RESSALVA

Atendendo solicitação da
autora, o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 20/12/2020.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS

CÂMPUS DRACENA

GABRIELA LOZANO OLIVÉRIO

QUALIDADE DA ESTRUTURA DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA

Dracena

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GABRIELA LOZANO OLIVÉRIO

QUALIDADE DA ESTRUTURA DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – FEIS – UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Prof. Dra. Carolina dos Santos Batista Bonini

Orientadora

Dracena

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O48q

Olivério, Gabriela Lozano.
Qualidade da estrutura de um latossolo vermelho em sistema integração lavoura pecuária floresta / Gabriela Lozano Olivério. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019
59 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ciência do Solo, 2019

Orientador: Carolina dos Santos Batista Bonini
Inclui bibliografia

1. Atributos físicos do solo. 2. Integração de sistemas. 3. Sustentabilidade agrícola.

João Josué Barbosa
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Qualidade da estrutura de um latossolo vermelho em sistema integração lavoura pecuária floresta

AUTORA: GABRIELA LOZANO OLIVÉRIO
ORIENTADORA: CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI
Curso de Engenharia Agronômica / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Prof. Dr. VITOR CORRÊA DE MATTOS BARRETO
Departamento de Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Prof. Dr. CARLOS ALESSANDRO CHIODEROLI
Departamento de Agronomia / Universidade Federal do Triangulo Mineiro - UFTM

Ilha Solteira, 20 de dezembro de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua infinita bondade. Por ter me proporcionado essa experiência maravilhosa do mestrado e por ter me dado saúde e proteção, assim como faz em todos os dias da minha vida.

Graças a Deus também tenho uma família maravilhosa, a qual eu agradeço imensamente por todo apoio, confiança e ajuda durante todo esse tempo em que morei, pela primeira vez, fora de casa. Sem o apoio da minha família, meu pai Jundival, minha mãe Marilza, meus irmãos Thaís e Pedro Henrique e ao meu cunhado, Diogo, eu não teria conseguido encarar tão bem essa nova fase. Muito obrigada por me incentivarem e por cuidarem de mim.

Ao meu namorado Marcelo, que sempre me apoia, confia e está ao meu lado. Por ter me dado forças e sido meu companheiro e incentivador. Muito obrigada, meu amor.

A todas as pessoas maravilhosas que eu tive oportunidade de conhecer em Dracena, em especial a todos os participantes do GOU e GPP de Ilha, aos colegas do GENAP, em especial o grupo da física do solo, e minha querida amiga que tive oportunidade de dividir um lar durante esse período, e, além disso, também dividimos experiências, sorrisos e algumas lágrimas, obrigada Luziane. Sou muito feliz por ter encontrado pessoas tão especiais em meu caminho.

Agradeço imensamente a minha orientadora Carolina Bonini. Tive uma grande sorte em ter sido sua orientada. Desde o primeiro e-mail, me ajudou e se mostrou ser uma pessoa muito atenciosa, que ensina, incentiva, tem paciência e trata extremamente bem os seus orientados, agradeço por toda confiança depositada em mim. Tive a honra de ser sua orientada de mestrado, e aprender muito com você, Carolina. Com o passar do tempo se tornou, além de orientadora, uma grande amiga que, sem dúvida, fez parte da minha história. De todo meu coração, muitíssimo obrigada.

A todos os professores da UNESP de Dracena, por todo acolhimento e conhecimento, com os quais de alguma forma eu tive a oportunidade de conviver e aprender.

Aos técnicos de laboratório e técnicos administrativos, sempre dispostos ao auxílio para que o trabalho/pesquisa se desenvolva da melhor forma possível.

À professora Cristina Andrighetto e ao pesquisador Gustavo Pavan Mateus, que contribuíram muito com seus conhecimentos na minha qualificação. Todas as informações foram de grande valia para o resultado final dessa dissertação.

Aos professores Carlos Alessandro Chioderolli e Vitor Corrêa de Matos Barreto, por terem aceitado esse convite de participar da minha banca de defesa do mestrado, e contribuir grandemente com essa pesquisa. Desde já, muito obrigada.

O Presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Por fim, agradeço à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Unesp, campus Dracena, por ter sido o local que permitiu a execução do meu experimento e a todos os professores, funcionários e colegas que de alguma maneira contribuíram com essa pesquisa. Muito obrigada.

Isto é uma ordem: sê firme e corajoso. Não te atemorizes, não tenhais medo, porque o Senhor está contigo em qualquer parte por onde fores.

Js 1:9

Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.

Martin Luther King, Jr.

RESUMO

Sistemas de conservação do solo são capazes de alcançar a sustentabilidade agrícola, juntamente com a integração e diversificação de atividades de manejo. São meios que exploram o sinergismo do sistema, resultado da interação solo-planta-atmosfera. Este trabalho teve como objetivo avaliar de maneira temporal os atributos físicos do solo, sob sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, com o intuito de verificar possíveis contribuições na qualidade do solo e na sustentabilidade do sistema. O experimento foi desenvolvido na área experimental da Agência Paulista dos Agronegócios – Polo/Andradina – São Paulo - Brasil. O solo em estudo é um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. O delineamento em blocos casualizados se distribuiu em 4 respectivos tratamentos: T1 – integração lavoura-pecuária, sem o componente arbóreo; T2 – sistema agrossilvipastoril, com sombreamento de 1 linha de eucalipto e densidade de 196 árvores/ha; T3 - sistema agrossilvipastoril, com sombreamento de 3 linhas de eucalipto e densidade de 448 árvores/ha; T4 - plantio exclusivo de eucalipto, as amostras foram coletadas ao longo dos anos de 2014 a 2018, nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20m, para as avaliações de infiltração de água no solo, resistência à penetração, teor de umidade do solo, densidade do solo, estabilidade de agregado e porosidade do solo. Os resultados revelaram que os sistemas que utilizam integração melhoram e/ou mantêm a qualidade do solo, sem compactar ou influenciar negativamente a infiltração de água, com modificações em suas densidade e porosidade totais, evidenciando destaque aos tratamentos ILP, ILPF1L e ILPF3L ao longo do tempo e proporcionando sua sustentabilidade.

Palavras-Chave: Atributos físicos do solo. Integração de sistemas. Sustentabilidade agrícola.

ABSTRACT

Soil conservation systems are capable of achieving agricultural sustainability together with the integration and diversification of management activities. And are means that exploit the synergism of the system as a result of soil-plant-atmosphere interaction. The objective of this work was to evaluate in a temporal manner the physical attributes of the soil, under a crop-livestock-forrest integration system, in order to verify possible contributions to soil quality and system sustainability itself. The experiment was developed in the experimental area of the Paulista Agrobusiness Agency - Polo/Andradina – São Paulo Brasil. The soil under study is a dystrophic Ultisol. The randomized block design was distributed in 4 respetive treatments: T1 - crop-livestock integration, without the tree component; T2 - agrosilvipastoral system, with 1 eucalyptus line of shading and density of 196 trees/ha; T3 - agrosilvipastoral system, with 3 eucalyptus lines of shading and density of 448 trees ha; T4 - exclusive culture of eucalyptus; the samples were collected from 2014 to 2018, in the 0 -0.05 layers; 0.05-0.10 and 0.10-0.20m for the evaluation of soil water infiltration, penetration resistance, soil humidity content, soil density, aggregate stability and soil porosity. The results revealed that systems using integration improve and / or maintain soil quality without compacting or negatively influencing its water infiltration, with changes in its density and total porosity, highlighting the ILP, ILPF1L and ILPF3L treatments over time, providing soil sustainability.

