recuperação da pastagem. Os animais são colocados novamente neste piquete quando a pastagem atinge 20 cm. Os animais permanecem neste piquete aproximadamente até um mês antes da dessecação para a semeadura de verão, totalizando 40 dias de pastejo.

Na safra 2013/2014 a cultura implantada foi o milho, a semeadura foi realizada dia 26/09/2013, com uma semeadora de três linhas, foi usado haste sulcadora. O híbrido usado foi o 8041 PRO da Agrocere, com espaçamento de 0,70 m entrelinha. A adubação foi feita com a formulação 09-25-50 e aplicação de ureia com formulação de 46-00-00 em cobertura.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

As amostragens de solo foram realizadas em três épocas diferentes: época pós-pastejo (PP), as amostragens foram realizadas no dia 25/09/2013 após a retirada dos animais e um mês após a dessecação da pastagem; época pós-plantio (PPlan): as amostragens foram realizadas no dia 29/10/2013, 30 dias após a semeadura; época pós-colheita (PC), as amostragens foram realizadas dia 02/04/2014, 30 dias após a colheita. Em cada época foram selecionados 10 pontos, sendo que na época PP a amostragem foi aleatória e nas demais épocas coletou-se em duas posições de amostragem, linha e entrelinha (10 pontos em cada). Foi realizada uma quarta amostragem, em mata nativa com o objetivo de comparação dos resultados obtidos com os demais tratamentos.

Em cada ponto foram retiradas amostras indeformadas em quatro profundidades de 0-5; 5-10; 10-15; 15-20 cm, totalizando 240 amostras ao longo do experimento.

O acúmulo de matéria seca no solo de uma safra para outra também foi amostrado e avaliado. Foram feitas duas amostragens, a primeira foi realizada após a retirada dos animais e dessecação da pastagem, e a segunda foi realizada após a colheita do milho. Para essas coletas foi utilizado um quadrado de metal que mede 0,50x0,50m, que foi lançado aleatoriamente porém ao redor do ponto de amostragem de solo. Foram realizadas 10 repetições em cada época de amostragem.

4.3 AVALIAÇÕES

4.3.1 Densidade do solo

Para a determinação da densidade do solo, foram coletadas amostras indeformadas através de um cilindro com volume conhecido, com bordas cortantes, com 6 cm de diâmetro e 3 cm de altura. Foi determinado o peso e o volume de cada anel. Os anéis amostrados foram levados à estufa de 105 °C por 24 e/ou 48 horas até massa do solo constante EMBRAPA (1979).

A densidade do solo foi obtida por meio da seguinte fórmula:

$$D_s = \frac{M_{ss}}{V}$$

D_s = densidade do solo;

M_{ss} = massa de solo seco a 105°C (g);

V = volume do anel (cm³).

4.3.2 Porosidade do solo

4.3.2.1 Porosidade total

A porosidade total determina o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar. A porosidade do solo foi obtida por meio da diferença do inteiro e volume de sólidos (relação entre Densidade do solo e densidade de partículas). Este método é sugerido por EMBRAPA (1979).

4.3.2.2 Microporosidade

As amostras indeformadas foram preparadas, saturadas por 48 horas em bandeja com água até 2/3 do anel, e posteriormente levadas à mesa de tensão. As amostras foram colocadas na mesa de tensão e equilibradas a um potencial de -60 cm de altura de coluna d'água, após retiradas da mesa de tensão foi feita uma pesagem e as amostras foram levadas para a estufa a 105° C para a obtenção da massa de solo seco.

Fórmula usada:

$$\text{Micro} = \frac{M_{s60} - M_{ss}}{M_{ss}} * D_s$$

M_{s60} = Massa de solo a -60 cm coluna d'água

M_{ss} = Massa de solo seco a 105°C

D_s = Densidade do solo

4.3.2.3 Macroporosidade

A macroporosidade foi obtida pela diferença entre porosidade total e microporosidade (EMBRAPA,1979)

Fórmula usada:

$$\text{Macro} = \text{Pt} - \text{Micro}$$

Pt= Porosidade total

Micro= microporosidade

4.3.2.4 Densidade de partículas

A densidade de partícula foi determinada pelo método do balão volumétrico. A realização deste método consiste na utilização de um balão volumétrico de tamanho conhecido, onde será colocado 20 gramas de solo e completando com álcool etílico o volume do balão. A determinação da densidade de partícula é feita pela quantidade de álcool gasto para completar a capacidade do balão. EMBRAPA (1979).

