

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CÂMPUS DOIS VIZINHOS

CURSO DE AGRONOMIA

GUILHERME VIGANÓ

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO SOB PASTEJO
CONTÍNUO E SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA - PECUÁRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2018

GUILHERME VIGANÓ

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO SOB PASTEJO
CONTÍNUO E SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA - PECUÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. André Pellegrini

DOIS VIZINHOS

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO TCC

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO SOB PASTEJO CONTÍNUO E SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA - PECUÁRIA

Autor: Guilherme Viganó

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 16 horas do dia 20 de novembro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, do Curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Adalberto Luiz de Paula (UTFPR)
Membro da Banca 1

Eng. Agr. Darlin Herinque Ramos
(UTFPR)
Membro da Banca 2

Prof. Dr. Andre Pellegrini (UTFPR)
(Orientador)

Prof. Dr. Lucas da Silva Domingues
Co-orientador

RESUMO

VIGANÓ, GUILHERME. Características físicas e químicas do solo sob pastejo contínuo e sistema de integração lavoura-pecuária 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

O aumento da demanda por alimentos vem atrelado à necessidade da produção em sistemas de cunho sustentável. Os principais motivos para a expansão de alguns sistemas de produção com visão sustentável como a integração lavoura pecuária seriam a degradação das pastagens e à valorização das *commodities*. A intensa utilização de animais tanto em áreas exclusivas de pastagem, como em áreas de integração, tem proporcionado o surgimento de diversos paradigmas quanto a degradação ou recuperação do solo. A partir disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar atributos físicos e químicos do solo, em reposta a utilização de pastagem perene com lotação contínua e sistema de integração lavoura-pecuária. Foram avaliadas duas áreas, aonde uma encontra-se ocupada com pastagem de *Brachiaria brizantha*, desde 1995, sendo que nunca foi revolvida, e outra área no sistema integração lavoura-pecuária, com o cultivo de milho silagem, soja no verão e aveia para pastejo no período do inverno, estando nesta rotação desde o ano de 2010. Ambas as áreas localizam-se na Fazenda Sinuelo, no município de Cruzeiro do Iguaçu, na região sudoeste do Paraná. Foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada em janeiro de 2018 e avaliadas as variáveis densidade do solo, microporosidade, macroporosidade, porosidade total e análise química. Os resultados indicaram que a utilização de integração lavoura pecuária incrementou os valores de saturação de bases, pH do solo, e matéria orgânica comparado ao sistema de pastejo contínuo. Com relação as variáveis físicas não foi observado diferenças significativas. Conclui-se que a área de pastagem está sendo manejada adequadamente permitindo a manutenção da qualidade física do solo, semelhante ao sistema de integração lavoura pecuária.

Palavras chave: Qualidade do Solo. Sistemas integrados de produção.

ABSTRACT

VIGANÓ, GUILHERME. Soil physical characteristics and chemistry under continuous grazing and crop-livestock integration system 24 f. Course Completion Work (Agronomy Course) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

The increase in demand for food is linked to the need for production in sustainable systems. The main reasons for the expansion of some systems of production with sustainable vision as the integration of livestock farming would be the degradation of the pastures and the valorization of the commodities. The intense use of animals in both exclusive grazing areas and in integration areas has given rise to several paradigms regarding soil degradation or recovery. From this, the objective of this work was to evaluate soil physical and chemical attributes, in response to the use of perennial pasture with continuous stocking and crop-livestock integration system. Two areas were evaluated, where one is occupied with *Brachiaria brizantha* pasture, since 1995, and has never been revolved, and another area in the crop-livestock integration system, with the cultivation of corn silage, soybean in the summer and oats for grazing in the period of winter, being in this rotation since the year of 2010. Both areas are located in the Farm Sinuelo, in the municipality of Cruzeiro do Iguaçu, in the southwest region of Paraná. Soil samples with a preserved structure were collected in January of 2018 and evaluated the variables soil density, microporosity, macroporosity, total porosity and chemical analysis. The results indicated that the use of crop husbandry integration increased the values of base saturation, soil pH, and organic matter compared to the continuous grazing system. Regarding the physical variables, no significant differences were observed. It is concluded that the pasture area is being managed adequately allowing the maintenance of the physical quality of the soil, similar to the integration system for livestock farming.

