



## ATRIBUTOS FÍSICOS, MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E PRODUÇÃO DE CAPIM MARANDU EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

J. F. D. Souza<sup>1\*</sup>, R. L. S. Perusso<sup>1</sup>, C. S. B. Bonini<sup>1</sup>, C. T. Souza<sup>1</sup>,  
G. C. Lupatini<sup>1</sup>, C. Andrighetto<sup>1</sup>, G. P. Mateus<sup>2</sup>, F. G. Pedro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNESP – Universidade Estadual Paulista, FCAT, Dracena, SP, Brasil

<sup>2</sup>APTA - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Andradina, SP, Brasil

*Article history:* Received 20 December 2018; Received in revised form 13 February 2019; Accepted 21 February 2019; Available online 30 March 2019.

### RESUMO

O sistema integração lavoura-pecuária-floresta tem a característica de integrar culturas pastagens, componentes arbóreos e animais herbívoros em uma mesma área. O presente trabalho teve por objetivo estudar os atributos físicos e matéria orgânica de um Latossolo Vermelho distrófico em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta que está sendo conduzido desde o ano de 2012, bem como a produção de capim marandu. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e composto por quatro tratamentos: T1 - integração lavoura-pecuária (ILP); T2 - sistema agrossilvipastoril, com sombreamento de 1 linha de eucalipto (ILPF 1L); T3 - sistema agrossilvipastoril, com sombreamento de 3 linhas de eucalipto (ILPF 3L); e T4 plantio exclusivo de eucalipto (bosque). Foram avaliados os atributos estudados durante o período de junho de 2017 a maio de 2018. Avaliou-se a estabilidade de agregados, porosidade do solo (macro e micro), infiltração de água no solo, resistência mecânica a penetração e umidade do solo, matéria orgânica e a produção de massa seca de forragem. Os resultados mostram que houve diferença significativa para a macroporosidade e resistência a penetração. A maior produção de forragem foi observada no T1 onde não havia efeito de sombreamento.

**Palavras-chave:** consórcio de culturas, sustentabilidade, atributos físicos do solo, qualidade do solo.

### PHYSICAL ATTRIBUTES, ORGANIC SOIL MATERIAL AND CAPIM MARANDU PRODUCTION IN THE CROP-LIVESTOCK-FOREST INTEGRATION SYSTEM

#### ABSTRACT

The crop-livestock-forest integration system has the characteristic of integrating crops pastures, arboreal components and herbivorous animals in the same area. The present work had the objective of studying the physical attributes and organic matter of a dystrophic Red Latosol in a crop-livestock-forest integration system that is being conducted since 2012, as well as the production of Marandu grass. The experimental design was a randomized complete block design, with four replications and four treatments: T1 - crop - livestock integration (ILP); T2 - agrossilvipastoral system, with 1-line eucalyptus shading (ILPF 1L); T3 - agrossilvipastoral system, with shading of 3 eucalyptus lines (ILPF 3L); and T4 exclusive plantation of eucalyptus (forest). The attributes studied during the period from June 2017 to May 2018 were evaluated. Aggregate stability, soil porosity (macro and micro), soil water

\* [fernanda.jessicadias@gmail.com](mailto:fernanda.jessicadias@gmail.com)

Este trabalho foi apresentado no III Encontro Paulista de Ciência do Solo (III EPCiS), Ilha Solteira, 2018.

infiltration, mechanical penetration resistance and soil moisture were evaluated. and dry matter production of forage. The results show that there was a significant difference for macroporosity and penetration resistance. The highest forage production was observed in T1 where there was no shading effect.

**Keywords:** crop consortium, sustainability, soil physics attributes, soil quality.

## INTRODUÇÃO

Em 2012, o rebanho bovino brasileiro foi estimado em 211,279 milhões de cabeças, com redução de 0,7% em comparação a 2011, com abate de 31,118 milhões de cabeças e produção de 7,351 milhões de toneladas de carne que passaram por inspeções sanitárias (IBGE, 2012). A pastagem é a principal fonte de alimento que o rebanho bovino brasileiro recebe e esta tem tido um aumento de produtividade, devido ao desenvolvimento de melhoramento genético, melhor manejo de doenças e pastagens com maior potencial produtivo (MAPA, 2014). Incentivo em sistemas que produzam menor emissão de gases do efeito estufa, como a pesquisa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais, com utilização de fixação biológica de nitrogênio, reforma de pastagens e implantação de florestas tem aumentado com o decorrer do tempo (MAPA, 2014).

O aumento da pressão de pastejo, relação entre o peso animal e a massa de forragem disponível [ $\text{kg}(\text{animal}) \text{kg}^{-1}(\text{massa seca de forragem}) \text{dia}^{-1}$ ], em consequência do aumento da taxa de lotação animal em pastagens de baixa produtividade, compromete a qualidade física do solo, pois resulta em maior carga de animais sobre o solo (SILVA et al., 2003), independentemente do sistema de produção (pastejo rotacionado, contínuo e integração lavoura-pecuária), conforme LEÃO et al. (2006), LANZANOVA et al. (2007) e MARCHÃO et al. (2007). Camadas compactadas promovem alterações na qualidade do solo, circunstância que pode interferir na produtividade das culturas (ALBUQUERQUE et al., 2001).

Segundo CARVALHO et al (2005) as benesses da integração lavoura pecuária

(ILP) têm sido associadas invariavelmente à redução de custos, aumento da eficiência do uso da terra, melhoria dos atributos físicos e químicos do solo, redução de pragas e doenças, aumento de liquidez e de renda. Contudo é questionável o fato dos animais causarem prejuízos nas características físicas do solo pelo efeito do pisoteio, pois o animal em si não compacta o solo, tudo depende da taxa de lotação empregada, da densidade animal no caso de lotação rotacionada, e da massa de forragem existente na pastagem, a qual se interpõe entre o casco do animal e a superfície do solo.