Keywords: Soil physical attributes. Systems integration. Agricultural sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS

SIPAs	Sistemas integrados de produção agropecuária
Aw	Tropical quente e úmido com inverno seco
P	Fósforo
MO	Matéria orgânica
pH	Potencial hidrogeniônico
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
H+Al	Hidrogênio + Alumínio
SB	Soma de bases
CTC	Capacidade de troca catiônica
ILP	Integração lavoura-pecuária sem componente arbóreo
ILPF1L	Sistema agrossilvipastorial com sombreamento de 1 linha de eucalipto
ILPF3L	Sistema agrossilvipastorial com sombreamento de 3 linhas de eucalipto
EUC	Plantio exclusivo de eucalipto
Infil	Infiltração de água no solo
Rp	Resistência à penetração
Ug	Teor de água no solo
Ds	Densidade do solo
Dmp	Diâmetro médio ponderado
Ma	Macroporosidade
Mi	Microporosidade
Pt	Porosidade Total

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação gráfica do potencial de utilização de sistemas integrados de produção comparados com sistemas convencionais. 16

ARTIGO I

Figura 2. Precipitação e temperatura máximas e mínimas da área experimental no período do estudo – 2014 a 2018. Andradina – SP. 27
Figura 3. Histórico da área experimental. 30
Figura 4. Infiltração de água no solo (mm h^{-1}) nos anos avaliados. Andradina – SP- Brasil. 2014-18. 33
Figura 5. Resistência a penetração do solo (Mpa) nos anos avaliados. Andradina – SP- Brasil. 2014-18. 34
Figura 6. Teor de água do solo nos anos avaliados (g g^{-1}). Andradina – SP- Brasil. 2014-18.36

ARTIGO II

Figura 7. Precipitação e temperatura máximas e mínimas da área experimental no período do estudo – 2016 a 2018. Andradina – SP. 41
Figura 8 - Densidade do solo, Andradina – SP. Brasil. 2016-2018. 47
Figura 9 - Estabilidade de agregado do solo, Andradina – SP. Brasil. 2016-2018. 48
Figura 10 - Estabilidade de agregado do solo, Andradina – SP. Brasil. 2016-2018..... 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Breve histórico de pesquisas desenvolvidas com abordagem em sistemas conservacionistas e integrados de produção. 19
Tabela 2 - Breve histórico de pesquisas desenvolvidas com na qualidade física e química do solo em sistemas conservacionistas e integrados de produção. 20

ARTIGO I

Tabela 3 - Caracterização inicial da área experimental, APTA 2012. 28
Tabela 4 - Análise de variância das propriedades e camadas do solo estudadas. Andradina – SP. Brasil. 2014-2018. 32
Tabela 5 - Valores médios de resistência a penetração do solo, nos tratamentos e camadas estudadas. Andradina – SP. Brasil. 2014-2018. 35

ARTIGO II

Tabela 6 - Análise de variância da densidade e estabilidade de agregado do solo nas camadas estudadas. Andradina – SP. Brasil. 2016-2018. 46
Tabela 7 - Análise de variância de macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo nas camadas estudadas. Andradina – SP. Brasil. 2016-2018. 46
Tabela 8 - Macroporosidade e microporosidade do solo estudado. Andradina – SP. Brasil. 2016-2018. 49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16
21. Sistemas integrados como estratégias de intensificação sustentável de uso do solo . 16
22. Componentes físicos de avaliação da qualidade do solo 19
3. OBJETIVOS 23
31. Geral 23
3.2. Específicos 23
4. INTRODUÇÃO 24
5. MATERIAL E MÉTODOS 26
51. Caracterização e histórico da área experimental 26
5.1.1. Componente arbóreo 28
5.1.2. Produção da cultura da soja 28
5.1.3. Produção da cultura do milho e pastagem 28
5.1.4. Manejo da pastagem e bovinocultura 29
52. Delineamento experimental e tratamentos 31
53. Avaliação e preparo das amostras do solo 31
6. RESULTADOS 31
61. Infiltração de água no solo 32
62. Resistência à penetração 33
63. Teor de água no solo 35
7. DISCUSSÃO 36
8. CONCLUSÃO 38
9. INTRODUÇÃO 39
10. MATERIAL E MÉTODOS 40
101. Caracterização e histórico da área experimental 40
10.1.1. Componente arbóreo 42
10.1.2. Produção da cultura da soja 42
10.1.3. Produção da cultura do milho e pastagem 42
10.1.4. Manejo da pastagem e bovinocultura 43
102. Delineamento experimental e tratamentos 45

10.3. Avaliação e preparo das amostras do solo 45
11. RESULTADOS 45
11.1. Densidade do solo 47
11.2. Estabilidade de agregado 47
11.3. Porosidade do solo 48
12. DISCUSSÃO 50
13. CONCLUSÃO 51
14. CONSIDERAÇÕES FINAIS 52
15. REFERÊNCIAS 53