Key words:. Soil Quality. Integrated production systems.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 5 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 7 |
| 2.1 SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA | 7 |
| 2.2 PASTAGENS DO GÊNERO <i>BRACHIARIA</i> | 9 |
| 2.3 INDICADORES DE QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO..... | 10 |
| 2.3.1 Densidade do solo..... | 10 |
| 2.3.2 Porosidade do solo..... | 11 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL | 13 |
| 3.2 VARIÁVEIS ANALISADAS..... | 14 |
| 3.2.1 Densidade do solo..... | 15 |
| 3.2.2 Porosidade do solo..... | 16 |
| 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA | 16 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 18 |
| CONCLUSÕES | 21 |
| REFERÊNCIAS..... | 22 |

1 INTRODUÇÃO

No Brasil hoje, existe uma crescente demanda por alimentos, fibras e energia, contudo, muitas vezes obtidos de locais com algum nível de degradação do solo, situações que tem forçado pesquisadores e produtores buscarem novas alternativas. Essas alternativas devem ser sustentáveis, economicamente viáveis, ambientalmente corretas e socialmente aceitas. Porém, nos últimos anos, diversas propostas têm ganhado destaque no Brasil, dentre elas o sistema de integração lavoura-pecuária, que consiste na implantação de diferentes sistemas produtivos em uma mesma área. Esse sistema permite a diversificação das atividades em uma propriedade, visando reduzir o risco do empreendimento, através da obtenção de renda do produtor por mais de uma origem. A integração quando adequadamente manejada permite racionalizar a utilização da área, pelo cultivo de grãos e produção de forragem de alta qualidade e que supra as exigências requeridas pelos animais.

Quando o manejo dos meios produtivos é realizado de forma adequada, a integração de sistemas permite melhorar a persistência das plantas forrageiras, garantindo a produção dos animais à pasto, que atualmente é o sistema mais barato de produção. Além disso, permite a produção animal e vegetal com baixa emissão de gases do efeito estufa, menor incidência de plantas daninhas, pragas e doenças.

A degradação da qualidade física do solo fica evidente quando os fatores produtivos do sistema são manejados de maneira inadequada pelo ser humano, como não realizar a rotação de culturas e manutenção da palhada contribuindo para a compactação do solo, também o uso excessivo de agrotóxicos, e outras medidas que podem contribuir para o processo de erosão que além de comprometer aspectos financeiros, causam sérios problemas ambientais. No caso da integração a utilização de superlotação no inverno ou pastejo em condições de umidade elevada, podem promover a compactação do solo. Da mesma forma, a escolha da cultura de verão também influencia na qualidade do sistema. Um exemplo é a falta de rotação de cultura, com utilização exclusiva de soja, o que limita a produção de palhada, intensificando

processos de compactação, erosão, degradação da matéria orgânica, aumento na incidência de plantas daninhas, pragas e doenças.

Nesse contexto, percebe-se a importância de estudos voltados a atributos físicos e químicos de diferentes sistemas de produção. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar características de solo como a densidade, porosidade e propriedades químicas, em pastagem perene de brachiaria com lotação contínua e em sistema de integração lavoura-pecuária.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

A sustentabilidade na produção agropecuária é uma questão bastante discutida, devido ao aquecimento global, escassez de água, alimentos, energia e a degradação do solo (VILELA et al., 2008). Dessa forma, o sistema de integração lavoura-pecuária (SILP), pode auxiliar na sustentabilidade da produção de culturas agrícolas e aumentar a rentabilidade do produtor rural. Contudo, um dos fatores que limitam a expansão do SILP é a crença de que o pisoteio dos animais compacta o solo. Entretanto, quando bem manejado a intensidade de pastejo, a compactação se concentra na camada superficial do solo e não limita a produção, pois a pastagem proporciona o benefício de manutenção da cobertura do solo (DEBIASI; FRANCHINI, 2012). As principais causas da degradação em áreas cultivadas é a compactação do solo, favorecida pelo intenso tráfego de máquinas e implementos agrícolas e pelo pisoteio animal em áreas de integração lavoura-pecuária (ALBUQUERQUE et al., 2001).

O SILP é utilizado em todo o Brasil, com representatividade superior nas regiões Centro-oeste e Sul. São aproximadamente 1,6 a 2 milhões de hectares utilizadas nos diferentes formatos da integração lavoura-pecuária e a expectativa para os próximos 20 anos é a adoção em mais de 20 milhões de hectares (EMBRAPA, 2014). A integração lavoura-pecuária é um sistema de exploração da lavoura e pecuária, por meio da diversificação, rotação, consorciação e ou sucessão de atividades da agropecuária (KLUTHCOUSKI et al., 1991). O sistema de integração lavoura-pecuária adapta-se a diferentes tamanhos de propriedades, contudo, desde que as condições edafoclimáticas não sejam restritivas (VILELA et al., 2008).