A compactação do solo causada pelo pisoteio animal tem sido apontada como uma das principais causas da degradação de áreas cultivadas em sistema de integração lavoura-pecuária (ALBUQUERQUE, SANGOI & ENDER, 2001). A compactação do solo tem por característica principal reduzir a porosidade do solo, principalmente a macroporosidade, com isso a densidade e a resistência mecânica a penetração também aumentam, o que pode prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, proporcionando redução em produtividade. MACEDO (2009) relatou que os sistemas integrados aumentam a estabilidade dos agregados e a taxa de infiltração de água e diminuem a densidade do solo e a compactação.

A estabilidade dos agregados é influenciada por diversas características do solo, como textura, teor de óxidos de ferro e alumínio, teor de matéria orgânica, atividade microbiana e também pelo manejo do solo (FELLER et al., 1996; BERTOL et al., 2006). Os agregados são fatores de grande importância para a conservação do solo por conferirem maior resistência ao processo erosivo, proteção à

matéria orgânica e, conseqüentemente, à população microbiana (FERREIRA TAVARES FILHO & FERREIRA, 2010). SPERA et. al (2010) alegam que a matéria orgânica auxilia na melhoria da qualidade física do solo, a atividade de microrganismos contribui para o aumento da taxa de infiltração, redução da erosão, estabelecem também efeitos positivos sobre a estabilidade de agregados, porosidade e densidade do solo. Por meio de suas ações mecânicas no solo, a macrofauna contribui na formação de agregados estáveis, que podem proteger parte da matéria orgânica de uma mineralização rápida e que constituem, também, uma reserva de nutrientes potencialmente disponível para as plantas (DECÄENS et al., 2003).

A utilização dos nutrientes provenientes da decomposição de resíduos vegetais ou animais que são produzidos e que permanecem na área, para a produção de pasto ou grãos é princípio básico de ILP (ASSMANN et al., 2008). E segundo WAKELIN et al. (2009) a pastagem

estimula uma ampla variedade de organismos do solo envolvidas na decomposição da matéria orgânica, que liberam ou mineralizam N, P, S, e outros nutrientes provenientes de resíduos de plantas e fezes de animais. Em pesquisa realizada em pastagens no Cerrado por MACEDO (2005), a forrageira que apresentou maior tolerância à cigarrinha das pastagens, melhor valor nutritivo nas águas, e melhor desempenho animal na média do ano, principalmente em condições de média fertilidade foi o capim Marandu. O mesmo autor também cita alguns atributos importantes dessa forrageira que são: agressividade na competição com as invasoras, anuais ou oriundas do retorno da vegetação natural, facilidade de manejo e boa cobertura do solo.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi estudar os atributos físicos e o teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, bem como a produção de capim marandu.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental no Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Extremo Oeste, sediado no município de Andradina-SP, localizado na região noroeste do Estado de São Paulo a 379 metros de altitude, latitude 20°55'S e longitude 51°23'W. O clima, segundo a classificação Köpen é tropical quente e úmido com inverno seco. A precipitação média anual é de 1.150 mm e a temperatura média anual é de 23°C. O solo em estudo é um Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS et al., 2018).

O sistema ILPF foi implantado em julho de 2012, no momento da implantação do experimento foi realizado a caracterização física e química do solo (Tabela 1) (Bonini et al., 2016)), preparo do solo, calagem, adubação e marcação dos tratamentos para iniciar o plantio dos eucaliptos. A calagem e gessagem da área para correção da acidez foi realizada com base na análise de solo). Foram realizadas as operações mecanizadas (gradagem aradora, aração e gradagem niveladora) no preparo da área experimental.

**Tabela 1:** Propriedades físicas e químicas da área experimental (2012).

Camada (m)	P resina mg.dm <sup>-3</sup>	M.O g.dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al mmc.dm <sup>-3</sup>	SB	CTC	V%
0-0,20	3	15	4,8	1,8	7	5	19	13,6	32,5	42
	S-SO <sub>4</sub> mg.dm <sup>-3</sup>	m%	B	Cu	Fe mg.dm <sup>-3</sup>	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila
0-0,20	1	10,8	0,16	0,8	32	14,0	0,7	765	116	119

Fonte: Bonini et al. (2016).

O plantio do eucalipto (clone I-224) foi realizado no início de 2013, e realizada a adubação de plantio (350 kg/ha da fórmula 04-30-16 por cova) que corresponde a 14 kg/ha de N, 105 kg/ha de  $P_2O_5$  e 56 kg/ha de  $K_2O$ . Na adubação de cobertura 37 kg/ha de nitrogênio (ureia), 3 kg/ha de zinco (sulfato de zinco) e 2 kg/ha de boro (borogran) aplicados na forma de coroa sobre cada muda. O clone do eucalipto utilizado no plantio foi o I-224, com perfil para a produção de celulose, característica comercial da região de implantação.

Em dezembro de 2013 foi cultivado soja (cultivar BMX potência), com densidade de 20 sementes /m e espaçamento de 0,50 m entrelinhas, totalizando 400.000 sementes/ha. A adubação de semeadura foi de 300 kg/ha do fertilizante 4-30-16 (12 kg/ha N, 90 kg/ha  $P_2O_5$  e 48 kg/ha de  $K_2O$ ) e a adubação de cobertura, realizada 40 após o plantio, aplicando 200 kg/ha 00- 20-20, a fim de elevar os níveis de nutrientes, já que era uma área degradada de pastagem.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência na soja foi realizado em janeiro de 2013, aplicando herbicida a base de glyphosate (Zapp QI 620), na dose de 1240g i.a./ha com volume de aplicação de 250 L/ha. Nesta aplicação, em mistura de tanque, utilizou-se fertilizante a base de cobalto e molibdênio (COMO Platinum), na dose de 150 mL/ha do produto comercial.