A Dp foi obtida para todas as profundidades, com 10 repetições de cada, como não houve diferença do valor entre as profundidades, utilizou-se o valor médio que foi de 3,026 Mg m⁻³.

4.3.3 Massa seca de resíduo vegetal

As amostras foram levadas para o laboratório de solos da UTFPR, colocadas em estufa para secar a 40°C por cinco dias, após serão pesadas e feitos os cálculos para obter quantos quilos de palhada tem por hectare (Kg/ha). Cálculo usado:

$$Ms = \left(Ps * \frac{10,000}{0,50*0,50} \right) * 1,000$$

Ps= Peso seco da palhada (g)

1 hectare= 10,000 (m²)

0,50x0,50 m= tamanho do quadro de metal

4.3.4 Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e as médias foram comparadas por meio de intervalo de confiança com 5% de probabilidade de erro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Densidade do solo

Os valores obtidos de densidade do solo para os tratamentos Pós pastejo (PPast), PPlan-L (Pós plantio linha), PPlan-EL (Pós plantio entrelinha), PC-L (Pós colheita linha), PC-EL (Pós colheita entrelinha) e Mata podem ser observados na Figura 1.

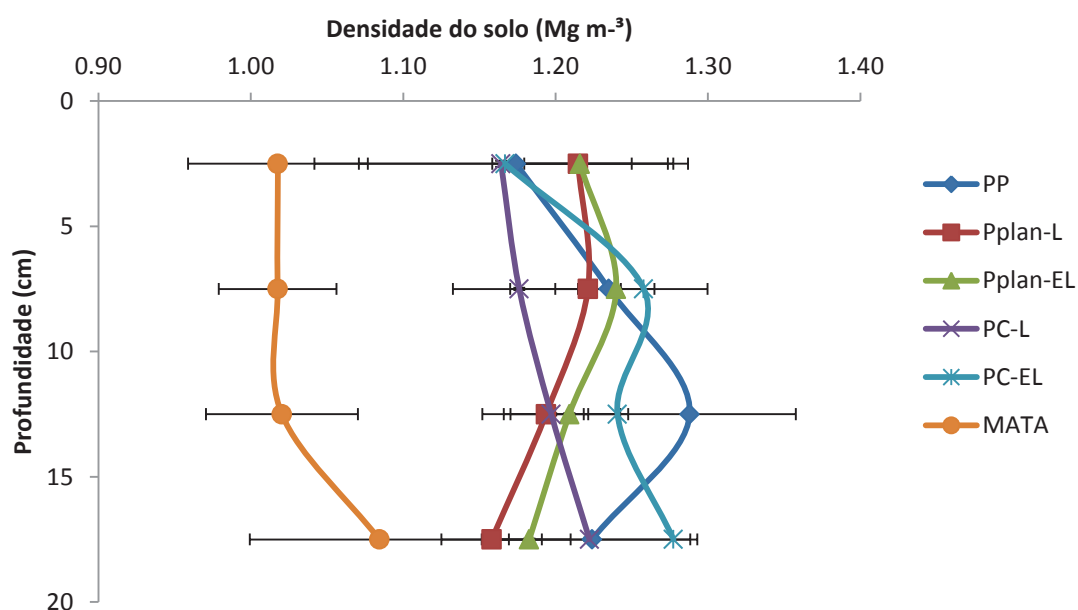


Figura 1 - Densidade do solo para os tratamentos Pós pastejo, PPlan-L, PPlan-EL, PC-L, PC-EL e Mata. (Barra de erro que se tocam não apresentam diferença significativa).

Houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. O tratamento Mata se diferiu estatisticamente dos demais nas profundidades 5-10 e 10-15 cm. O maior valor encontrado foi de 1.29 Mg m^{-3} no tratamento Pós pastejo na profundidade 12 cm. Os valores de densidade aumentaram com o aumento da profundidade. Este resultado é um reflexo do manejo da cultura de inverno. A incorporação da aveia foi feita com a grade, e esta faz com que as camadas mais profundas que não tiveram revolvimento, absorva a pressão exercida por ela exercida, aumentando a densidade do solo, bem como o número de animais usados por hectare também tem influência.