As vantagens do sistema de integração são a recuperação de áreas degradadas e manutenção produtiva do solo, diversificação da produção associada a um maior giro do capital, diminuição da erosão, plantas daninhas, doenças e da utilização de defensivos agrícolas (GONÇALVES; FRANCHINI, 2007). Os sistemas consorciados

geram benefícios quando manejados de forma correta, quando se tem conhecimento da fisiologia da cultura agrícola e da forrageira, e a maneira como são afetadas pela competição (OLIVEIRA, 2013).

Entre as desvantagens estão a competição entre as espécies vegetais, danos mecânicos, dificuldade de manejo do maquinário, danos pelo pisoteio, compactação do solo, componentes que podem ser hospedeiros de doenças e pragas (PEDREIRA et al., 2014). A soja é uma das culturas de grãos utilizada no verão em sistemas de integração lavoura-pecuária, pois apresenta ampla adaptação a diferentes climas e condições de solo, além de ter o comércio da produção garantido e ser altamente rentável (LANZANOVA, 2005).

A utilização da pastagem durante o período de inverno gera a possibilidade de diversificar as fontes de renda, porém muitos produtores tradicionais de grãos, ainda sofrem com alguns paradigmas quanto a entrada de bovinos nas áreas cultivadas, principalmente com relação à compactação do solo (LANZANOVA, 2005). Por outro lado, alguns estudos afrontam essa condição, indicando que o adequado manejo da pastagem, ajustando a carga animal e o resíduo de corte, a integração pode não apresentar nenhum tipo de restrição, mesmo em solos argilosos (CASSOL, 2003). De acordo com Assmann et al. (2001) a pastagem com lotação contínua no período de julho a outubro com utilização de aveia preta, azevém e trevo branco, não provocaram redução na produção da cultura do milho.

O manejo adequado das pastagens e do solo pode favorecer a obtenção de bons resultados de ganho de peso e ainda pode-se adicionar uma boa quantidade de palhada para o sistema de plantio direto da cultura de verão em sucessão (LANZANOVA, 2005). Ainda se tem um melhor aproveitamento da adubação aplicada na cultura de verão, reciclagem de nutrientes no sistema e incorporação do dejetos animal, reduzindo custos de manutenção das pastagens. Além disso, nota-se redução do nível de infestação de plantas daninhas em áreas onde o manejo da forrageira é adequado.

2.2 PASTAGENS DO GÊNERO *BRACHIARIA*

O Brasil é destaque no agronegócio com um rebanho bovino de cerca de 200 milhões de cabeças, sendo o segundo maior rebanho efetivo do mundo e assume a liderança nas exportações de carne (MAPA, 2016). A exploração da bovinocultura de corte ocorre na maioria dos casos na forma extensiva em pastagens, apresentando baixos índices zootécnicos e de produtividade. Contudo, as pastagens são a forma mais prática e econômica para produção de bovinos (FERREIRA; ZANINE, 2007).

Em sistemas de produção que utilizam pastagens existem vários fatores que fazem parte do sistema e interagem entre si, como a planta, animais, clima e o ser humano. Porém a pastagem deve ser considerada no sistema como principal fator produtivo (FERREIRA; ZANINE, 2007). A degradação de pastagens destaca-se como grande problemática na pecuária de corte, comprometendo a sustentabilidade da produção (FERREIRA; ZANINE, 2007).

O avanço da pecuária ocorreu por meio da implantação de pastagens melhoradas, com as forrageiras do gênero *Brachiaria* que apresenta bom desenvolvimento em condições de baixa fertilidade do solo (KLUTHCOUSKI et., 1991). O gênero *Brachiaria* possui mais de 80 espécies, a maioria de origem africana, apresentam boa cobertura vegetal quando bem implantadas, protegendo o solo de erosão (ALVIM; BOTREL; XAVIER, 2002). A *Brachiaria* foi introduzida na década de 1960, a partir disso a pecuária se intensificou, chegando a ocupar 80% das pastagens cultivadas, profissionalizando a pecuária brasileira (CECCON, 2013).

No entanto, a evolução tecnológica e a crescente demanda por alimentos impulsionam a necessidade de incorporar sistemas que recuperassem a produtividade das pastagens como os sistemas de integração lavoura-pecuária, que podem reduzir a emissão de gases de efeito estufa (CECCON, 2013). Neste sentido, muitas áreas de pastagem de *Brachiaria* vêm sendo substituídas pela integração lavoura-pecuária, principalmente após o aumento no valor de mercado das *commodities* agrícolas.