Na safra 2013/2014, foi cultivado milho (híbrido de milho DKB 390) com capim-marandu (*Urochloa brizantha*) cv. Marandu, com espaçamento de 0,80 m entrelinhas e adubação de implantação de 350 kg/ha de 8-28-16 (28 kg/ha N, 98 kg/ha  $P_2O_5$  e 56 kg/ha de  $K_2O$ ) e em cobertura 112 kg/ha nitrogênio (ureia).

A pastagem utilizada foi a de capim marandu, com densidade de semente de 8,0 kg/ha, plantada simultaneamente com o milho com semeadura direta. Após a colheita do milho a área foi dividida em piquetes e a utilização do pasto iniciou em setembro de 2014, quando as plantas de eucalipto completaram 18 meses.

A área experimental possui uma área de 27 ha. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Sendo os tratamentos: T1 – integração lavoura-pecuária, sem o componente arbóreo (ILP); T2 – sistema agrossilvipastoril, com sombreamento de 1 linha de eucalipto, sendo a distância entre cada linha 17 a 21 m e a distância entre plantas de 2m, com densidade de 200 árvores/ha (ILPF 1L); T3 - sistema agrossilvipastoril, com sombreamento de 3 linhas de eucalipto, sendo a distância entre as faixas de eucalipto de 17 a 21 m e a distância entre plantas de 2m, com densidade de 500 árvores/ha (ILPF 3L); T4 plantio exclusivo de eucalipto (bosque).

Foram realizadas coletas de amostras deformadas e indeformadas de solo para a análise física e química, os anéis volumétricos (amostras indeformadas) para avaliação da densidade do solo e porosidade do solo (macro e microporos) e as deformadas para a matéria orgânica e umidade do solo. Assim foram coletadas amostras nas seguintes camadas: 0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. E foram realizados 6 pontos de coleta por parcela: 0, 2, 4, 6, 8 e 10 m de distância da linha central da parcela. Para a porosidade (macro, micro e total) e densidade do solo foi utilizado metodologia descrita por TEIXEIRA et al. (2017). Para determinar a resistência mecânica a penetração foi utilizado o penetrológ, modelo Falker, automação agrícola. A determinação da umidade gravimétrica do solo foi realizada pelo método clássico de pesagem (TEIXEIRA et al., 2017). Em laboratório foi realizado as análises de estabilidade de agregados em água pelo método de ANGERS & MEHUYS (2000). Foi avaliada no momento da realização da resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica do solo pelo método clássico de pesagem. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico. A massa de forragem foi mensurada por meio do uso de um quadrado de ferro com 0,5 m<sup>2</sup> (retângulo de 1,0 x 0,5 m), foram retiradas quinze amostras por unidade experimental. Os quadros foram

posicionados em pontos representativos de cada parcela e a forragem contida no interior do quadro foi cortada rente ao solo e foi obtido o peso de massa verde de forragem. Foram retiradas uma alíquota de forragem, para a determinação da matéria seca, as quais foram pesadas e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante. Os valores de matéria

seca no campo foram convertidos para tonelada de matéria seca de forragem por hectare.

Os dados foram analisados efetuando-se a análise de variância, teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade para a comparação de médias. Foi usado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de DMP (diâmetro médio ponderado) em todas camadas de solo estudadas estão apresentados na Tabela 2. Houve interação entre os fatores na camada 0-0,05m somente entre os tratamentos na distância de 10 m, sendo o maior valor encontrado para esse atributo no tratamento ILPF 3L. Na camada 0,05-0,10m não houve interação entre os fatores. Na camada 0,10-0,20m houve interação das distâncias estudadas no tratamento ILPF 3L, sendo o maior valor de DMP encontrado na distância 8 m, e também houve interação dos tratamentos na distância 2 m, sendo o menor valor para esse atributo encontrado no tratamento ILPF 3L.

Verificou-se uma redução do diâmetro médio ponderado no tratamento ILPF 3L na camada mais profunda comparado a camada mais superficial. Em

pesquisa realizada por CONTE et al. (2011), foi observado redução do diâmetro médio ponderado na camada mais profunda em área de integração lavoura-pecuária Na camada de 0,00-0,05m, nota-se que para o atributo macroporosidade o tratamento ILP possui os menores valores em todas as distâncias (exceto na distância 8m), quando comparado aos demais tratamentos. Para a porosidade do solo, os dados estão apresentados na Tabela 3. Os maiores valores de macroporosidade nessa camada foram no tratamento ILPF 1L na distância de 6m, seguido pelo ILPF 3L na distância 0m. Para o atributo porosidade total houve interação entre os tratamentos na distância 6m, onde o maior valor foi apresentado no ILPF 1L. Houve interação das distâncias apenas dentro do ILPF 3L, onde o maior valor foi exposto na distância 0m.