Cassol (2003), avaliando o efeito da altura do manejo da

pastagem nas propriedades físicas de um solo, encontrou resultados que evidenciam que o manejo da altura da pastagem influencia diretamente na densidade do solo, quanto menor a altura da pastagem maior a compactação do solo, principalmente nas primeiras camadas. Mantendo altura da pastagem a 10 cm a densidade do solo, na profundidade de 0-2,5 cm, foi de $1,38 \text{ Mg m}^{-3}$, em uma amostragem realizada alguns dias depois da retirada dos animais.

Valores semelhantes para densidade do solo foram encontrados por Jesus (2006), em um trabalho avaliando propriedades físicas de um solo em diferentes profundidades e intensidades de pastejo, foi encontrado uma densidade de $1,25 \text{ Mg m}^{-3}$ na profundidade 5-10 cm e $1,22 \text{ Mg m}^{-3}$ para a profundidade 10-20 cm no tratamento de 45 dias de período de pastejo.

Silva (2000), avaliando propriedades físicas do solo em um solo de textura franca, que recebeu pisoteio contínuo no inverno com carga animal variando de 1000 a 1500 kg PC ha⁻¹, não apresentou valores de macroporosidade e densidade do solo que indicassem restrição ao crescimento vegetal. Porém quando foi utilizada alta carga animal, ocorreu um aumento da densidade do solo, redução da macroporosidade e infiltração da água no solo.

O tratamento mata apresentou a menor densidade do solo, pois encontra-se em estado natural. Os solos de mata apresentam densidade baixa, porosidade total, macro e microporosidade em condições ideais pois não são influenciadas pelo tráfego de implementos agrícolas e o pisoteio de animais, não ocorrendo modificações nos agregados do solo.

5.2 Porosidade Total

Como observa-se na figura 2, a porosidade do solo para os tratamentos Pós pastejo, PPlan-L (Pós plantio linha), PPlan-EL (Pós plantio entrelinha), PC-L (Pós colheita linha), PC-EL (Pós colheita entrelinha) e mata para as profundidades 0-5 e 15-20 cm de profundidade não se diferiram estatisticamente. Já para as profundidades 5-10 e 10-15 cm no tratamento mata teve diferença estatística com os demais tratamentos.

