

## ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO SILVIPASTORIS REGENERATIVOS

OSVALDO VIU SERRANO JÚNIOR<sup>1</sup>, ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA<sup>2</sup>,  
EURIANA MARIA GUIMARÃES<sup>3</sup>, DIEGO ALEXANDER AGUILERA ESTEBAN<sup>4</sup>,  
LEILA PIRES BEZERRA<sup>5</sup>, CARLOS TADEU DOS SANTOS DIAS<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP. juca@rizoma.net.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Associado, FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP

<sup>3</sup>Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola (Água e solo), FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP

<sup>4</sup>Engenheiro Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola (Água e solo), FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP

<sup>5</sup>Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola (Água e solo), FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP

<sup>6</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, ESALQ/USP, Piracicaba-SP

Apresentado no  
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021  
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

**RESUMO:** A pecuária brasileira tem grande importância econômica e produz grande impacto ambiental. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar se Sistemas Silvopastoris Intensivos com leucena e tithonia (T1 e T2), aumentam o estoque de carbono quando comparados ao Sistema Silvopastoril, SSP (T3) e Sistema de Pastejo Rotacionado (T4). O experimento foi instalado em 2018, na Fazenda Takaoka, localizada no município de Iaras, estado de São Paulo, em um Latossolo Amarelo Distrófico de textura arenosa. As determinações do teor de carbono orgânico total (C) foram realizadas por combustão a seco usando analisador elementar marca Leco, modelo Truspec CN. O teor de carbono (C) e estoque de carbono (EC) foram avaliados nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Os dados foram analisados em uma abordagem univariada. O uso de sistemas silvipastoris consorciados com arbustivas apresentaram maiores valores no incremento médio de estoque de carbono se comparados aos sistemas produtivos de gramíneas sem consórcio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Integração lavoura-pecuária (ILP), saúde do solo, sistema rotacionado.

### SOIL CARBON STOCK OF DIFFERENT REGENERATIVE SILVIPASTORAL PRODUCTION SYSTEMS

**ABSTRACT:** Brazilian livestock is of great economic importance and has a great environmental impact. Therefore, the aim of this study was to evaluate whether Intensive Silvopastoral Systems with leucaena and tithonia (T1 and T2) increase the carbon stock when compared to the Silvopastoral System, SSP (T3) and Rotated Grazing System (T4). The experiment was installed in 2018, at Fazenda Takaoka, located in the municipality of Iaras, state of São Paulo, in a Yellow Dystrophic Latosol with sandy texture. The determinations of the total organic carbon content (C) were carried out by dry combustion using an elemental analyzer brand Leco, model Truspec CN. The carbon content (C) and carbon stock (CS) were evaluated in the layers 0.00-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m. Data were analyzed using a univariate approach. The use of silvipastoral systems intercropped with shrubs showed higher values in the average increment of carbon stock compared to productive systems of grasses without intercropping.

**KEY WORDS:** Crop-livestock integration (CLI), soil health, rotation system.

**INTRODUÇÃO:** Com alta representatividade no PIB, o Brasil possui o maior rebanho bovino do mundo, com 213,68 milhões de cabeças e é o maior exportador mundial de carnes. Apesar das mudanças tecnológicas na pecuária, sua produtividade ainda é baixa, ocupando 162,53 milhões de hectares com lotação animal média de 1,31 cabeças ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e produtividade de 4,4 @ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (ABIEC, 2020). De acordo Powlson et al. (2011), gerenciar o carbono orgânico do solo (C) é importante, pois a matéria orgânica do solo tem influência nos atributos físico-químico e biológicos do solo, relevantes para o funcionamento do agroecossistema e crescimento das plantas. De acordo com a FAO (2006), as pastagens produtivas, bem manejadas, representam a segunda maior fonte potencial global de sequestro de carbono (C), com capacidade de retirar da atmosfera 1,7 bilhão de t de C por ano, ficando atrás somente das florestas. Mudanças nos sistemas de produção são necessárias para que haja sequestro de carbono sendo que possíveis abordagens incluem consorciação com plantas perenes em sistemas agroflorestais (POWLSON et al., 2011). Portanto, pela expressiva área, baixa produtividade animal e degradação de solo da pecuária, é de fundamental importância estudar o estoque de carbono de diferentes sistemas pecuários e de manejo rotacionado com a presença de árvores e arbustos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar se Sistemas Silvopastoris Intensivos com leucena e tithonia (T1 e T2), aumentam o estoque de carbono e a produtividade animal quando comparados aos Sistema Silvopastoril, SSP (T3) e Sistema de Pastejo Rotacionado (T4), em Latossolo Amarelo Distrófico de textura arenosa.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado na Fazenda Takaoka em Iaras, no estado de São Paulo, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi aleatorizado, com quatro sistemas de produção pecuária e quatro repetições. Os sistemas avaliados foram: T1 – SSPI de gramínea em consórcio com *Leucaena leucocephala* (cv. Cunningham); T2 – SSPI de gramínea em consórcio com *Tithonia diversifolia*; T3 – Sistema Silvopastoril (SSP) com gramínea; T4 – Sistema de Pastejo Rotacionado (SR), todos com gramínea *Panicum maximum* (cv. BRS Zuri) e renques de espécies arbóreas a cada 20 m. Os renques de espécies arbóreas (Faixas Florestais – FF) foram compostos por *Khaya ivorenses*, *Leucaena leucocephala* (cv. Cunningham), *Eucalyptus urograndis*, *Acacia mangium* e *Gliricidia sepium*. Os locais de amostragem para os sistemas T1 e T2 corresponderam à linha de leucena e de tithonia e à entrelinha das gramíneas, no sistema T3 a amostragem foi feita na região das gramíneas e na faixa florestal (FF) e no sistema T4 a coleta de amostras foi realizada na área ocupada pela gramínea. As determinações do teor de carbono orgânico total (C) foram realizadas por combustão a seco usando analisador elementar marca Leco, modelo Truspec CN. Os estoques de carbono (EC) foram calculados para as profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m e para as profundidades acumuladas até 0,05, 0,40 e 0,60 m. Foram corrigidas em massa equivalente, usando os resultados das análises de caracterização da área em 2018, considerando que haja variações de densidade nas diferentes áreas de estudo, usando equação proposta por (BAYER et al., 2000). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando o teste F foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os maiores valores de Estoque de Carbono (EC) nas camadas mais profundas de solo (0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m) em relação às mais superficiais (Tabela 1), podem ser explicados pela maior massa de solo usada no cálculo do EC. Camadas mais profundas, 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m, apresentam espessura (h) de 0,20 m de profundidade, versus espessura 0,05 m e 0,10 m de profundidade das camadas mais superficiais (0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m). E maiores densidades de solo (Ds) nas camadas 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m, 1,72 e 1,56 kg dm<sup>-3</sup>, versus 1,30 e 1,36 kg dm<sup>-3</sup> das camadas mais superficiais (0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m), caracterização da área em 2018. Considerando que EC= (C x Ds x h) /10, em que o EC, representa o carbono acumulado (Mg ha<sup>-1</sup>); CO, indica o