Um dos principais problemas atualmente no Brasil é a degradação das pastagens, sendo que dos 172 milhões de hectares cultivados, 60% encontram-se degradados, o que acaba comprometendo a produtividade de carne em nosso país, podendo estar associado ao manejo inadequado das pastagens e também a alta taxa de lotação por área (NOGUEIRA, 2005).

2.3 INDICADORES DE QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO

2.3.1 Densidade do solo

A densidade do solo é definida por Klein (2014), como o quociente de uma massa de sólidos por seu volume, sendo aumentada por cultivos que afetam a estrutura através do aumento de pressão sobre o solo alterando o arranjo da fração sólida e reduzindo o volume dos poros. Essas alterações afetam a retenção de água no solo e a disponibilidade de água no solo.

O manejo do solo para fins agrícolas é responsável por grandes alterações na estrutura do solo, o que afeta as propriedades físico-hídricas do mesmo (KLEIN; CÂMARA, 2007). Assim a definição simplificada de estrutura do solo é o como ocorre o arranjo das partículas e suas aglomerações, formando agregados maiores (KLEIN, 2014).

A partir dos valores de textura do solo, são elaborados valores críticos de densidade do solo, havendo a divisão em três grupos: solos com mais de 55% de argila, solos entre 20 e 55% e solos com menos de 20%, com valores críticos de 1,45, 1,55 e $1,65 \text{ Mg m}^{-3}$, respectivamente (FLOSS, 2011). Os valores de densidade podem variar de 0,9 a $1,8 \text{ g cm}^{-3}$, dependendo basicamente da textura e do teor de matéria orgânica (KLEIN, 2014).

Em pastagens sem o revolvimento do solo, a compactação pode estar associada às altas pressões exercidas pelo pisoteio de animais. O efeito do pisoteio sobre as características físicas, indicam destruição dos agregados e compactação superficial em solos secos e maior facilidade de isto ocorrer em solos úmidos (COSTA, 2000). Outros autores sugerem que o efeito do pisoteio animal sobre as propriedades físicas pode ser temporário, reversível e limitado às suas camadas mais superficiais (CASSOL, 2003).

A utilização de sistema de preparo convencional e direto, com pastoreio no inverno, resultou em valores médios de densidade entre 1,09 e 1,16 kg dm⁻³, respectivamente, em um nitossolo vermelho, com 55% de argila (ALBUQUERQUE et al., 2001). O milho cultivado durante o verão apresentou a estatura de plantas, o número de folhas verdes, o peso de 1.000 grãos, o número de grãos por espiga e a produtividade superiores no preparo convencional. A redução de produtividade foi de aproximadamente 500 kg ha⁻¹ o que poderia ser compensado pela venda de animais para o abate, contudo essa relação não foi avaliada pelo autor.

Estudando os sistemas de preparo do solo, convencional e direto sob pastejo contínuo de forrageiras de inverno não foi encontrada alteração na densidade do solo, porém a carga animal neste estudo era ajustada conforme o desenvolvimento da pastagem (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000). No estudo anterior, os autores observaram maior efeito sobre a compactação, estando relacionado ao sistema de preparo do solo, ao invés do pisoteio animal. Esse resultado evidencia a necessidade do manejo adequado do sistema e que se este for feito de maneira adequada, a probabilidade de problemas físicos de solo é reduzida.

2.3.2 Porosidade do solo

A adequada distribuição de poros afeta diretamente a drenagem, teor de água disponível para as plantas, absorção de nutrientes, penetração de raízes entre outros fatores. A compactação do solo, aproxima as partículas sólidas, reduzindo o espaço

entre si e a porosidade, porém aumenta a densidade do solo (KLEIN, 2014). Ou seja, o processo de compactação reduz a porosidade e aumenta a resistência à penetração, impedindo muitas vezes o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade. Valores que não impedem o desenvolvimento normal das raízes, estão situados próximo $0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (KLEIN, 2014).

A utilização de integração-lavoura pecuária reduziu os macroporos e aumentou a resistência à penetração, tanto no sistema convencional como no plantio direto (ALBUQUERQUE et al., 2001). Assim é recomendável evitar o uso de máquinas pesadas e retirar os animais quando o solo estiver com umidade acima do ponto de friabilidade. Em relação ao trabalho anterior os mesmos observaram que em sistema de plantio direto a porosidade total foi inferior ao sistema de preparo convencional, com valores variando entre 0,56 e 0,59, respectivamente.