**Tabela 2:** Interação entre os fatores tratamento x distância para as camadas de solo estudadas, Andradina, SP. 2017.

Tratamentos	0	2	4	6	8	10
	-----m-----					
<b>DMP (0-0,05m)</b>						
ILP	3,44	3,57	4,04	4,05	3,97	3,67ab
ILPF 1 L	3,48	3,94	3,73	3,20	3,26	3,06b
ILPF 3 L	4,04	3,66	3,49	4,29	3,56	4,52a
Bosque	3,84	3,75	3,53	3,19	3,50	3,89ab
<b>DMP (0,05-0,10m)</b>						
ILP	3,40	3,84	3,60	3,68	4,03	3,98
ILPF 1L	4,01	3,32	3,86	3,65	3,87	3,82
ILPF 3L	3,31	3,65	3,56	4,09	2,89	3,02
Bosque	3,29	4,48	3,09	3,66	3,80	3,07
<b>DMP (0,10-0,20m)</b>						
ILP	3,98	4,03a	3,19	3,46	3,35	2,93
ILPF 1 L	3,02	3,91a	3,52	3,39	3,24	3,21
ILPF 3 L	3,62A	1,65bB	3,50AB	3,18AB	3,95A	2,83AB
Bosque	3,63	3,97a	2,93	3,29	2,58	2,65

ILP: Integração lavoura-pecuária sem componente arbóreo

ILPF 1: Integração lavoura-pecuária-floresta com 1 linha de eucalipto

ILPF 3L: Integração lavoura-pecuária-floresta com 3 linhas de eucalipto

Bosque: plantio exclusivo de eucalipto

0, 2, 4, 6, 8 e 10 m de distância da linha central da parcela.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. \*significativo e NS – não significativo

**Tabela 3:** Valores médios da interação dos fatores tratamento x distância de coleta para a macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) e porosidade total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) na camada 0,00-0,05m, e macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), porosidade total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), Andradina, SP. 2017.

Tratamentos	0	2	4	6	8	10
-----m-----						
<b>0,00-0,05 m</b>						
<b>Macroporosidade (<math>\text{m}^3 \text{m}^{-3}</math>)</b>						
ILP	4,87b	5,95	6,75	5,56b	6,47	4,16b
ILPF 1 L	9,15abAB	9,75AB	8,78AB	11,58aA	6,02B	9,01aAB
ILPF 3 L	10,75aA	8,77AB	7,51AB	5,67bB	5,66B	4,62bB
Bosque	9,01ab	8,69	7,96	9,52ab	8,85	9,10a
<b>Porosidade Total (<math>\text{m}^3 \text{m}^{-3}</math>)</b>						
ILP	19,01	19,63	20,79	20,11 ab	20,83	18,15
ILPF 1 L	20,63	19,87	25,01	24,44 a	18,87	21,84
ILPF 3 L	23,64 A	23,08 AB	19,70 ABC	18,33 bABC	16,93 BC	16,39 C
Bosque	22,95	20,91	19,75	22,12 ab	20,79	21,91
<b>0,05-0,10 m</b>						
<b>Macroporosidade (<math>\text{m}^3 \text{m}^{-3}</math>)</b>						
ILP	5,78 b	5,97 b	6,65 ab	5,16 b	5,23	6,97 ab
ILPF 1 L	8,57 abAB	9,46 abA	9,85 aA	9,78 aA	6,35AB	4,68 bB
ILPF 3 L	11,08 aA	5,95 bB	5,45 bB	6,75 abAB	5,72B	4,11 b
Bosque	8,69 ab	12,23 a	8,60 ab	10,77 a	8,56	9,63 a
<b>Porosidade Total (<math>\text{m}^3 \text{m}^{-3}</math>)</b>						
ILP	19,56	19,89	18,56b	19,27	20,14	21,11
ILPF 1 L	18,00 B	22,76AB	32,85aA	21,76 B	19,38 B	13,90 B
ILPF 3 L	26,62	19,99	18,84b	21,02	18,53	18,69
Bosque	20,94	23,52	21,41b	22,67	20,67	19,97
<b>Densidade do solo (<math>\text{kg dm}^{-3}</math>)</b>						
ILP	1,62	1,61	1,64 a	1,60	1,56	1,58
ILPF 1 L	1,57 AB	1,55 AB	1,45 bB	1,54 AB	1,61 A	1,65 A
ILPF 3 L	1,52	1,61	1,61 a	1,59	1,62	1,65
Bosque	1,59	1,59	1,57 ab	1,59	1,65	1,57

ILP: Integração lavoura-pecuária sem componente arbóreo

ILPF 1: Integração lavoura-pecuária-floresta com 1 linha de eucalipto

ILPF 3L: Integração lavoura-pecuária-floresta com 3 linhas de eucalipto

Bosque: plantio exclusivo de eucalipto

0, 2, 4, 6, 8 e 10 m de distância da linha central da parcela.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. \*significativo e NS – não significativo.

Na camada 0,05-0,10m, para macroporosidade o maior valor apresentado foi no tratamento bosque na distância 2m, e o menor no ILPF 3L na distância 10m. Para o atributo porosidade total onde o maior valor apresentado foi no tratamento ILPF 1L na distância 4m. Ao analisar os valores de densidade pode-se observar que no tratamento ILPF

1L que apresentou maior valor de porosidade total na distância 4m, mostrou-se menos denso, resultado este que concordam com Silva et al. (2015) que confirmam que aumento de densidade implica geralmente na redução da aeração. Os valores de densidade obtidos estão acima do considerado ideal por Kiehl (1979) que afirma que o valor

ideal para solo de textura media a arenosa varia na faixa de 1,25 a 1,40 g. dm<sup>-3</sup>.

Em pesquisa realizada por SILVA et al. (2016), observaram que o sistema integração lavoura-pecuária-floresta apresentaram maiores valores de macroporosidade do que o sistema com monocultivo de eucalipto em comparação com a mata nativa, sendo que o monocultivo de eucalipto provocou

impacto negativo na densidade do solo. No presente trabalho houve o mesmo comportamento na camada mais superficial estudada, onde o tratamento ILPF 3L apresentou o maior valor de macroporosidade em relação ao bosque.