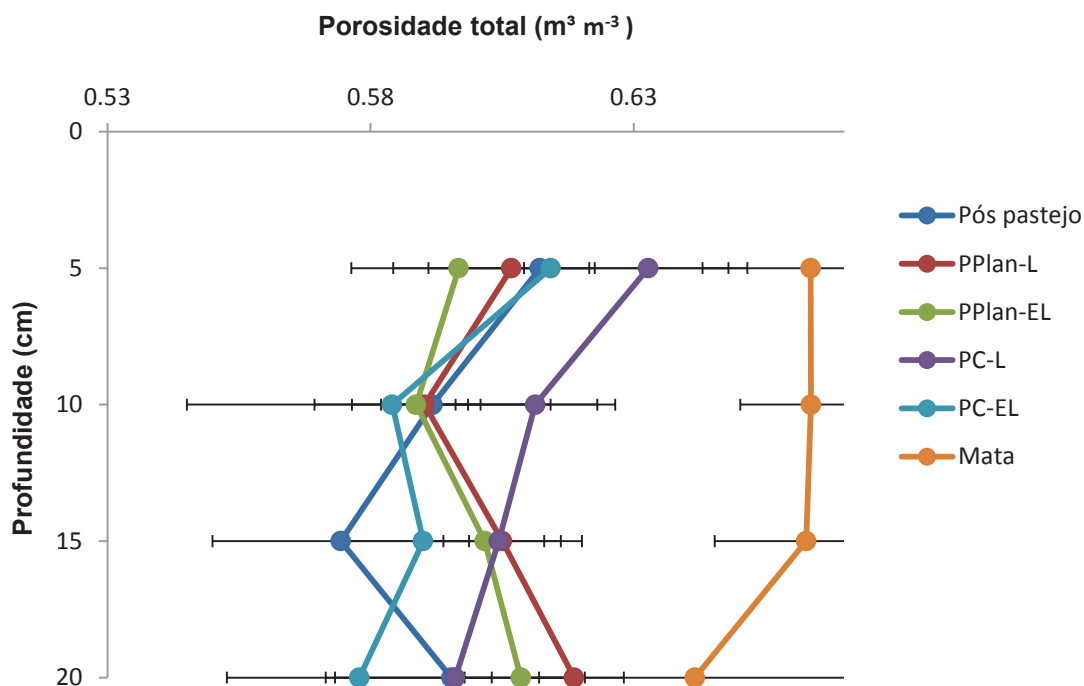


Figura 2 – Porosidade Total para os tratamentos Pós Pastejo, PPlan-L, PPlan-EL, PC-L, PC-EL e Mata. (Barra de erro que se tocam não apresentam diferença significativas).

O maior valor encontrado foi no tratamento mata na profundidade 0-5 cm, com $0,66 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de porosidade total. Já o menor valor encontrado foi no tratamento Pós pastejo, na profundidade 10-15 cm, com $0,57 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de porosidade total.

Jesus (2006), encontrou para porosidade total valores que variaram de $0,49$ a $0,56 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, nas primeiras camadas e com maior intensidade de pastejo, evidenciando que o pisoteio dos animais provoca um rearranjo da porosidade do solo

Pode-se observar que nos tratamentos PPlan-L (Pós Plantio linha), e PPlan-EL (Pós Plantio Entrelinha), com o aumento da profundidade se tem um leve aumento e uma estabilização nos valores de porosidade total. Nenhum tratamento apresentou valor inferior a $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ considerado bem estruturado e adequado para o crescimento das plantas (KIEHL, 1979; BRADY & WEIL, 2007).

5.3 Microporosidade

A microporosidade é responsável pelo armazenamento da água no solo, influenciando o desenvolvimento das plantas nas épocas de estresse hídrico. Como observado na figura 3 houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para a microporosidade do solo. O maior valor encontrado foi no tratamento Pós pastejo na profundidade 0-5 cm com $0.53 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

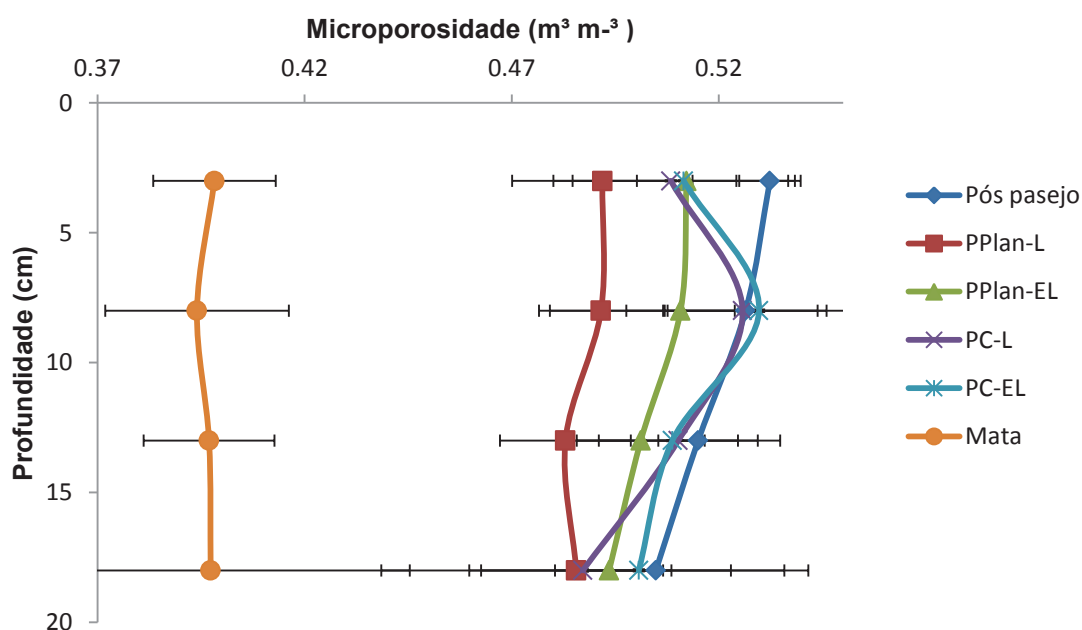


Figura 3 – Microporosidade para os tratamentos Pós Pastejo, PPlan-L, PPlan-EL, PC-L, PC-EL e Mata. (Barra de erro que se tocam não apresentam diferença significativas).

