

## ATRIBUTOS DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

REBEKA P. GONÇALVES<sup>1</sup>, ZIGOMAR M. SOUZA<sup>2</sup>, LEILA P. BEZERRA<sup>3</sup>,  
OSWALDO V. SERRANO JÚNIOR<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, r261335@dac.unicamp.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, zigomarms@feagri.unicamp.br

<sup>3</sup>Doutora em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, leilapires02@gmail.com

<sup>4</sup>Mestre em Engenharia Agrícola, UNICAMP/FEAGRI, Campinas-SP, jucavius@gmail.com

**RESUMO:** A degradação ambiental causada pela agricultura convencional, que utiliza comumente a monocultura e o cultivo a pleno sol, está cada vez mais nítida. Um modelo mais sustentável para o setor agrícola é estritamente necessário e pode estar pautado nos Sistemas Agroflorestais (SAF). Portanto, esse trabalho teve como objetivo avaliar a resistência do solo à penetração e estoque de carbono no solo sob cultivo de Laranja Rubi em Sistemas Agroflorestais (SAF), sob diferentes níveis de sombreamento natural. O estudo foi realizado na Fazenda da Toca, localizada no município de Itirapina, estado de São Paulo, e o delineamento experimental da área foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos e três repetições, totalizando doze parcelas. Os tratamentos definidos foram: T0% – citros sem sombreamento; T60% – SAF citros com 60% de sombreamento; T80% – SAF citros com 80% de sombreamento; T100% – SAF citros com 100% de sombreamento. Os atributos do solo analisados foram a resistência do solo à penetração e estoque de carbono, nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m na linha de plantio e entrelinha. Na média, as linhas de plantio obtiveram melhores resultados do que as entrelinhas, apresentando menor resistência do solo à penetração e maior estoque de carbono, demonstrando o efeito da cobertura do solo e menor impacto da mecanização. Os Sistemas Agroflorestais com sombreamento moderado (60% e 80%), estocaram mais carbono no solo, na camada 0,10-0,20 m, no terceiro ano da pesquisa, quando comparados aos tratamentos com 0% e 100% de sombreamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** saúde do solo, estoque de carbono no solo, cultivo de laranja.

## SOIL ATTRIBUTES IN AN AGROFORESTRY SYSTEM UNDER DIFFERENT SHADING LEVELS

**ABSTRACT:** The environmental degradation caused by conventional agriculture, which commonly uses monoculture and full sun cultivation, is increasingly clear. A more sustainable model for the agricultural sector is strictly necessary and can be based on Agroforestry Systems (SAF). Therefore, this work aimed to evaluate soil resistance to penetration and carbon stock in the soil under Ruby Orange cultivation in Agroforestry Systems (SAF), under different levels of natural shading. The study was carried out at Fazenda da Toca, located in the municipality of Itirapina, state of São Paulo, and the experimental design of the area was carried out in randomized blocks, with four treatments and three replications, totaling twelve plots. The defined treatments were: T0% – citrus without shading; T60% – AFS citrus with 60% shading; T80% – AFS citrus with 80% shading; T100% – AFS citrus with 100% shading. The analyzed soil attributes were soil resistance to penetration and carbon stock, at depths of 0.00-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m in the planting row and between rows. On average, the planting lines obtained better results than the inter-rows, with lower soil resistance to penetration and higher carbon stock, demonstrating the effect of soil cover and lower impact of mechanization. Agroforestry systems with moderate shading (60% and 80%)

stored more carbon in the soil, in the 0.10-0.20 m layer, in the third year of the research, when compared to treatments with 0% and 100% shading.