A microporosidade do solo (Tabela 4) não teve diferença estatística e os dados médios obtidos confirmam que essa propriedade não é modificada pelo manejo do solo.

**Tabela 4.** Valores médios para a macroporosidade – MA (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) (0,10-0,20m), microporosidade – MI (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) (todas as camadas de solo), porosidade total - PT (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) (0,10,0,20m) e densidade do solo - DS(kg dm<sup>-3</sup>) (0-0,05m e 0,10-0,20m), Andradina, SP. 2017.

	-----MI-----			-----DS-----		PT	MA
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0-0,05	0,10-0,20	0,10-0,20	0,10-0,20
<b>Tratamentos</b>							
ILP	14,12	13,79	13,38	1,61	1,61	18,54	5,16b
ILPF 1 L	12,72	13,32	12,03	1,57	1,60	20,16	8,13a
ILPF 3 L	12,51	14,10	12,41	1,61	1,61	19,23	6,83ab
Bosque	12,54	11,78	12,10	1,58	1,59	20,83	8,72a
<b>Distâncias</b>							
0	13,11	12,75	12,24	1,57	1,59	20,10	7,85ab
2	12,57	13,13	12,12	1,58	1,58	20,68	8,56 a
4	13,56	15,28	13,16	1,59	1,59	20,30	7,14ab
6	13,17	13,06	13,13	1,60	1,60	19,77	6,65ab
8	12,60	13,21	12,36	1,59	1,64	17,48	5,12b
10	12,84	12,06	11,87	1,61	1,62	19,83	7,95 a

ILP: Integração lavoura-pecuária sem componente arbóreo

ILPF 1: Integração lavoura-pecuária-floresta com 1 linha de eucalipto

ILPF 3L: Integração lavoura-pecuária-floresta com 3 linhas de eucalipto

Bosque: plantio exclusivo de eucalipto

0, 2, 4, 6, 8 e 10 m de distância da linha central da parcela.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. \*significativo e NS – não significativo

Para resistência a penetração (Tabela 5) somente na camada de 0,10-0,20 m houve diferença significativa entre os tratamentos. A distância da amostragem interferiu para este atributo na camada de 0,05-0,10m apresentando maiores valores nas distâncias 0m, 4 m, 6m e 8m, sendo que nas distâncias 6m e 8m esses valores são superiores a 2MPa que para LAPEN (2004) valores acima deste são considerados limitantes ao crescimento das plantas. Na camada de

0,10-0,20m os maiores valores de resistência a penetração foram nos tratamentos ILP e ILPF 3L, resultados estes semelhantes aos de FERREIRA et al. (2013).

Em estudos realizados por CONTE et al. (2011), concluíram que a presença de animais sob área de pastejo induz aumento na resistência a penetração logo após o ciclo do pastejo nas camadas mais superficiais do solo. Na pesquisa realizada, não houve diferenças

significativas nos resultados de resistência a penetração nos tratamentos nas camadas superficiais do solo, havendo diferenças significativas apenas na camada mais profunda.

Os dados referentes a compactação do solo, foi realizado juntamente com a umidade gravimétrica do solo que segundo Bonini e Alves (2012) a determinação da umidade do solo no momento da avaliação da resistência do solo à penetração é fundamental para se realizar adequadamente a interpretação dos resultados encontrados. Como observado na Tabela 5, o teor de água não influenciou a resistência mecânica a penetração.

Houve diferenças significativas na camada 0-0,05m apenas para macroporosidade (Tabela 4). Os tratamentos que apresentaram maior valor

para esse atributo foram T2 e T4 na camada citada. O mesmo atributo apresentou diferenças entre os tratamentos destacando os maiores valores no pasto e no ILPF 1L.

Na camada 0,10-0,20m houve diferenças entre tratamentos para macroporosidade e resistência a penetração (Tabela 5). Para macroporosidade os maiores valores encontrados foram no tratamento bosque e no ILPF 1L. Para resistência a penetração o maior valor encontrado foi no ILPF 3L seguido pelo pasto. Em pesquisa desenvolvida por PERGHER et al. (2011) avaliando a densidade, porosidade total, macro e microporosidade dos tratamentos ILP, ILPF e campo nativo, observaram que o ILP apresentou maiores valores de densidade, o que aumenta a resistência a penetração.

**Tabela 5:** Valores médios de resistência a penetração de raízes (MPa), umidade gravimétrica do solo (g g<sup>-1</sup>), teste F (5%) e CV(%) dos tratamentos e nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Andradina, SP.2017.