É possível justificar que o tratamento pós pastejo apresentou valor elevado para a microporosidade na profundidade 0-5 cm devido ao pisoteio do animais modificando o arranjo dos poros na estrutura do solo.

O tratamento mata apresentou menor valor na profundidade 15-20 cm com $0.39 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de microporosidade, isso ocorre porque os solos de mata são bem estruturados, tendo uma boa distribuição espacial dos macroporos e microporos o que pode ser observado na figura 3, nas primeiras camadas os valores são maiores, mas com o aumento da profundidade ocorre uma diminuição dos valores de microporosidade principalmente na profundidade de

15-20 cm, neste caso os tratamentos não tiveram diferenças estatísticas.

Para os tratamentos PPlan-L (Pós plantio linha), PPlan-EL (Pós Pastejo Entrelinha), PC-L (Pós Colheita Linha) e PC-EL (Pós Colheita Entrelinha) é uma exceção pois na primeira profundidade (0-5 cm) o valor encontrado foi menor que para a segunda (5-10 cm) e terceira (10-15 cm) profundidade ocorreu um aumento, e já na quarta (15-20 cm) profundidade ocorre novamente uma diminuição semelhante a o da primeira profundidade.

5.4 Macroporosidade

A macroporosidade é importante no solo, pois, é responsável pela drenagem de água e trocas gasosas com a atmosfera. Na Figura 4 estão expostos resultados obtidos de macroporosidade para os tratamentos estudados.

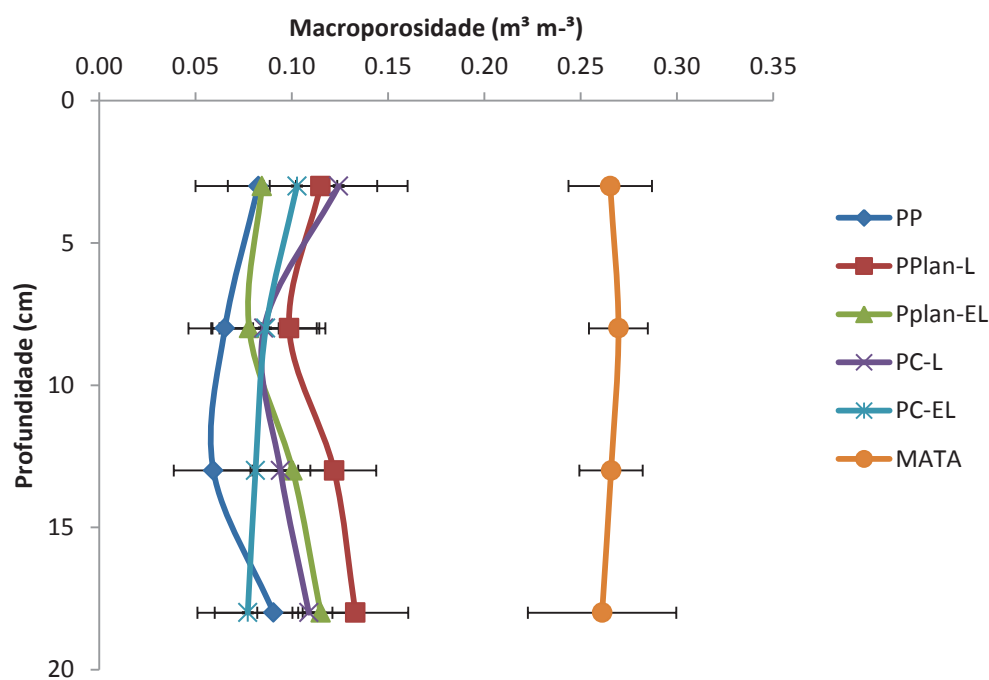


Figura 4: Macroporosidade para os tratamentos Pós Pastejo, PP-L, PP-EL, PC-L, PC-EL e Mata. (Barra de erro que se tocam não apresentam diferença significativas).

Houve diferença significativa entre os tratamentos e os maiores valores foram encontrados no tratamento mata variando de 0.26 a 0.27 $m^3 m^{-3}$. Já os menores valores foram encontrados no tratamento Pós pastejo variando

de $0.08 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ para 0-5 cm a $0.09 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ na 15-20 cm de profundidade.