Outros autores corroboram com os resultados descritos acima, encontrando redução da macroporosidade e aumento na densidade na camada de 0-5 cm (VIZZOTTO et al., 2000; SALTON et al., 2002). Por outro lado, o aumento da oferta de forragem, favorece a manutenção da macroporosidade, porosidade total e densidade (BERTOL et al., 2000). Os mesmos autores sugerem que a oferta de forragem deve permanecer próxima aos 12%.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado em propriedade particular, no município de Cruzeiro do Iguaçu (24°00'S, 53°00'W e altitude de 475 m). O clima predominante é o Cfa de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). O solo da região do experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006).

A área 1 encontra-se ocupada com pastagem de *Brachiaria brizantha* MG-5 desde 1995, não sendo realizado ao longo deste período a adubação sobre a pastagem. A área é ocupada por gado de corte da raça nelore, com uma lotação de 1,5 UA ha⁻¹, ficando praticamente todo o ano sobre a pastagem, devido a capacidade da área ser maior do que o número de bovinos sobre ela, o pasto conseguiu manter a produção de gado o ano todo. A altura predominante da pastagem fica em torno de 35 centímetros, e não foi feito revolvimento do solo até a realização desse experimento.

Com relação a área 2 (integração lavoura-pecuária) a mesma é cultivada no verão com: milho para a silagem, soja ou pastagem *Brachiaria brizantha* MG-5 e aveia para pastejo no período do inverno, estando neste sistema desde o ano de 2010. A lotação utilizada é de 2,5 UA ha⁻¹ e a média de produtividade da soja é de 3.000 kg ha⁻¹ e milho é de aproximadamente 45.454,54 kg ha⁻¹ de massa verde, sendo feita a silagem da planta inteira.

A área 1 é fortemente ondulada, com bastante sombra, e é usada apenas para o pastejo de vacas da raça nelore, com uma área de 8 ha. A área 2 é levemente ondulada e vem sendo utilizado o milho para a silagem, o pasto ou a soja para a produção de grãos e a aveia preta para a engorda de novilhas que ficam aproximadamente 90 dias sob pastejo em lotação contínua nesta área, que também possui aproximadamente 8 ha.

3.2 VARIÁVEIS ANALISADAS

Cada sistema de manejo foi dividido em quatro partes, representando os blocos. Posteriormente foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada após a colheita do milho para a silagem (janeiro de 2018) na área 1 e nesse mesmo período foi coletado as amostras na área 2 .

Para a caracterização química, foram coletadas amostras das áreas na camada de 0-20 cm, sendo que cada bloco foi coletado 10 subamostras compondo uma amostra composta, totalizando quatro análises por sistema. As amostras de solo para análises químicas foram enviadas ao laboratório Solanalise de Cascavel, Paraná, para serem analisadas de acordo com metodologia proposta por Silva (2009).

Com relação as variáveis densidade do solo e porosidade foram coletadas amostras de solo indeformadas utilizando anéis volumétricos, em quatro profundidades (0-5; 5- 10; 10-15; 15-20 cm), em 3 pontos de coleta em cada unidade experimental (Figura 1).