**KEYWORDS:** soil health, carbon stock in soil, orange cultivation.

**INTRODUÇÃO:** A conversão de florestas nativas em áreas agrícolas com preparo convencional do solo promove mudanças negativas nos atributos do solo e nos serviços ecossistêmicos (CELENTANO et al., 2017). Processos como a perda significativa de carbono (DURIGAN et al., 2017), o aumento da densidade do solo e resistência do solo à penetração e redução do espaço poroso, estabilidade de agregados e infiltração de água intensificam os riscos de erosão do solo (DE STEFANO; JACOBSON, 2017). Nesse contexto tem sido pesquisado com o intuito de se identificar sistemas de manejo que promovam aumento da qualidade do solo, como o sistema plantio direto (OLDFIELD et al., 2019), integração lavoura-pecuária (ZAGO et al., 2020), integração lavoura-pecuária-floresta (ZAGO et al., 2020) e sistemas agrofloretais (CHERUBIN et al., 2019), caracterizados principalmente pela combinação de espécies florestais com cultivos agrícolas e adicionados ou não às atividades pecuárias (CHERUBIN et al., 2019). Um importante elemento das agroflorestras é a intensa dinâmica do carbono orgânico do solo, haja vista que pesquisas recentes têm apontado que os SAF conservam, e até mesmo aumentam, os estoques de carbono do solo, em comparação com outros sistemas menos complexos, como pastagem e plantio convencional e também diminui a resistência do solo à penetração (MARÇAL et al., 2022). Portanto, esse trabalho teve como objetivo avaliar atributos físicos e estoque de carbono no solo sob cultivo de Laranja Rubi em Sistemas Agrofloretais (SAF), sob diferentes níveis de sombreamento natural.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado em condições de campo na Fazenda da Toca, situada nas coordenadas geográficas de 22°12' de latitude sul e 47°44' de longitude oeste, com altitude aproximada de 800 m, localizada no município de Itirapina, estado de São Paulo. O clima da região é considerado tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno (Cwa) segundo a classificação de Köppen. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico arenoso. O plantio das espécies arbóreas nativas e exóticas de sombreamento ocorreu em janeiro de 2018, com mudas em tubete. Os tratamentos dos experimentos são: T1 - citros sem sombreamento; T2 - SAF citros com 60% de sombreamento; T3 - SAF citros com 80% de sombreamento; T4 - SAF citros com 100% de sombreamento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro tratamentos e três repetições, totalizando doze parcelas com dimensões de 62 x 8 m e área útil de 4.960 m<sup>2</sup> cada, totalizando 59.520 m<sup>2</sup>. A determinação da resistência do solo à penetração, foi realizada por meio de um penetrômetro eletrônico de bancada da marca MARCONI modelo MA 933 (MARCONI<sup>®</sup>) de acordo com Otto et al. (2011). A determinação dos teores de carbono (C) foi realizada por combustão a seco usando um analisador elementar e os estoques foram calculados com base em massa equivalente, de acordo com a metodologia proposta por Ellert e Bettany (1995). Por fim, para avaliar o efeito dos diferentes tratamentos realizou-se amostragens de solo e os valores de resistência do solo à penetração e estoque de carbono foi obtido nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m na linha de plantio e entrelinha e foram submetidos ao teste de média Tukey ( $p \leq 0,05$ )  $\pm$  desvio padrão.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A resistência do solo à penetração (RP) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e camadas avaliadas (Tabela 1). O maior valor de RP foi de 3,81 MPa no tratamento T0%, na camada 0,20-0,40 m, na entrelinha, enquanto o menor valor foi de 0,02 MPa, no tratamento T60%, na camada 0,00-0,10 m na linha de

plantio. Valores de RP acima de 2,5 MPa começam a restringir o pleno crescimento das raízes da maioria das plantas (CANARACHE, 1990). A RP apresentou valores críticos, nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m na entrelinha no T0%. De acordo com Dedecek e Gava (2005), o ponto de máxima compactação acontece no solo argiloso na camada de 0,10-0,20 m e no solo arenoso na camada de 0,20-0,30 m. As linhas de plantio não apresentaram valores críticos, em nenhuma camada, demonstrando que a cobertura do solo, nas leiras, contribuiu para melhor qualidade do solo.

**Tabela 1.** Resistência do solo à penetração (MPa) em Neossolo Quartzarênico em diferentes camadas, locais e tratamentos, na área experimental em Itirapina, São Paulo, Brasil.

Tratamentos	0,00-0,10		0,10-0,20		0,20-0,40	
	LP	EL	LP	EL	LP	EL
Resistência do solo à penetração						
T0%	0,12 Aa	0,47 Aa	0,54 Ab	3,53 Aa	1,13 Ab	3,81 Aa
T60%	0,02 Ab	0,43 Aa	0,37 Aa	2,15 Aa	0,71 Ab	3,30 Aa
T80%	0,04 Aa	0,72 Aa	0,47 Aa	2,35 Aa	0,86 Aa	2,82 Aa
T100%	0,11 Aa	0,48 Aa	0,62 Ab	3,09 Aa	1,00 Ab	3,62 Aa
Média	0,07	0,53	0,50	2,78	0,92	3,39
Estoque de carbono						
T0%	15,75 Aa	13,68 Aa	9,63 BA	9,78 ABa	17,11 Aa	19,74 Ab
T60%	20,49 Aa	13,94 Ab	14,68 Aa	10,01 ABa	16,82 Aa	16,36 Aa
T80%	19,82 Aa	13,57 Aa	11,44 ABa	11,9 Aa	19,76 Aa	16,98 Aa
T100%	14,76 Aa	10,33 Aa	10,16 ABa	9,29 Ba	16,03 Aa	15,80 Aa
Média	17,70	12,88	11,48	10,24	17,43 Aa	17,22

T0% = citros a pleno sol; T60% = SAF citros com 60% de sombreamento; T80% = SAF citros com 80% de sombreamento; T100% = SAF citros com 100% de sombreamento; LP = linha de plantio; EL = entrelinha. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical ou por letra minúscula na horizontal não diferem entre si (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