	RP (MPa)			UG(g g <sup>-1</sup> )		
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
<b>BOSQUE</b>	0,33	1,45	0,32 b	0,02 b	0,01 b	0,01 b
<b>ILP</b>	0,38	1,83	0,95 a	0,03 a	0,02 b	0,01 b
<b>ILPF 1L</b>	0,33	1,93	0,60 b	0,03 a	0,02 b	0,04 a
<b>ILPF 3L</b>	0,32	2,07	1,21 a	0,04 a	0,04 a	0,04 a
<b>0</b>	0,22	1,84 a	0,91	0,03	0,02	0,03
<b>2</b>	0,37	1,43 b	0,86	0,02	0,02	0,03
<b>4</b>	0,40	1,94 a	0,89	0,03	0,02	0,03
<b>6</b>	0,40	2,10 a	0,59	0,03	0,02	0,03
<b>8</b>	0,27	2,13 a	0,91	0,02	0,03	0,04
<b>10</b>	0,39	1,62 b	0,63	0,02	0,02	0,04
<b>F Dist (D)</b>	0,095 <sup>n.s</sup>	1,63 <sup>n.s</sup>	3,78*	3,97*	12,39*	11,55*
<b>F Trat (T)</b>	0,82 <sup>n.s</sup>	2,31*	1,08 <sup>n.s</sup>	2,26 <sup>n.s</sup>	1,69 <sup>n.s</sup>	1,75 <sup>n.s</sup>
<b>F T X D</b>	1,13 <sup>n.s</sup>	0,45 <sup>n.s</sup>	0,59 <sup>n.s</sup>	1,10 <sup>n.s</sup>	1,39 <sup>n.s</sup>	1,14 <sup>n.s</sup>
<b>CV 1 (%)</b>	32,36	31,27	49,98	40,49	26,84	24,83
<b>CV 2 (%)</b>	24,16	22,97	28,84	22,58	19,28	19,18

ILP: Integração lavoura-pecuária sem componente arbóreo

ILPF 1: Integração lavoura-pecuária-floresta com 1 linha de eucalipto

ILPF 3L: Integração lavoura-pecuária-floresta com 3 linhas de eucalipto

Bosque: plantio exclusivo de eucalipto

0, 2, 4, 6, 8 e 10 m de distância da linha central da parcela.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. \*significativo e NS – não significativo

Observa-se que em todas as camadas estudadas na presente pesquisa, o T1 apresenta os menores valores para macroporosidade (Tabela 6). Isso pode ocorrer pois nesse tratamento há pastejo

intensivo, podendo favorecer a redução da macroporosidade, uma vez que esta relaciona-se com o pisoteio animal. SPERA et al. (2010) constataram que após anos de intervenção antrópica

houve redução da macroporosidade de solos com sistema de produção de grãos integrados com pastagens anuais.

Na camada 0,05-0,10m e 0,10-0,20 é possível perceber que os tratamentos que possuem maiores valores de macroporosidade possuem os menores índices de resistência a penetração, podendo esses dois atributos estarem interligados (Tabela 6). TORMENA et al. (2002) avaliando atributos físicos de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo do solo, afirmaram que em sistema plantio direto houve maior

resistência o que é resultado de uma maior compactação, maior densidade e menor volume de macroporos. Em pesquisa realizada por IORI et al. (2012) analisando resistência do solo à penetração em diferentes usos de solos em áreas de preservação permanente, observaram maior resistência a penetração no sistema silvipastoril, sendo a menor resistência encontrada em área de mata nativa, mostrando assim uma tendência em aumentar a resistência do solo com o uso do sistema

**Tabela 6:** Valores médios de diâmetro médio ponderado, matéria orgânica, macroporosidade e resistência a penetração nas camadas de solo estudadas, Andradina, SP.2017.

Tratamentos	DMP	MO	Ma	RP
<b>0-0,05m</b>				
ILP	3,79a	17,83a	5,63b	0,38a
ILPF 1L	3,45a	20,04a	9,05a	0,33a
ILPF 3L	3,93a	20,83a	7,16ab	0,32a
Bosque	3,62a	18,55a	8,85a	0,33a
CV (%)	23,78	16,35	45,92	32,36
F trat	1,35 <sup>n.s.</sup>	4,35 <sup>n.s.</sup>	4,98*	0,095 <sup>n.s.</sup>
<b>0,05-0,10m</b>				
ILP	3,75a	19,79a	5,96b	1,83a
ILPF 1L	3,75a	20,83a	8,11ab	1,93a
ILPF 3L	3,42a	20,91a	6,51b	2,07a
Bosque	3,56a	21,11a	9,75a	1,45a
CV (%)	19,04	22,16	45,00	31,27
F trat	0,32 <sup>n.s.</sup>	0,38 <sup>n.s.</sup>	6,00*	1,63 <sup>n.s.</sup>
<b>0,10-0,20m</b>				
ILP	3,49a	19,29a	5,16b	0,95a
ILPF 1L	3,38a	20,04a	8,13a	0,60b
ILPF 3L	3,12a	19,50a	6,83ab	1,21a
Bosque	3,17a	19,44a	8,72a	0,32b
CV (%)	21,37	27,69	42,95	49,98
F trat	1,44 <sup>n.s.</sup>	0,08 <sup>n.s.</sup>	6,21*	3,78*

ILP: Integração lavoura-pecuária sem componente arbóreo

ILPF 1: Integração lavoura-pecuária-floresta com 1 linha de eucalipto

ILPF 3L: Integração lavoura-pecuária-floresta com 3 linhas de eucalipto

Bosque: plantio exclusivo de eucalipto

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. \*significativo e NS – não significativo

Para os atributos analisados diâmetro médio ponderado (DMP) e matéria orgânica não houve diferenças significativa em nenhuma camada de solo estudada. Em estudos realizados por SILVA et al. (2006) eles concluíram que o sistema de integração lavoura-pecuária estimula a dinâmica da matéria orgânica favorecendo a densidade total da macrofauna edáfica, sendo assim esse

sistema tende a aumentar a matéria orgânica do solo.

Na Tabela 7 os tratamentos mostraram diferenças estatísticas para produção de forragem, sendo a maior produção verificada no tratamento ILP. Tal fato pode ter ocorrido devido ao menor nível de sombreamento nesse tratamento. Em pesquisa realizada por REIS et al. (2013), avaliando a produção

de capim Marandu sob diferentes percentuais de sombreamento concluíram que a produção de capim responde negativamente ao sombreamento assim como a qualidade e a quantidade de proteína na pastagem.