1. INTRODUÇÃO

O monocultivo e as práticas inadequadas de produção agrícola proporcionam a perda de produtividade, degradação do solo e de recursos naturais. A reversibilidade deste cenário se faz necessária com a intervenção de tecnologias como o sistema de plantio direto, que contempla não somente o preparo mínimo do solo, mas também a prática de rotação de culturas e os sistemas de integração lavoura-pecuária, visando a preservação ou melhoria da qualidade do solo.

Sistemas de conservação do solo são utilizados com sucesso em todo mundo, proporcionando o caminho para alcançar a sustentabilidade agrícola, devido à redução na perturbação do solo e a um aumento na rotação de cultura e diversidade do sistema. Os sistemas de integração empregam uma gama diversificada de fatores ecológicos, biofísicos e socioeconômicos com condições de reduzir os riscos ambientais, sendo planejados de forma a explorar os sinergismos e as propriedades emergentes, frutos da interação solo-planta-atmosfera (NASCIMENTO *et al*., 2019; MORAES *et al*., 2014).

O uso de plantio direto, associado aos sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, favorece o aumento de resíduos culturais na superfície do solo, protegendo sua estrutura. O incremento de matéria orgânica influencia positivamente os mecanismos de recuperação, uma vez que reduz a erosão, aumenta a taxa de infiltração de água e a porosidade, considerados fatores importantes para a resiliência do solo (BONETTI *et al*., 2017).

A diversidade biológica e a intensidade e duração das perturbações determinam a resiliência dos ecossistemas por meio de ações planejadas, recuperando a estrutura do solo e proporcionando condições físicas para o restabelecimento de processos ecológicos naturais, quais sejam, germinação de sementes, emergência e desenvolvimento de mudas e retorno de resíduos vegetais ao solo, fonte de energia para seus organismos. (BONINI; ALVES, 2011).

A capacidade do solo de se recuperar do estresse das práticas de produção inadequadas depende de suas propriedades, como a textura e a matéria orgânica e de seus consequentes efeitos na estrutura. O processo de resiliência do solo acontece ao longo do tempo, sob diferentes respostas, devido à diversidade de solos existentes, visto que solos com maior teor de argila, óxido de ferro e matéria orgânica são mais resilientes (BONETTI *et al*., 2017).

O contexto histórico de qualidade do solo evidencia o seu enraizamento em duas abordagens diferentes que enfatizam suas propriedades inerentes e o efeito do manejo humano. Uma definição recente de qualidade do solo é a capacidade intrínseca de um solo contribuir

para os serviços ecossistêmicos, incluindo a produção de biomassa. Um importante componente de avaliação da qualidade do solo é a identificação de um conjunto de atributos inerentes (estáticos) e gerenciáveis (dinâmicos), que refletem a capacidade de um solo funcionar, podendo ser usados como indicadores de qualidade (BÜNEMANN *et al*., 2018).

14. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas integrados de produção agropecuária melhoram ou mantem a qualidade do solo, com influência positiva nos atributos do solo estudados.

Os tratamentos ILP, seguido do ILPF1L e ILP3L foram destaques para a infiltração de água no solo, porosidade total, densidade e agregação do solo, ao longo do tempo.

Os usos de sistemas integrados não influenciaram negativamente a resistência mecânica a penetração do solo.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C.; SILOA, V. P.; NETOE, M. M. G.; VIANA, M. C. M.; VIVELAS, L. Sistema Integração lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 59-67, 2010.

ANGERS, D. A. ; MEHUYS, G. R. Aggregate stability to water. In: CARTER, M.R. **Soil sampling and methods of analysis**. Boca Raton: Canadian Society of Soil Science/Lewis Publishers, 2000.

ASSIS, E. B.; NUNES, M. C. M.; APARECIDO, M. A.; JUNIOR, S. S.; SERAFIM, M. E. Resistência à penetração em Argissolo Vermelho-Amarelo sob pousio e diferentes culturas de cobertura. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, p. 1668-1677, 2014.