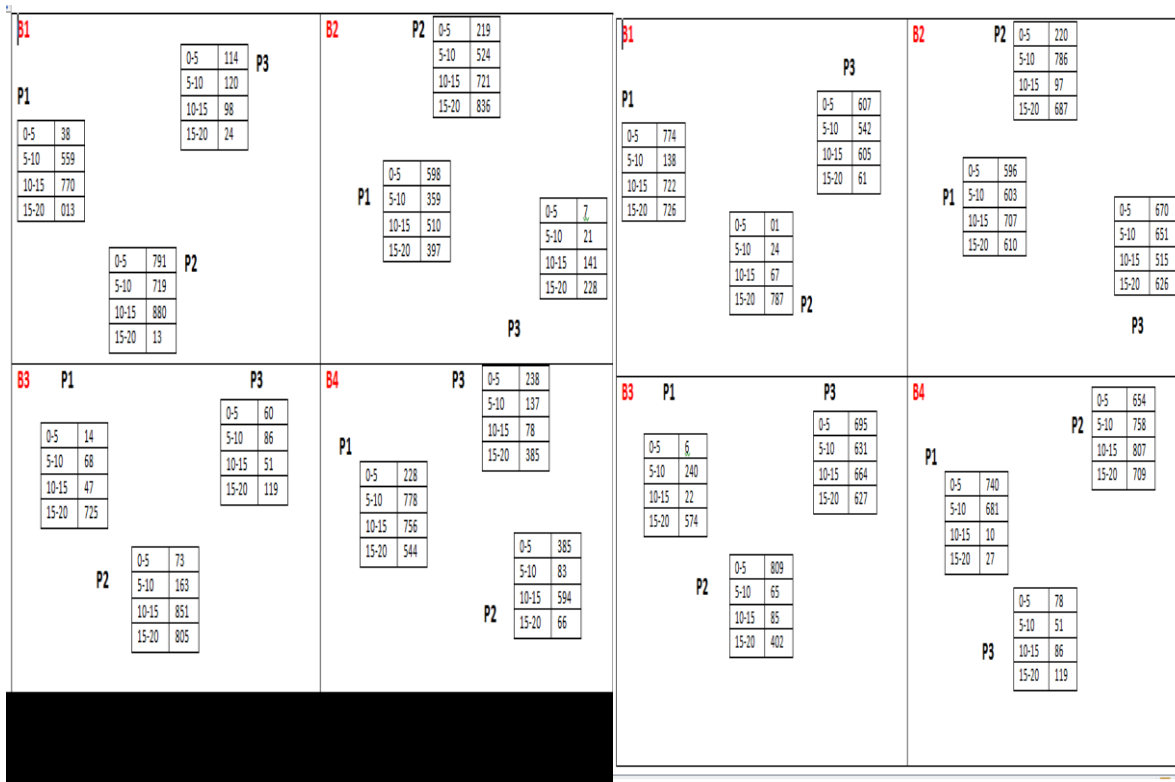


Figura 1. Sistema de integração lavoura pecuária e pastejo contínuo.

3.2.1 Densidade do solo

As análises de densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total, foram realizadas no Laboratório de Solos da UTFPR - Dois Vizinhos. A densidade do solo foi determinada pela metodologia proposta por Embrapa (1997), denominada método do anel volumétrico, calculando-se o volume do anel, pesado o conjunto (solo e anel), colocado em estufa a 105°C e quando atingir massa constante, retirado e pesado. Cálculo da densidade usando a equação (1):

(1)

$$\text{Densidade (g/cm}^3\text{)} = a/b$$

a = peso da amostra seca (g) b = volume do anel (cm³)

3.2.2 Porosidade do solo

A macroporosidade e microporosidade foram determinadas pelo método da mesa de tensão, no Laboratório de Solos da UTFPR - DV. As amostras saturadas foram pesadas e colocadas sob mesa de tensão, regulada com 60 cm de coluna de água. Após 24 horas, foram retiradas e pesadas, na sequência transferidas para estufa e secas a 105°C, até massa constante. A percentagem de saturação é calculada, com valor obtido após 24 horas na mesa de tensão com 60 cm de coluna de água. Os cálculos foram realizados usando as equações abaixo.

$$\text{Microporosidade} = (a-b)/c$$

a = massa da amostra retirada da mesa de tensão b= massa da amostra seca

c = volume do cilindro

$$\text{Macroporosidade} = \text{percentagem de saturação} - \text{microporosidade}$$

Porosidade Total = microporosidade + macroporosidade

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial (2x4), onde fator 1 os sistemas de manejo (integração lavoura-pecuária e pastagem perene) e fator 2 as profundidades de amostragem (0-5; 5-10; 10-15; 15-20 cm), com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (Teste F) e o

efeito dos tratamentos obtido pelo teste de médias de Tukey a 5%, realizados pelo software GENES.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise química do solo indicou valores superiores no sistema Integração Lavoura Pecuária (ILP) para as variáveis saturação de bases, pH em cálcio e água e matéria orgânica, as demais variáveis não apresentaram diferença significativas (Tabela 1). A superioridade de valores no ILP para saturação de bases, pH em cálcio e água são explicadas pela aplicação de calcário para a correção do solo na safra 2015/16.

Tabela 1. Saturação de bases (V), capacidade de troca de cátions (CTC), matéria orgânica (M.O), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) de solo submetido a dois sistemas de manejo: pastagem perene e Integração Lavoura Pecuária (ILP).

| | V (%) | pH CaCl ₂ | pH H ₂ O | CTC (pH 7,0) | M.O % | K Cmolc dm ⁻³ | Ca Cmolc dm ⁻³ | Mg Cmolc dm ⁻³ | P mg dm ⁻³ | S mg dm ⁻³ |
|-----------------|-------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Pastagem | 59.4b | 4.5b | 5.3b | 19.2 ^{ns} | 4.0 b | 0.9 ^{ns} | 8.2 ^{ns} | 2.4 ^{ns} | 15.3 ^{ns} | 7.5 ^{ns} |
| ILP | 73.9 a | 5.0a | 5.6 ^a | 19.5 | 4.8 a | 1.5 | 9.5 | 3.5 | 10.9 | 6.2 |
| Média | 66.7 | 4.7 | 5.4 | 19.4 | 6.9 | 1.2 | 8.8 | 2.9 | 13.1 | 6.8 |
| CV (%) | 4.7% | 3.4% | 2.6% | 11.3% | 17.5% | 56.5% | 19.1% | 34.5% | 18.6% | 24.3% |
| | B | Cu | Fe mg dm ⁻³ | Mn | Zn | | | | | |
| Pastagem | 1.0 ^{ns} | 14.6 ^{ns} | 241.2 ^{ns} | 385.0 ^{ns} | 10.1 ^{ns} | | | | | |
| ILP | 1.1 | 10.7 | 256.3 | 352.9 | 7.8 | | | | | |
| Média | 1.0 | 12.7 | 248.7 | 369.0 | 9.0 | | | | | |
| CV (%) | 46.7 | 26.8 | 6.9 | 30.2 | 43.2 | | | | | |