É possível observar que a maior parte dos valores se encontram abaixo do limite aceitável para o bom desenvolvimento das plantas que é no mínimo $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Vomocil & Flocker, 1966), o único tratamento que tem bons valores de macroporosidade é o Mata, justamente porque o solo não sofreu alteração em sua estrutura.

Nos Tratamentos PPlan-L, PC-L E PC-EL, os valores encontrados são iguais ou superiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Isso pode ser explicado pelo uso do sistema de haste sulcadora na sementeira, que tem por função descompactar as camadas mais superficiais na linha de sementeira, aumentando a macroporosidade e facilitando o crescimento e a exploração do sistema radicular da cultura, este por sua vez ajuda no aumento da porosidade.

Andrade (2009), analisando um Latossolo encontrou resultado semelhante, constatando ainda, que solos de mata e campos nativos apresentam maior macroporosidade, comparativamente aos solos cultivados.

5.5 Massa seca de resíduos

Atualmente a quantidade de matéria seca que uma cultura produz é muito importante, principalmente em sistema de plantio direto, onde o solo não é revolvido e a palhada tem por função reduzir o impacto das gotas de chuvas, diminuir o escoamento superficial e aumentar a capacidade de infiltração de água melhorando a qualidade física e também química do solo uma vez que aumentará a quantidade de matéria orgânica no solo.

A quantidade de matéria seca deixada no solo depende da cultura implantada, da relação C/N, condições climáticas entre outros. Espécies de plantas da família gramíneas tem a decomposição mais lenta, pois tem relação C/N maior quando comparado com as leguminosas.

A Tabela 1 mostra as médias de quantidade de matéria seca acumulada de aveia no solo após a retirada dos animais e dessecação da área (30 dias de diferimento + 30 dias após a dessecação) e após a colheita do milho (30 dias após a colheita).

Tabela 1- Teor de Matéria seca (kg/ha) do solo para os tratamentos Pós pastejo da aveia (30 dias de diferimento + 30 dias após a dessecação da aveia) e Pós colheita do milho (30 dias após a colheita).

Amostragem	Pós pastejo	Pós colheita do milho
Média (kg/ha)	3.966	11.276

Como observa-se na primeira coleta, em que foi realizada após a dessecação da pastagem, a média geral das amostras se encontra próximo a quantidade ideal de palhada que um solo deve ter para a realização do plantio.

A quantidade ideal de matéria seca para a proteção do solo, varia de 4000 kg/ha a 6000 kg/ha (REICHERT, 2007), porém em algumas amostras a quantidade de palhada era muito baixa e em outras muito altas, não sendo homogênea a distribuição da palhada na área. Este fato pode ser resultado do pisoteio localizado dos animais, fazendo com que a aveia não tivesse um bom desenvolvimento, ocasionando a redução da produção de palhada, influenciando nas propriedades físicas do solo.

A segunda amostragem de palhada foi realizada após a colheita do milho, a média geral das amostras foi de 11.276 kg/ha. Segundo Diniz (2007), a cultura do milho em condições adequadas pode deixar no solo até 13.000 kg/ha de palhada, contribuindo para a manutenção e incremento de matéria orgânica do solo.

Segundo Reichert (2007), a palha amortece o impacto das máquinas e a resistência à penetração de um solo aumenta até à profundidade de 10 cm, quando este possui 12 t ha de palha de milho na superfície.

Silva et al (2006), verificaram o efeito da palhada de milho, milheto e soja influencia na capacidade de interceptação e armazenamento de água. De acordo com estes mesmos autores, a palhada de milho possui capacidade maior de armazenamento de água do que a palhada de soja, 3,24 e 2,62 g de água por grama de palhada respectivamente.

A produtividade do milho foi de 9.000 kg/ha, considerada média quando comparada a produtividade da região. Porém a área tem capacidade de aumentar a produtividade, para que isso seja possível seria necessário análise química do solo e fazer algumas alterações da altura da pastagem e número de animais colocados no pastejo da aveia no inverno.

Apesar da média para a quantidade de palhada estar adequada houve grande variação na distribuição da mesma na área. Quando se tem excesso de palhada, a semente pode ficar superficial ou entre a palhada, dificultando a germinação e conseqüentemente a redução de stand final de plantas na área.