ASSIS, R. L.; LAZARINI, G. D.; LANÇAS, K. P.; CARGNELUTTI FILHO, A. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**. v. 29, p. 558–568, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100- 69162009000400006. Acesso em: 15 dez. 2019.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial**: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília: Embrapa, 2011.

BLANCO, H.; LAL, R. **Principles of soil conservation and management**. Columbus: Springer, 2008. p. 167-169.

BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S. J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, v. 326, p.164-200, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011. Acesso em: 12 nov. 2019.

BONETTI, J. A.; ANGHINONI, I.; GUBIANI, P. I.; CECAGNO, D.; MORAES, M. T. Impact of a long-term crop-livestock system on the physical and hydraulic properties of an Oxisol. **Soil And Tillage Research**, Amsterdam, v. 186, p. 280-291, 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2018.11.003. Acesso em: 30 nov. 2019.

BONETTI, J. A.; ANGHINONI, I.; MORAES, M. T.; FINK, J. R. Resilience of soils with different texture, mineralogy and organic matter under long-term conservation systems. **Soil And Tillage Research**, Amsterdam, v. 174, p.104-112, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2017.06.008. Acesso em: 25 jun. 2018.

BONINI, C. S. B., ALVES, M. C. Recovery of soil physical properties by green manure, liming, gypsum and pasture and spontaneous native species. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1397-1406, 2011. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832011000400034. Acesso em: 12 nov. 2019.

BONINI, C. S. B.; LUPATINI, G. C.; ANDRIGHETTO, C.; MATEUS, G. P.; HEINRICHS, 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**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1695-1698, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900070. Acesso em: 20 nov. 2019.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 329-336, 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662012000400001. Acesso em: 15 out. 2019.

BORGES, W. L. B.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Impact of crop-livestock-forest integration on soil quality. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, p. 1-9, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10457-018-0329-0. Acesso em: 12 out. 2019.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 7, p. 221-278, 2011.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração de água do Solo**. 3. ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2012.

BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. **Lei nº 12.805, de 29 de abril de 2013**. Brasília, 30 abr. 2013. Disponível em: http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2013/lei-12805-29-abril-2013-775877-publicacaooriginal-139664-pl.html. Acesso em: 12 ago. 2019.

BREVIK, E. C.; CERDA, A.; MATAIX-SOLERA, J.; PEREG, L.; QUINTON, J. N.; SEIS, J.; VAN OOST, K. The interdisciplinary nature of soil. **Soil**, Goettingen, v. 1, n. 1, p. 117-129, 16, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5194/soil-1-117-2015. Acesso em: 12 jul. 2019.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G. D.; GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MADER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; GROENIGEN, J. W. V.; BRUSSAARD, L. Soil quality – a critical review. **Soil Biology And Biochemistry**, Oxford, v. 120, p. 105-125, 2018.

BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**: a produção sustentável. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. **ILPF**: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

BUSARI, M. A.; KUKAL, S. S.; KAUR, A.; BHATT, R.; DULAZI, A. A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. **International Soil And Water Conservation Research**, Beijing, v. 3, n. 2, p.119-129, 2015.

CANARACHE, A. Penetr-a generalized semi-empirical model estimating soil resistence to penetration. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, p. 51-70, 1990.

CIIAGRO. Centro integrado de informações agrometerológicas. **Mapas da resenha agrometerológica**. Andradina, SP. Disponível em: http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/. Acesso em: 12 jun. 2019.

COSTA, M. P.; SCHOENEBOOM, J. C.; OLIVEIRA, S. A.; VIÑAS, R. S.; MEDEIROS, G. A. A socio-eco-efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock-forestry systems in the Brazilian cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 171, p. 1460-1471, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.063. Acesso em: 25 jun. 2019.

COSTA, N. R. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 852-863, 2015.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 852-863, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcs20140269. Acesso em: 20 jun. 2019.

EDWARDS, C. A. The importance of integration in sustainable agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 27, n. 1-4, p.25-35, 1989.

FRANCO, F. O. **Disponibilidade de fatores de produção e desempenho agronômico de culturas em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. 2017. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/148883/franco_fo_dr_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 15 ago. 2019.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Unimar Ciências**, Marília, v. 26, p. 8-25, 2017.