Em pesquisa realizada por MACEDO & ZIMMER (2007), estes observaram o potencial das pastagens em sistemas integrados de produção agropecuária na elevação dos teores da MO do solo nos Cerrados, após lavouras anuais com preparo de solo convencional,

e sua queda, quando se utiliza subsequentes gradagens.

As épocas de corte também apresentaram diferenças estatísticas, sendo que em janeiro foram obtidos os maiores valores para produção de forragem (Tabela 7). Tal fato se deve principalmente devido à fatores climáticos favoráveis, uma vez que neste mês ocorre maior quantidade de chuvas e altas temperaturas, o que favorece o crescimento de capins tropicais.

**Tabela 7.** Valores médios da interação dos fatores tratamento x épocas de corte para a massa seca do capim marandu, teste F e CV (%). Andradina, SP. 2017.

TRATAMENTO (T)	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )
	2017
ILP	6354,58 a
ILPF1L	4065,33 b
ILPF3L	4003,39 b
<b>EPOCAS (E)</b>	
Janeiro	6020,41 a
Abril	5487,70 a
Julho	4536,33 b
Outubro	3186,64 c
F(T)	40,07*
F(E)	52,57*
F (T X E)	2,57*
CV1(%)	17,21
CV2(%)	12,35

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.  
\*significativo e NS – não significativo.

**Tabela 8.** Valores médios das interações dos fatores tratamento x épocas de corte para a massa seca do capim marandu, Andradina, SP. 2017.

Trat/época	Janeiro	Abril	Julho	Outubro
<b>ILP</b>	8165,98 aA	6006,97 aB	7175,99 aA	4069,39 aC
<b>ILPF1L</b>	5167,85 bA	3783,56 bBC	4524,15 bAB	2785,77 bC
<b>ILPF3L</b>	4727,41 bA	3818,44 bAB	4762,96 bAB	2704,74 b

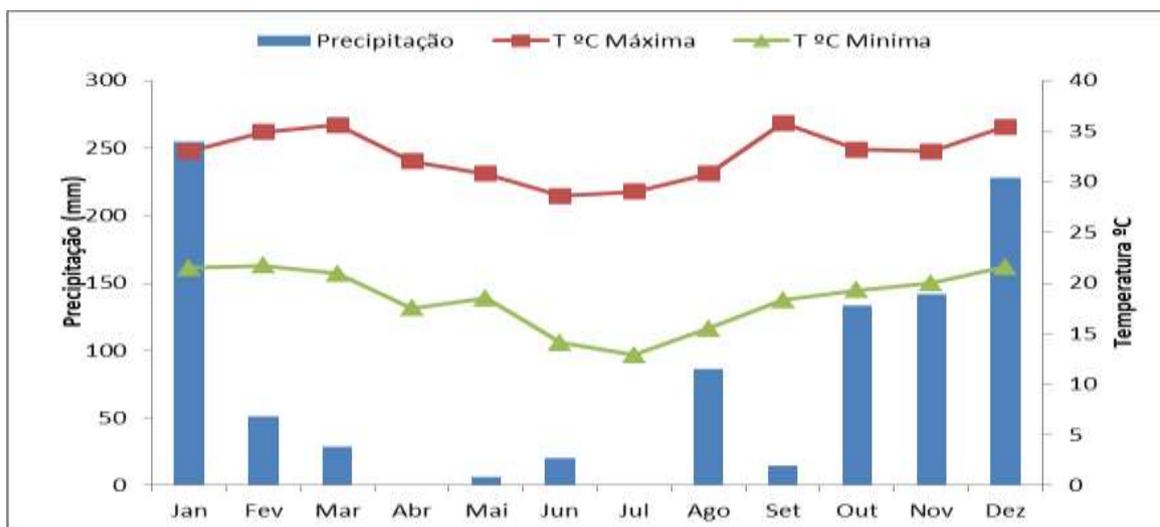
Legenda: ILP ( Integração lavoura-pecuária) e ILPF (Integração lavoura-pecuária-floresta) com 1 linha e 3 linhas de eucalipto. Médias seguidas de Letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

Na Tabela 8 está apresentada a interação significativa entre os fatores tratamento x época de corte, onde a maior produção de capim foi observada no tratamento ILP no mês de janeiro, fato

esse que pode ser explicado com base na Figura 1, que mostra maiores índices pluviométricos no mês de janeiro quando comparado aos demais meses e também temperaturas mais elevadas, favorecendo

o crescimento do capim Marandu. Os meses que apresentaram menor produção de capim em todos os tratamentos foram abril e outubro, sendo que o mês de abril

apresenta baixas temperaturas e índice pluviométrico baixo (Figura 1), o que dificulta o crescimento da forrageira.



**Figura 1.** Valores mensais de precipitação (mm), temperaturas máxima e mínima (°C) para o período de janeiro a dezembro de 2017. Andradina – SP. 2017.

## CONCLUSÕES

Os atributos do solo estudados foram influenciados pelo manejo adotado, sendo que a macroporosidade foi maior no tratamento bosque (camada 0,05-0,10m e 0,10-0,20m) e a resistência a penetração foi menor no mesmo tratamento na camada mais profunda.

A macroporosidade está abaixo do limite ideal; e a compactação está abaixo do limite crítico, exceto o tratamento na camada 0,05-0,10 m (ILPF 3L).

O teor de matéria orgânica e DMP são ideais para um bom desenvolvimento

do capim em todos os tratamentos estudados;

A maior produção de forragem foi observada no tratamento T1 onde não havia efeito de sombreamento.