* ^{ns} não significativo pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). *Médias seguidas de letras minúscula diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Com relação ao incremento no teor de M.O passando de 4% na área de pastagem para 4,8% na área de ILP, também foi observado por Pereira et al. (2009) e justificado pelo maior aporte de resíduos vegetais, condição essa alcançada pelas adubações constantes. Contudo, essas adubações não foram suficientes para

incrementar os valores de potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco (Tabela 1).

Não houve interação entre os sistemas de manejo e profundidade de amostragem para as variáveis macro e microporosidade. Além disso entre os sistemas de manejo e nas diferentes profundidades não foram observadas diferença significativa (Tabela 2). Esse resultado é diferente do encontrado por Albuquerque et al. (2001) onde o ILP pecuária reduziu os macroporos e aumentou a resistência à penetração, iniciando tanto no sistema convencional como no plantio direto. Outros autores também encontram redução da macroporosidade na camada de 0-5 cm (VIZZOTTO et al., 2000; SALTON et al., 2002).

Tabela 2- Características físicas do solo submetido a dois sistemas de manejo: pastagem perene e Integração Lavoura Pecuária (ILP).

| Profundidade/Ambiente | Macroporosidade (%) | | | Microporosidade (%) | | |
|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | ILP | Pastagem | Média | ILP | Pastagem | Média |
| 0-5 cm | 0.26 | 0.21 | 0.23 ^{ns} | 0.39 | 0.44 | 0.42 ^{ns} |
| 5-10 cm | 0.22 | 0.18 | 0.20 | 0.41 | 0.44 | 0.43 |
| 10-15 cm | 0.29 | 0.16 | 0.18 | 0.44 | 0.43 | 0.43 |
| 15-20 cm | 0.16 | 0.18 | 0.17 | 0.43 | 0.41 | 0.42 |
| Média | 0.23 ^{ns} | 0.18 ^{ns} | - | 0.42 ^{ns} | 0.43 ^{ns} | - |
| CV (%) | | 27.3 | | | 13.4 | |

*^{ns} não significativo pelo teste de Tukey (p>0,05).

A manutenção da microporosidade macroporosidade, porosidade total e densidade, pode ser relacionada a oferta adequada de forragem aos animais. Essa hipótese é sustentada por BERTOL et al. (2000), na qual o aumento da pressão de pastejo afetou negativamente as variáveis físicas do solo, densidade, porosidade e infiltração de água.

Não houve interação entre os sistemas de manejo e profundidade de amostragem para as variáveis porosidade total e densidade (Tabela 3). Apenas a

porosidade total foi afetada pelo aumento da profundidade. Considerando o trabalho desenvolvido por Alburquerque et al. (2009) no sistema de plantio direto a porosidade total média de 0-20 cm foi inferior ao sistema de preparo convencional, com valores de 0,56 e 0,59, respectivamente, valores inferiores ao observado nesse trabalho.

Tabela 3- Características físicas do solo submetido a dois sistemas de manejo: pastagem perene e Integração Lavoura Pecuária (ILP).

| Profundidade/Ambiente | Porosidade Total (%) | | | Densidade (g/cm ³) | | |
|-----------------------|----------------------|--------------------|---------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| | ILP | Pastagem | Média | ILP | Pastagem | Média |
| 0-5 cm | 0.66 | 0.65 | 0.65 a | 1.09 | 1.29 | 1.19 ^{ns} |
| 5-10 cm | 0.63 | 0.62 | 0.62 ab | 1.27 | 1.37 | 1.32 |
| 10-15 cm | 0.63 | 0.59 | 0.61 ab | 1.29 | 1.20 | 1.25 |
| 15-20 cm | 0.59 | 0.58 | 0.59 b | 1.34 | 1.36 ^{ns} | 1.35 |
| Média | 0.63 ^{ns} | 0.61 ^{ns} | - | 1.25 | 1.31 | - |
| CV (%) | | 9.9 | | | 18,1 | |

*Médias seguidas de letras minúscula diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). ^{ns} não significativo pelo teste de Tukey (p>0,05).