GIL, J.; SIEBOLD, M.; BERGER, T. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 199, p. 394-406, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.008. Acesso em: 15 mar. 2019.

GILLER, K. E.; ANDERSOON, J. A.; COBEELS, M.; KIRKEGEERD, J.; MONTEBSEN, D.; ERENSTEIN, O.; VANLAUWE, B. Beyond conservation agriculture. **Frontiers In Plant Science**, Lausanne, v .6, p. 1-14, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2015.00870. Acesso em: 25 abr. 2019.

GLIŃSKI, J.; LIPIEC, J. **Soil physical conditions and plant roots**. Boca Raton: CRC, 1990.

HENDRICKSON, J.; HANSON J. D.; TANAKA, D. L.; SASSENRATH, G. Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. **Renewable Agriculture And Food Systems**, Cambridge, v. 23, n. 04, p.265-271, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relação solo planta. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1979.
KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1988.

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

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p.4-8, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009. Acesso em: 12 nov. 2019.

LIU, J.; MOONEY, H.; HULL, V.; DAVIS, S. J.; GASKELL, J.; HERTEL, T.; LUBCHENCO, J.; SETO, K. C.; GLEICK, P.; KREMEN, C.; LI, S. Systems integration for global sustainability. **Science**, Washington, v. 347, n. 6225, p. 1258832-1258832, 2015.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.10, p. 1269-1276, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0100-204x2011001000022. Acesso em: 12 set. 2019.

LUO, Y.; AHLSTRÕM, A.; ALLISON, S. D.; BATJES, N. H.; BROVKIN, V.; CARVALHAIS, N.; CHAPPELL, A.; CIAIS, P.; DAVIDSON, E. A.; FINZI, A.; GEORGIOU, K., GUENET, B., HARARUK, O., HARDEN, J. W., HE, Y., HOPKINS, F.; JIANG, L.;KOVEN, C.; JACKSON, R. B.; JONES, C. D.; LARA, M. J.; LIANG, J.; McGUIRE, A. D., PARTOB, W., PENG, C., RANDERSON, J. T., SALAZAR, A., SIERRA, C. A.; SMITH, M. J.; TIAN, H.; TODD-BROWN, K. E. O.; TORN, M.; GROENIGEN, K. J. V.; WANG, Y. P.; WEST, T. O.; WEI, Y.; WIEDER, W.; XIA, J.; XU, X., XU, X.; ZHOU, T. Toward more realistic projections of soil carbon dynamics by Earth system models. **Global Biogeochemical Cycles**, Hoboken, v. 30, n. 1, p.40-56, 2016.

MARCHINI, D. **Agregação de um Latossolo em recuperação após 5 anos**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98793/marchini_dc_me_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 ago. 2019.

MARCHINI, D. C., LING, T. C., ALVES, M. C., CRESTANA, S., SOUTO FILHO, S. N., ARRUDA, O. G, 2015. Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de Latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, p. 574–580, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p574- 580. Acesso em: 12 ago. 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Plano agrícola e pecuário 2017-2018**. Brasília: MAPA, 2017. 46 p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/plano-agricola-e-pecuario/arquivos-pap/PAP1718.pdf. Acesso em: 12 abr. 2019.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. A.; KUNRATH, T. R. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 57, p. 4–9, 2014a. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004. Acesso em: 12 jun. 2018.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; DEISS, L. Research on integrated crop-livestock systems in Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, p. 1024 – 1031, 2014b. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500018. Acesso em: 12 nov. 2018.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R.; LUZ, F. B. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. **Soil And Tillage Research**, Amsterdam, v. 155, p. 351-362, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.07.015. Acesso em: 12 maio 2019.

MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials in cultivated and improved pastures. *In*: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pasadena. **Proceedings o the** […].. Pasadena: Pennsylvania State College Press, 1952. p. 1380-1385.

MUNKHOLM, L. J.; HECK, R. J.; DEEN, B.; ZIDAR, T. Relationship between soil aggregate strength, shape and porosity for soils under different long-term management. **Geoderma**, Amsterdam, v. 268, p. 52-59, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.01.005. Acesso em: 20 jun. 2019.

