

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS SILVIPASTORIS REGENERATIVOS

JÚLIA N. DA SILVA¹, JOICE C. ÁVILA¹, EURIANA M. GUIMARÃES², ZIGOMAR
M. SOUZA³, OSWALDO V. SERRANO JUNIOR⁴

¹Graduandas em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, 175699@dac.unicamp.br

²Mestre em Engenharia Agrícola, FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP

³Engenheiro Agrônomo, Professor Titular, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

⁴Mestre em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O Brasil é na atualidade o maior produtor de carne bovina do mundo, no entanto, a qualidade do solo nessas pastagens é um desafio. Os sistemas silvipastoris intensivos surgem nesse cenário como uma ótima alternativa para contornar os problemas relacionados à estrutura do solo. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar os atributos físicos do solo em diferentes Sistemas Silvipastoris em Latossolo Amarelo distrófico. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Takaoka no município de Iaras, São Paulo, Brasil. O delineamento experimental é o inteiramente casualizado, com os seguintes tratamentos: T1 - Sistema Silvipastoril Intensivo com Leucena (SSI+L); T2 - Sistema Silvipastoril Intensivo com Tithonia (SSI+T); T3 - Sistema Silvipastoril (SSP); T4 - Sistema de Pastejo Irrigado (PI). Foram avaliados os atributos do solo, como a densidade do solo, porosidade do solo, resistência do solo à penetração e condutividade hidráulica do solo saturado. Os Sistemas Silvipastoris (SSI+T) e (SSI+L) apresentaram menores valores de densidade de solo e resistência do solo à penetração e maior valor de macroporosidade.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade do solo, compactação do solo, pastagem

SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES IN DIFFERENT REGENERATIVE SILVIPASTORAL SYSTEMS

ABSTRACT: Brazil is currently the largest producer of beef in the world, however, the quality of the soil in these pastures is a challenge. The Intensive Silvopastoral Systems (SSPi) arise in this scenario as an excellent alternative to circumvent the problems related to soil health. The objective was to evaluate the physical attributes of the soil in relation to different Silvopastoral Systems in dystrophic yellow Latosol, in Takaoka Farm in the municipality of Iaras-SP. The experimental design is entirely randomized, with the following treatments: T1 - Intensive Silvopastoral System with Leucena (SSI+L); T2 - Intensive Silvopastoral System with Tithonia (SSI+T); T3 - Silvopastoral System (SSP); T4 - Irrigated Grazing System (PI). Soil attributes such as soil density, soil porosity, soil resistance to penetration and saturated soil hydraulic conductivity were evaluated. The Silvopastoral Systems (SSI+T) and (SSI+L) showed lower values of soil density and soil resistance to penetration and higher value of macroporosity.

KEYWORDS: soil quality, soil compaction, pasture

INTRODUÇÃO: O Brasil é o maior produtor mundial de carne bovina do mundo, com cerca de 165,2 milhões de hectares de terra ocupados por pastagens (ABIEC, 2021). Dessa forma, o