A densidade não foi afetada pelos sistemas de manejo e profundidade de amostragem (Tabela 3). De acordo com Klein (2014), os valores de densidade podem variar de 0,9 a 1,8 g cm⁻³, dependendo basicamente da textura e do teor de matéria orgânica, contudo nesse trabalho apesar do incremento da M.O no ILP, não houve redução da densidade de solo. Considerando a textura do solo do presente estudo, maior de 55% de argila o valor crítico é de 1,45 g cm⁻³ (FLOSS, 2011), não foi superado em nenhum ambiente e profundidade, não limitando o desenvolvimento das culturas.

Em pastagens, a compactação pode estar associada às altas pressões exercidas pelo pisoteio de animais, principalmente nas camadas superficiais (COSTA, (2000); (CASSOL, (2003)).

5.0 CONCLUSÕES

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar características do solo como a densidade, porosidade e propriedades químicas, em pastagem perene de brachiaria com lotação contínua e em sistema de integração lavoura-pecuária, e concluiu-se que:

- a área de pastagem está sendo manejada adequadamente permitindo a manutenção da qualidade física do solo, semelhante ao sistema de integração lavoura pecuária;

- as diferenças de pH, e saturação de bases estão relacionadas as adubações frequentes na ILP;

6.0 REFERÊNCIAS

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

ASSMANN, T. S. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. 2001. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Paraná. 2001.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M., SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, n. 22, p.711-728, 2013.

ALVIM, M. J., BOTREL, M. A., XAVIER, D. F. **As principais espécies de *Brachiaria* utilizadas no país**. Juiz de Fora: Embrapa, 2002. 4p.

BERTOL, I., ALMEIDA, J. D., ALMEIDA, E. D., KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, 2000.

CASSOL, L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003, 143p.

CECCON, G. **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013, 175p.

COSTA, O. V. **Impacto animal sobre o componente abiótico do solo: Ciclagem de nutrientes e compactação**. Viçosa: UFV, 2000. 30p.

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

EMBRAPA. **Integração Lavoura Pecuária Floresta - ILPF**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>. Acesso em: 16 set. 2016.

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

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA, D. J; ZANINE, A. M. Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. **Revista Electrónica de Veterinária**, v. 8, n. 5, p.1-17, maio 2007.

FIDALSKI, J. Qualidade física de Latossolo Vermelho em sistema de integração lavoura-pecuária após cultivo de soja e pastejo em braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 11, p. 1097-1104, 2015.

FLOSS, Elmar Luiz. **Fisiologia das Plantas Cultivadas**. 5. ed. Passo Fundo: Upf, 2011. 734 p.

GONÇALVES, S. L., FRANCHINI, J. C. **Integração Lavoura-Pecuária**. Londrina: Embrapa, 2007. 8 p.

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

KLEIN, V. A. **Física do Solo**. 3. ed. Passo Fundo: UPF, 2014. 263 p.

LANZANOVA, M. E. **ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMAS DE CULTURAS SOB PLANTIO DIRETO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**.

2005. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. 2005.

MAPA. **Bovinos e bubalinos**. Disponível em:

<<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>>. Acesso em: 19 set. 2016.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Renovação de pastagens de cerrado com arroz. I.** Sistema Barreirão. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1991. 20p.

PEDREIRA, Bruno Carneiro et al. **Intensificação da produção animal em pastagens: anais**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 294 p.

PEREIRA DOS SANTOS, Henrique et al. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, 2009.

OLIVEIRA, Juliano Rossi. INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA: PROCEDIMENTOS AGRONÔMICOS PARA O USO DE HERBICIDAS NO

CONSÓRCIO DE MILHO E PAPUÃ. 2013. 104 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

SALTON, J., FABRICIO, A. C., ZAGO, L. A., OLIVEIRA, M. H. Pastoreio da aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, n.69, maio/junho de 2002, Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, 40 p.

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**, v. 24, p. 191-199, 2000.

SILVA, F.C. da (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

VILELA, Lourival et al. Integração Lavoura-Pecuária. In: FALEIRO, Fábio Gelape; FARIAS NETO, Austeclínio Lopes de. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Brasília: Embrapa, 2008. Cap. 30. p. 881-911.

VIZZOTTO, V.R. et al. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Revista Ciência Rural**. v.30, n. 6, p. 965-969, 2000.