Como mostra a Figura 5, a densidade do solo aumentou com a diminuição do teor de massa seca no solo na profundidade de 10-15 cm. Quando se tem baixa quantidade de palhada em uma área é prejudicial para o solo e também a semeadura, pois nestas áreas o solo apresenta maiores valores para a densidade.

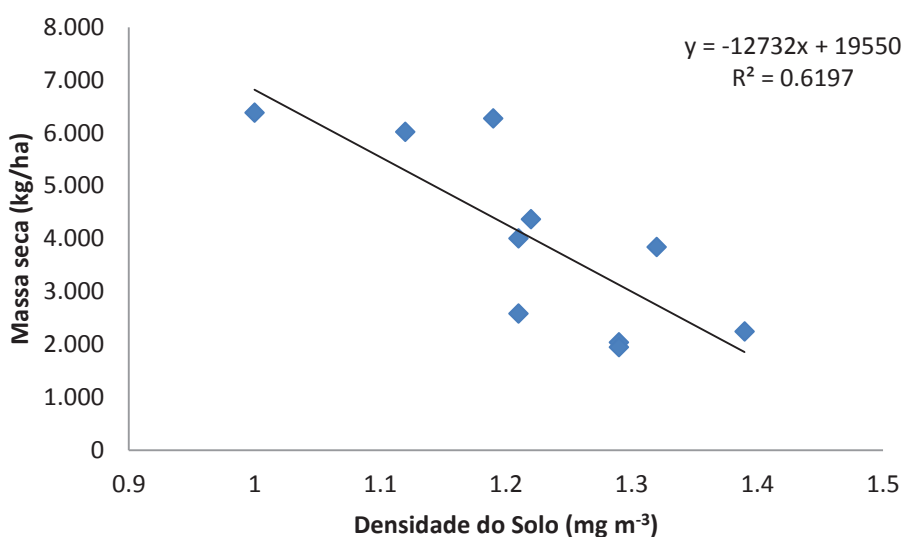


Figura 5 - Relação entre Densidade do solo e massa seca para a profundidade de 10-15 cm para o tratamento Pós pastejo (30 dias de diferimento + 30 dias após a dessecação da aveia).

O coeficiente de correlação para as demais profundidades foram de 0,018 para a profundidade 0-5 cm, 0,25 e 0,037 para a profundidades de 5-10 e 15-20 cm respectivamente.

Na área onde foi realizado o experimento, no momento da semeadura o solo estava em condições de umidade adequada, porém nos locais em que a quantidade de palhada era baixa muitas sementes ficaram descobertas, interferindo no número de plantas por metro e na área e conseqüentemente a redução da produtividade e esta foi verificada uma vez

que a produtividade poderia ter sido maior do que a obtida.

Para a obtenção de uma área com uma boa quantidade de palhada, deve-se manejar corretamente a altura da pastagem e a retirada dos animais, assim terá um incremento de matéria seca na área e auxilia na melhora das propriedades físicas do solo.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho as propriedades físicas do solo não tiveram grande variação ao longo do ano agrícola. Os valores encontrados para a densidade, porosidade total e microporosidade do solo não foram limitantes para o desenvolvimento das plantas

Para a macroporosidade os valores encontrados estão abaixo do limite ideal, possivelmente seja resultado do uso da grade niveladora, que desestrutura o solo e facilita o processo de compactação juntamente com o manejo inadequado da carga animal na área.

Não foi verificado valores limitantes para o desenvolvimento da cultura de verão acredita-se e que o plantio com hastes sulcadores pode ter contribuído para a melhora do ambiente na linha de semeadura.

REFERÊNCIAS

BALBINOT JR., A.A, et al. **Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas**. Ciência Rural, Santa Maria, 2009.

BRADY, N. & WEIL, R.R. The nature and properties of soils. 14.ed. New Jersey, Prentice Hall, 2007. 980p.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. **Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade de soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira , v.39, p.581-588, 2004.

BUSCHBACHER, R.J. **Cattle productivity and nutrient, fluxes on an Amazon pasture**. Biotropica, Storrs, v.19, n.3, p.200- 2007, 1987.