sucesso da produção de gado de corte está diretamente relacionado à qualidade do solo e das pastagens, aos atributos físicos e a sustentabilidade do solo. A degradação das pastagens tem sido um grande problema para a pecuária brasileira, por ser desenvolvida basicamente em pastos, afetando diretamente a sustentabilidade do sistema produtivo (KAIRIS et al., 2015). O pastejo promove compactação e a deformação do solo que são causadas pelo pisoteio de bovinos e acabam reduzindo a porosidade e aumentando a densidade do solo (BATISTA et al., 2020). A adoção de sistemas silvipastoris, onde árvores ou espécies arbustivas são consorciadas com pastagens e presença da pecuária, aumentam a biodiversidade e a multifuncionalidade da terra em relação aos sistemas tradicionais de pecuária, baseados em pastagens de baixa produtividade com pastejo extensivo (CHERUBIN et al., 2019), promovendo melhoria da qualidade física e química do solo (CHERUBIN et al., 2019; BATISTA et al., 2020). Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar os atributos físicos do solo em diferentes Sistemas Silvipastoris em Latossolo Amarelo distrófico.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em condições de campo na Fazenda Takaoka, no município de Iaras, Estado de São Paulo, Brasil. O clima da região é classificado como subtropical (Cfa) segundo a classificação climática de Köppen, com inverno frio e seco e verão quente e chuvoso. Na região ocorrem médias anuais de precipitação na ordem de 1.237 mm e a temperatura relativa média do ar é de 20,3 °C. O delineamento experimental é o inteiramente aleatorizado, no qual foram implantados quatro sistemas de produção, com quatro repetições em um Latossolo Amarelo distrófico: T1 - Sistema Silvipastoril Intensivo em consórcio com *Leucaena leucocephala* (cv. Cunningham) (SSPI+L); T2 - Sistema Silvipastoril Intensivo em consórcio com *Tithonia diversifolia* (SSPI+T); T3 - Sistema Silvipastoril (SSP), todos com gramínea *Panicum maximum* (cv. BRS Zuri) e com renques de espécies arbóreas a cada 20 m e o T4 - Pastagem Irrigada (PI) com gramínea *Panicum maximum* (cv. BRS Zuri), todos implantados em outubro de 2018. As espécies florestais que compõem os renques de espécies arbóreas nos sistemas T1, T2 e T3 são: *Khaya ivorenses*, *Leucaena leucocephala* (cv. Cunningham), *Eucalyptus urograndis*, *Acacia mangium* e *Gliricidia sepium*. A densidade do solo foi calculada a partir da relação entre massa do solo seco em estufa a 105 °C e volume da amostra (TEIXEIRA et al., 2017). A porosidade foi determinada pela mesa de tensão e a microporosidade corresponderá à umidade volumétrica da amostra submetida a uma tensão de 6 kPa e a porosidade total foi obtida pelo método direto e a macroporosidade por diferença entre a porosidade total e a microporosidade (TEIXEIRA et al., 2017). A determinação da resistência do solo à penetração foi realizada por meio de um penetrômetro eletrônico de bancada. Por fim, a condutividade hidráulica saturada (Ks) foi determinada pelo método da carga variável usando o sistema de medição automatizado KSAT (UMS GmbH - Munique, Alemanha) em amostras indeformadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores de densidade do solo (Ds) nos diferentes sistemas e profundidades estão próximos nos anos de 2019 e 2022 (Tabela 1). Verificou-se os valores de Ds de 2019 para o ano 2022, que passou de 1,57 Mg m⁻³ para 1,64 Mg m⁻³ para o tratamento T1, de 1,63 Mg m⁻³ para 1,60 Mg m⁻³ para o tratamento T2, de 1,66 Mg m⁻³ para 1,64 Mg m⁻³ no tratamento T3 e de 1,61 Mg m⁻³ para 1,68 Mg m⁻³ para o tratamento T4. Uma densidade alta pode interferir no crescimento radicular das plantas. As alterações mais expressivas foram identificadas na camada de 0,40-0,60 m para o Sistema Silvipastoril Intensivo com a arbustiva *Leucaena*. Embora pontos de valores superiores encontrados em camadas e tratamentos específicos, como o tratamento T3 que apresentou valor de densidade de 1,76 Mg m⁻³, as médias dos valores de Ds encontrados tanto nas camadas quanto aos tratamentos analisados em todos os anos estão abaixo de 1,75 Mg m⁻³, valor considerado por Reichert et al. (2009), em solos de textura arenosa como limitante ao desenvolvimento das

culturas. Em relação a porosidade total (PT) verifica-se que não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos e camadas avaliadas. De acordo com os dados de PT, não se observa uma mudança significativa entre o primeiro e o segundo ano de avaliação. A macroporosidade (MaP) apresentou diferenças significativas entre os anos estudados assim como entre tratamentos e profundidades, por meio das médias entre os diferentes tratamentos observa-se uma diminuição da macroporosidade de 2019 para 2022 (Tabela 1). Os valores de macroporosidade ficaram abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para todos os tratamentos e camadas estudadas em 2022, que segundo Kopi e Douglas (1991) é indicativo de degradação do solo com redução do fluxo de ar e água ao longo do perfil.