O estoque de carbono (EC) do solo foi analisado nas mesmas camadas da resistência do solo à penetração (0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), conforme Tabela 1. O EC apresentou diferenças significativas entre os tratamentos na camada 0,10-0,20 m, sendo que o T60% obteve maior EC com 14,67 Mg ha<sup>-1</sup> em relação ao T0% com 9,62 Mg ha<sup>-1</sup> na linha e T80% obteve maior EC com 11,90 Mg ha<sup>-1</sup> do que o T100% com 9,29 Mg ha<sup>-1</sup> na entrelinha. Os demais tratamentos não apresentaram diferenças entre si. Comparando o EC na linha e entrelinha, no mesmo tratamento, houve diferença com significância estatística, na camada 0,00-0,10 m, no tratamento T60% com teor de 20,48 Mg ha<sup>-1</sup> na linha e 13,93 Mg ha<sup>-1</sup> na entrelinha e na camada de 0,20-0,40 m, no tratamento T0% com 17,11 Mg ha<sup>-1</sup> na linha e 19,73 Mg ha<sup>-1</sup> na entrelinha. Marçal et al. (2022), estudando Sistemas Agroflorestais para pecuária e fruticultura em Itirapina (SP), em comparação com outros sistemas de manejo, constataram que o SAF para fruticultura apresentou valores médios mais elevados de estoque de carbono do solo nas camadas superficiais, com valores de 7,73 e 7,09 Mg ha<sup>-1</sup> nas camadas 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m, respectivamente. Os estoques de carbono no presente estudo foram maiores nas linhas de plantio do que nas entrelinhas. Cardinael et al. (2017) obtiveram os mesmos resultados em SAF na França, especialmente na camada 0,00-0,10 m, indicando que o manejo destas linhas deve ser um fator chave no incremento da capacidade de estocar carbono. Os autores afirmam que os estoques de carbono do solo são maiores sobretudo nas linhas das árvores de SAF e principalmente nos 0,30 m superiores do solo.

**CONCLUSÕES:** Na média, as linhas de plantio obtiveram melhores resultados do que as entrelinhas, apresentando menor resistência do solo à penetração e maior estoque de carbono,

demonstrando o efeito da cobertura do solo e menor impacto da mecanização. Os Sistemas Agroflorestais com sombreamento moderado (60% e 80%), estocaram mais carbono no solo, na camada 0,10-0,20 m, quando comparados aos tratamentos com 0% e 100% de sombreamento.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (processo 2021/11764-8) pela concessão de bolsa ao primeiro autor e a Fazenda do Toca e Grupo Rizoma pela disponibilidade do espaço para realização da pesquisa e financiamento do trabalho.

#### **REFERÊNCIAS:**

- CANARACHE, A. PENETR - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil and Tillage Research**, v.16, n.1, p.51-70, 1990.
- CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G. X.; ENGEL, V. L.; ZELARAYAN, M.; OLIVEIRA, E. C.; ARAUJO, A. C. M.; MOURA, E. G. Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in eastern Amazon of Brazil. **Land Degradation and Development**, v.28, n.2, p.482-493, 2017.
- 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.
- DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.3, p.383-390, 2005.
- DE STEFANO, A.; JACOBSON, M. G. Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. **Agroforestry Systems**, v.92, p.285-299, 2018.
- DURIGAN, M.; CHERUBIN, M. R.; CAMARGO, P. B.; FERREIRA, J. N.; BERENQUER, E.; GARDNER, T. A.; BARLOW, J.; DIAS, C. T. S.; SIGNOR, D.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; CERRI, C. E. P. Soil organic matter responses to anthropogenic forest disturbance and land use change in the Eastern Brazilian Amazon. **Sustainability**, v.9, n.3, p.1-16, 2017.
- ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, p.529-538, 1995.
- MARÇAL, M. F.M.; SOUZA, Z. M.; TAVARES, R. L. M.; FARHATE, C. V. V.; MONTEIRO JÚNIOR, R. E.; LIMA, E. S.; LOVERA, L. H. Potential use of Quartzipsamment under agroforestry and silvopastoral system for large-scale production in Brazil. **Agronomy**, v.12, p.1-15, 2022.
- OLDIFIELD, E. E.; BRADFORD, M. K.; WOOD, S. A. Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. **Soil**, v.5, n.1, p.15-32, 2019.
- OTTO, R.; SILVA, A. P.; FRANCO, H. C. J.; OLIVEIRA, E. C. A.; TRIVELIN, P. C. O. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. **Soil and Tillage Research**, v.117, p.201-210, 2011.
- ZAGO, L. M. S.; RAMALHO, W. P.; SILVA-NETO, C. M.; CARAMORI, S. S. Biochemical indicators drive soil quality in integrated crop-livestock-forestry systems. **Agroforestry Systems**, v.94, n.6, p.2249-2260, 2020.
- CARDINAEL, R.; CHEVALLIER, T.; CAMBOUAD, A.; BÉRAL, C.; BARTHÈS, B. G.; DUPRAZ, C.; DURAND, C.; KOUAKOUA, E.; CHENU, C. Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.236, p.243-255, 2017.