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

CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M. **A decision support system for compaction assessment in agricultural soils**. Soil and Tillage Research , v.65, p.221-230, 2002

CARVALHO, P. C. de F. et al . **O estado da arte em integração lavoura-pecuária**. In: Gottschall, C. S.; Silva, J. L. S.; Rodrigues, N. C. (Org.). Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia. Canoas-RS, p.7-44, 2005

CASSOL, L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura- pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DANTAS, B. F.; LOPES, A. P.; SILVA, F. F. S. da; LÚCIO, A. A.; BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. da L.; ARAGÃO, C. A. **Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos**. Revista Árvore, v.33, p.413-423, 2009

EMBRAPA. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, 2007

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 1v.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Publicação Embrapa Soja, Londrina,PR, 2009.

FREGONEZI, G.A.F.; BROSSARD, M.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C. **Modificações morfológicas e físicas de um Latossolo argiloso sob**

pastagens. Revista Brasileira de Ciência do Solo , v.25, p.1017-1027, 2001

GUARIZ, H. R. et al. **Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais** . Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril de 2009, INPE, p. 7709-7716

GUIMARAES , R. M. L. **Distribuição espacial de propriedades físico-hídricas em um nitossolo vermelho e correlação com o desenvolvimento do feijoeiro**. Maringá, 2007.

GUPTA, S.C.; ALLMARAS, R.R.; **Models to assess the susceptibility of soil to excessive compaction**. Advances in soil Science, London, v.6, p.65-100. 1987.

HAKANSSON, L., Ervik, A., Makinen, T., Møller, B. **Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms**. Nordic Council of Ministers. Nord 1988: 90, Copenhagen.

HILLEL, D. Solo e água, fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p.

HODGSON, J. G. Grazing management: **science into practice** . Hong Kong: Longman Scientific and Technical, 1990. 203p.

ISHAQ, M.; IBRAHIM, M.; HASSAN, A.; SAEED, M.; LAL, R. **Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: II. Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum**. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.60, n.1, p.153-161, 2001.

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

KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008

LIMA, C. L. R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de pós-graduação em Agronomia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004, 60p

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

MACIEL, G.A. **Integração lavoura pecuária e a qualidade física do solo na região do cerrado**. Dissertação de mestrado. Lavras, 2008.

McNabb, D.H., Startsev, A.D., Nguyen, H., 2001. **Soil wetness and traffic level effects on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils.** Soil Science Society of America Journal 65, 1238–1247.

REICHERT, J.M; SUZUKI, E.A.S; REINERT, D.J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação.** 2007

MAPFUMO, E. et al. **Soil compaction under grazing of annual and perennial forages.** Canadian Journal of Soil Science, Ottawa, v.79, n.1, p.191-199, 1999.

MORAIS et al. **Lavoura-pecuária em sistemas integrados na pequena propriedade** In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE. 1998, Pato Branco.

NICOLOSO, R.S. et al. **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.S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto.** Dissertação de mestrado. Santa Maria, 2005

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Carbon cycling and soil organic matter. **Soil microbiology and biochemistry.** p. 130-155. San Diego, 1996.

POWELL, J.M.; WILLIAMS, T.O. **Livestock, nutrient cycling and sustainable agriculture in the West African Sahel.** London: International Institute for Environment and Development, 1993. p.7.

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

RUSSELLE, M.P. Nutrient cycling in pasture. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO**, 1997, Viçosa, MG. Anais... Viçosa: UFV, 1997. 471p. p.235-266.

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

SILVA, Fernando Antônio Macena da; PINTO; Hilton Silveira; SCOPEL, Eric; CORBEELS, Marc ; AFFHOLDER, François. **Dinâmica da água nas palhadas de milho, milheto e soja utilizadas em plantio direto**. Pesquisa agropecuária brasileira. Vol.41. Brasília, maio de 2006.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.113-117, 1997.

STARTSEC, A.D, et al. **Skidder traffic effects on water retention, pore-size distribution, and Van Genuchten parameters of boreal forest soils**. Soil Sci. Soc. Am.J. 65 (1), 224–231. 2001

TRACY, B.F.; ZHANG, Y. **Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop- livestock system in Illinois**. Crop Science, Madison, v.48, n.3, p.1211-1218, 2008.

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

VOMOCIL, J.A. & FLOCKER, W.J. **Effects of soil compaction on storage and movement of soil, air and water**. Trans. Am.Soc. Agric. Eng., 4:242-246, 1966.