Tabela 1. Atributos físicos de um Latossolo Amarelo distrófico de textura arenosa sob quatro diferentes sistemas regenerativos de manejo em Iaras, São Paulo, Brasil.

Trat.	2019					2022						
	0-5	5-10	10-20	20-40	Média	0-5	5-10	10-20	20-40	40-60	Média	
Densidade do solo (Mg m^{-3})												
T1	1,4a	1,5a	1,6a	1,7a	1,6a	1,6a	1,6a	1,7a	1,7ab	1,7a	1,6a	1,6ab
T2	1,4a	1,6a	1,7a	1,7a	1,6a	1,6a	1,6a	1,7a	1,7ab	1,7a	1,7a	1,6b
T3	1,5a	1,6a	1,7a	1,8a	1,6a	1,7a	1,6a	1,7a	1,7a	1,6a	1,6a	1,6a
T4	1,5a	1,5a	1,7a	1,7a	1,6a	1,6a	1,6a	1,7a	1,8b	1,7a	1,6a	1,7ab
Média	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	-	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	-
Porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)												
T1	0,41a	0,38a	0,32a	0,32a	0,35a	0,36a	0,40a	0,35a	0,33a	0,36a	0,39a	0,37b
T2	0,42a	0,33a	0,30a	0,31a	0,36a	0,34a	0,38a	0,35a	0,34a	0,34a	0,34a	0,35a
T3	0,38a	0,37a	0,30a	0,30a	0,36a	0,34a	0,36a	0,33a	0,35a	0,37a	0,37a	0,36ab
T4	0,40a	0,38a	0,34a	0,32a	0,38a	0,36a	0,39a	0,34a	0,33a	0,34a	0,39a	0,36ab
Média	0,40	0,37	0,32	0,31	0,36	-	0,38	0,34	0,34	0,35	0,37	-
Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)												
T1	0,18a	0,15a	0,11a	0,10a	0,13a	0,13a	0,08a	0,08a	0,09a	0,07a	0,08ab	0,08b
T2	0,18a	0,10b	0,09a	0,09a	0,12a	0,12a	0,08a	0,05a	0,06a	0,05a	0,06a	0,05ab
T3	0,10a	0,11b	0,09a	0,10a	0,11a	0,10b	0,08a	0,06a	0,07a	0,07a	0,07ab	0,06a
T4	0,13a	0,14a	0,10a	0,10a	0,13a	0,12a	0,09a	0,06a	0,05a	0,07a	0,10b	0,08ab
Média	0,15	0,13	0,10	0,09	0,12	-	0,08	0,06	0,07	0,07	0,08	-
Resistencia do solo à penetração (MPa)												
T1	1,41a	0,94c	0,94b	1,32b	0,87b	1,10b	1,48a	2,07a	2,29a	1,59a	1,25a	1,76ab
T2	1,23b	0,99c	1,22b	1,26b	0,77b	1,09b	1,48a	1,82a	1,94a	2,16a	1,23a	1,82b
T3	1,70a	1,24b	0,98b	0,99b	0,72b	1,13b	1,74a	1,79a	1,37a	1,06a	1,00a	1,27a
T4	2,06a	1,85a	2,29a	2,21a	1,22a	1,93a	1,15a	1,56a	1,70a	1,42a	0,94a	1,39ab
Média	1,60	1,26	1,36	1,45	0,89	-	1,46	1,81	1,82	1,56	1,10	-
Condutividade hidráulica saturada (cm d^{-1})												
T1	9,26a	8,69a	8,67a	9,52a	8,18a	8,86a	6,96a	7,96a	6,76a	7,25a	6,77a	7,14a
T2	9,47a	9,20a	8,28a	6,27a	9,67a	8,58a	6,74a	7,02a	6,82a	6,72a	6,76a	6,81a
T3	8,57a	7,27a	9,86a	8,12a	9,61a	8,69a	6,75a	6,72a	6,68a	7,00a	7,16a	6,86a
T4	4,81a	4,25a	3,13a	5,46a	3,05a	4,14b	6,18a	6,52a	7,31a	6,44a	7,05a	6,70a
Média	8,03	9,80	7,48	7,34	7,63	-	6,66	7,05	6,89	6,85	6,93	-