NAIK, A. P.; GHOSH, B.; PEKKAT, S. Estimating soil hydraulic properties using mini disk infiltrometer. **ISH Journal of Hydraulic Engineering**. Abingdon, v. 25, p. 62–70, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1080/09715010.2018.1471363. Acesso em: 12 nov. 2019.

NASCIMENTO, D. M.; CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V.; SILVA, A. H.; FAVARETTO, N.; PARRON, L. M. Soil physical quality under long-term integrated agricultural production systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 186, p. 292–299, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.016. Acesso em: 02 set. 2019.

PADRON, R. A. R.; NOGUEIRA, H. M. C. M.; CERQUERA, R. R.; ALBINO, G. D.; NOGUEIRA, C. U. Caracterização físico-hídrica do solo argissolo amarelo para estabelecimento de projeto e manejo da irrigação. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 4, p. 36-47, 2015.

PALM, C.; BLANCO-CANQUI, H.; DECLERCK, F.; GATERE, L.; GRACE, P. Conservation agriculture and ecosystem services: an overview. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 187, p. 87-105, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.010. Acesso em: 18 jun. 2018.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2018.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade.** Campinas: Instituto Agronômico, 1983. Boletim técnico, 81.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 70-79, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.023. Acesso em: 25 hun. 2019.

SANTANA, E. A. R.; ANDRIGHETTO, C.; MATEUS, G. P.; ARANHA, A. S.; LUPATINI, G. C.; MEIRELLES, P. R. L.,; ARANHA, H. S.; SANTOS, J. M. F.; LUZ, P. A. C.; TRIVELIN, G. A. Padrão de deslocamento de bovinos nelore em sistemas integrados de produção agropecuária. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 71, n. 1, p. 353- 356, 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9864. Acesso em: 30 nov. 2019.

SANTOS, H. G.; JOCOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREARAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C. ; OLIVEIRA, J. B. CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018.

SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. **Medições de infiltração com infiltrômetro e um simulador de chuva em Latossolo Roxo Distrófico, Paraná, sob vários tipos de cobertura do solo e sistemas de preparo**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 13, 1984.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSOS, C. A. C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração LavouraPecuária-Floresta (ILPF), Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. **Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, P. 96-104, 2016. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147458/1/Agrotec2016.pdf. Acesso em: 20 dez. 2019.

SILVA, M. H. M.; FRANTZ, R. M. G.; SANTOS, E. F. O.; FORTES JÚNIOR, A. V.; ARTNER, K. A. R.; SOARES, E. R.; NOGUEIRA, A. E. Soil structural quality as a function of management in an integrated agricultural production system. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, 10, p. 99 – 114, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/5208/4983. Acesso em: 18 set. 2019.

SIVARAJAN, S.; MAHARLOOEI, M.; BAJWA, S. G.; NOWATZKI, J. Impact of soil compaction due to wheel traffic on corn and soybean growth, development and yield. **Soil And Tillage Research**, Amsterdam, v. 175, p.234-243, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2017.09.001. Acesso em: 15 jun. 2019.

SOUZA, J. F. D.; PERUSSO, R. L. S.; BONINI, C. S. B.; SOUZA, C. T.; LUPATINI, G. C.; ANDRIGHETTO, C.; MATEUS, G. P.; PEDRO, F. G. Atributos físicos, matéria orgânica do solo e produção de Capim Marandu em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, Tupã, v. 13, n. 1, p. 51-64, 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2019v13n1p51-64. Acesso em: 30 nov. 2019.

STOESSEL, F.; SONDEREGGER, T.; BAYER, P.; HELLWENG, S. Assessing the environmental impacts of soil compaction in Life cycle assessment. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 630, p. 913–921, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.222. Acesso em: 25 jun. 2019.

SULC, R. M.; FRANZLUEBBERS, A. J. Exploring integrated crop–livestock systems in different ecoregions of the United States. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 57, p. 21–30, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.007. Acesso em: 20 jun. 2018.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017.
VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

ZHANG, R. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 1024-1030, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100040005x. Acesso em: 18 jun. 2018.