A maior produção de massa seca de capim foi obtida em janeiro, uma vez que nessa época do ano, a região em estudo é caracterizada por possuir maior índice pluviométrico e temperaturas elevadas, o que facilita o desenvolvimento de gramíneas forrageiras tropicais.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPESP pelo apoio financeiro (PROC FAPESP 2015/21525-0) e a concessão de bolsa de iniciação científica (PROC FAPESP 2017/08818-3)

e a Agência Paulista de tecnologia dos agronegócios (APTA) polo de Andradina por ceder a área para realização do experimento.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeito da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da

cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.717-723, 2001.

- ANGERS, D.A.; MEHUYS, G.R. Aggregate stability to water. In: CARTER, M.R. Soil sampling and methods of analysis. **Canadian Society of Soil Science**. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. p.529-539. 2000.
- ASSMANN AL, SOARES AB, ASSMANN TS. **Integração lavoura-pecuária para agricultura familiar**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná; 2008.
- BERTOL, I.; AMARAL, A. J.; VIDAL VÁZQUEZ, E.; PAZ GONZÁLEZ, A.; BARBOSA, F. T. Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com a estabilidade de agregados em água. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 30, p. 543-553, 2006.
- BONINI, C. S. B.; LUPATINI, G. C.; ANDRIGHETTO, C.; MATEUS, G. P.; HEINRICH, R.; ARANHA, A. S.; SANTANA, E. A. R. ; MEIRELLES, G. C. Produção de forragem e atributos químicos e físicos do solo em sistemas integrados de produção agropecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.7, 1695-1698, 2016.
- CARVALHO, P. C. DE F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; TREIN, C. R.; FLORES, J. P. C.L.; CEPIK, C. T.C.; LEVIEN, R.; LOPES, M. T.; BAGGIO, C.; LANG, C. R.; SULC, R. M.; PELISSARI, A. 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.
- CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; LEVIEN, R.; WESP, C. de L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: 1977. Brasília. Vol. 46, n. 10 (oct. 2011), p. 1301-1309, 2011.
- DECÄENS, T.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J.J.; ESCOBAR, G.; RIPPSTEIN, G.; SCHNEIDMADL, J.; SANZ, J.I.; HOYOS, P.; THOMAS, R.J. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. In: JIMÉNEZ, J.J.; THOMAS, R.J. (Ed.). **El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las savanas neotropicales de Colombia**. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2003. p.21-45. (Publicación CIAT, 336).
- FELLER, C.; ALBRECHT, A.; TESSIER, D. Aggregation and organic matter storage in kaolinitic and smectitic tropical soils. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: Lewis, 1996. p. 309-359.
- FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Revista Semina: Ciências Agrônomicas**, v. 31, p. 913-932, 2010.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. 35: 1039-1042, 2011.
- IORI, P.; DIAS JUNIOR, M. de S.; SILVA, R. B. da. Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. **Bioscience Journal**, p. 185-195, 2012.
- FERREIRA, A. D. ; ARAÚJO, A. R. ; MACEDO, M. C. M. ; ALMEIDA, R. G.. Resistência do solo à penetração em diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: Congresso: Sistemas agroflorestais e desenvolvimento sustentável, 10 anos de pesquisa, 2013, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. p. 1-6.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da Pecuária Municipal. Relatório do ano de 2012. Brasil: Ministério do Planejamento,

- Orçamento e Gestão. 2012. v. 40. Disponível em:<ftpftp.ibge.gov.brProducao\_PecuariaProducao\_da\_Pecuaria\_Municipal\_2012ppm2012.pdf>.
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R. da S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1131-1140, 2007.
- LEÃO, T.P.; SILVA, A.P. da; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V.P.B. Least limiting water range: a potential indicator of changes in near-surface soil physical quality after the conversion of Brazilian Savanna into pasture. **Soil Tillage and Research**, v.88, p.279-285, 2006.
- MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, v. 42, n. 2005, p. 56-84, 2005.
- MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistemas integrados de lavoura-pecuária na região dos Cerrados do Brasil. **Simpósio internacional em integração lavoura-pecuária**, v. 1, p. 1, 2007.
- 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.
- CONTE, O., FLORES, J. P. C., CASSOL, L. C., ANGHINONI, I., Carvalho, P. C. D. F., LEVIEN, R., WESP, C. D. L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: 1977. Brasília. Vol. 46, n. 10 (oct. 2011), p. 1301-1309, 2011.
- PERGHER, M.; PIVA, J. T.; SILVA, V. P.; MORAES, A.; DIECKOW, J. PONTES, L.S. Atributos físicos de solo manejado em sistemas integrados de produção. In: **Reunião Paranaense de Ciência do Solo**, 2., 2011, Curitiba. Resumos. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; Sociedade Paranaense de Ciência do Solo, 2011, p. 50.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. Campinas, **Instituto Agrônomo**, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81).
- REIS, G. L.; LANA, A. M. Q.; EMERENCIANO NETO, J. V.; LEMOS FILHO, J. P.; BORGES, I.; LONGO, R. M. Produção e composição bromatológica do capim-marandu sob diferentes percentuais de sombreamento e doses de nitrogênio. **Revista Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, 2013.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema de Classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.
- SILVA, A.P. da; IMHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil Tillage and Research**, v.70, p.83-90, 2003.
- SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertibrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.
- SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. **Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, 2016.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOOM, G. O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (iLP), sob plantio direto. **Revista Acta**

- Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, 2010.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573 p.
- TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.
- WAKELIN SA, GREGG AL, SIMPSON RJ, LI GD, RILEY IT, MCKAY AC. Pasture management clearly affects soil microbial community structure and N-cycling bacteria. **Revista Pedobiologia**. v. 52. p. 237-251. 2009.