Trat. = tratamento; T1 = Sistema Silvipastoril Intensivo com Leucena (SSI/L); T2 = Sistema Silvipastoril Intensivo com Tithonia (SSI/T); T3 = Sistema Silvipastoril (SSP); T4 = Sistema de Pastejo Irrigado (PI). As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,10$)

Dos quatros sistemas, nenhum apresentou aumento de Ds e diminuição de MaP, caracterizando compactação na camada 0,05-0,10 m, provavelmente porque os sistemas silvipastoris intensivos implantados com a presença de arbustos em consórcio com gramíneas evitam que os animais transitem em grande parte da área mantendo boa infiltração de água no solo (RIVERA et al., 2013). Além disso, segundo Reichardt et al. (2003), uma lotação animal de até 1.500 kg ha^{-1} não foi capaz de provocar alterações na Ds e MaP que provocasse restrição ao desenvolvimento radicular, e a lotação anual média implantada na área de estudo foi de $1.259,5 \text{ kg ha}^{-1}$, ou seja, menor que 1.500 kg ha^{-1} . Verificou-se na primeira camada

0,00-0,05 m e nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m com os respectivos valores de 2,05 MPa, 2,29 MPa e 2,21 MPa, respectivamente, no sistema rotacionado ao pleno sol (T4) valores acima de 2,0 MPa, considerado por Reichardt et al. (2003) um valor crítico para o crescimento radicular (Tabela 2). Mas, em relação à média da RP entre os tratamentos os valores ficaram abaixo desse valor crítico. No geral, os sistemas integrados promoveram maior condutividade hidráulica saturada do solo que o sistema de pastejo irrigado (Tabela 2). Segundo Mesquita e Moraes (2004) a condutividade hidráulica saturada depende da continuidade dos poros preenchidos com água e a geometria dependente da forma, distribuição e continuidade desses poros.

CONCLUSÕES: De maneira geral, o uso do sistema silvipastoril intensivo com leucena e tithonia, promoveram menores valores de densidade de solo e resistência do solo à penetração e maior valor de macroporosidade em relação aos sistemas silvipastoril e pastagem irrigada.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a CAPES, Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP) e a administração da fazenda Takaoka pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- ABIEC. Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da Pecuária Brasileira**. 2021, 60 p.
- BATISTA, P. H. D.; ALMEIDA, G. L. P.; SILVA, J. L. B.; LINS, F. A. C.; SILVA, M. V.; CORDEIRO JUNIOR, J. J. F. Hydro-physical properties of soil and pasture vegetation coverage under animal trampling. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.12, p.854-860, 2020.
- CHERUBIN, M. R.; CHAVARRO-BERMEJO, J. P.; SILVA-OLAYA, A. M. Agroforestry systems improve soil physical quality in northwestern Colombian Amazon. **Agroforestry Systems**, v.93, p.1741-1753, 2019.
- KAIRIS, O.; KARAVITIS, C.; LUCA SALVATI, L.; KOUNALAKI, A.; KOSTAS KOSMAS, K. Exploring the impact of overgrazing on soil erosion and land degradation in a Dry Mediterranean Agro-Forest landscape (Crete, Greece). **Arid Land Research and Management**, v.29, n.3, p.360-374, 2015.
- KOPI, A. J.; DOUGLAS, J. T. A rapid, inexpensive and quantitative procedure for assessing soil structure with respect to cropping. **Soil Use and Management**, v.7, n.1, p.52-56, 1991.
- MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.963-969, 2004.
- REICHARDT, K.; DOURADO-NETO, D.; TIMM, L. C.; BASANTA, M. V.; CAVALCANTE, L. F.; TERUEL, D. A.; BACCHI, SANTOS, O. O.; TOMINAGA, T. T.; CERRI, C. C.; TRIVELIN, P. C. O. Management of crop residues for sustainable crop production. IAEA-TECDOC, v.1354, p.149-169, 2003.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v.102, n.2, p.242-254, 2009.
- RIVERA, L.; ARMBRECHT, I.; CALLE, Z. Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.181, p.188-194, 2013.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3ª Ed Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.