teor de carbono na camada ( $\text{g kg}^{-1}$ ); Ds, a densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) e o h a espessura da camada em análise (m), quanto maior a espessura (h) maior o EC (BAYER et al., 2000). Considerando a mesma espessura (h) do solo analisado para o cálculo de EC nas camadas profundas e superficiais, o EC seria maior nas camadas superficiais. Visto que os teores de carbono (C) nas camadas superficiais foram significativamente maiores em relação às camadas mais profundas, 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m (0,93, 0,88 e 0,66  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente) e 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m (0,53 e 0,48  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente) (Tabela 1). Os resultados obtidos por Freitas et al. (2018), também demonstraram que os teores de carbono são maiores nas camadas superficiais e, decrescem com a profundidade.

TABELA 1. Carbono orgânico do solo (C) e estoque de carbono (EC), na área experimental em Iaras, no Estado de São Paulo, Brasil.

Camada (m)	Ano 2019						Ano 2020					
	T1	T2	T3	T4	FF	Média	T1	T2	T3	T4	FF	Média
Carbono Orgânico Total ( $\text{g kg}^{-1}$ )												
0,00-0,05	0,92a	0,90a	0,91a	0,91a	0,87a	0,9	0,96a	0,95a	0,96a	0,95a	1,00a	0,96
0,05-0,10	0,89ab	0,88ab	1,01a	0,87ab	0,75b	0,88	0,92a	0,93a	0,79a	0,98a	0,82a	0,89a
0,10-0,20	0,61a	0,65a	0,68a	0,76a	0,63a	0,66	0,69a	0,66a	0,65a	0,71a	0,66a	0,67a
0,20-0,40	0,51a	0,52a	0,56a	0,58a	0,56a	0,55	0,52a	0,52a	0,51a	0,47a	0,52a	0,51
0,40-0,60	0,46a	0,55a	0,47a	0,48a	0,49a	0,49	0,47a	0,52a	0,48a	0,44a	0,48a	0,48
Média	0,53	0,58	0,57	0,61	0,56	-	0,71	0,72	0,68	0,71	0,7	-
Estoque de Carbono ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )												
0,00-0,05	5,97a	5,86a	5,95a	5,95a	5,67a	5,88	6,26a	6,16a	6,25a	6,16a	5,85a	6,14
0,05-0,10	6,14ab	6,06ab	7,00a	6,01ab	5,17b	6,07	6,36a	6,41a	5,46a	6,74a	5,63a	6,12
0,10-0,20	10,3a	11,0a	11,4a	12,7a	10,6a	11,17	11,6a	11,1a	10,9a	11,8a	11,1a	11,31
0,20-0,40	17,8a	18,3a	19,5a	20,1a	19,5a	19,04	17,9a	18,0a	17,7a	16,3a	18,2a	17,65
0,40-0,60	14,6a	17,3a	14,7a	15,2a	15,2a	15,41	14,7ab	16,4a	15,2ab	13,7b	15,0ab	15,01
Média	10,95	11,68	11,69	12	11,25	-	11,37	11,64	11,11	10,95	11,16	-

T1 = Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPI com leucena); T2 = Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPI com tithonia); T3 = Sistema Silvopastoril (SR); T4 = Sistema de Pastejo Rotacionado (SR); FF = Faixa Florestal. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para ampliar a compreensão a respeito do comportamento do estoque de carbono do solo nos diferentes sistemas de produção pecuária foi calculado os estoques acumulados nas seguintes profundidades 0,00-0,05 m, 0,00-0,40 m e 0,00-0,60 m (Tabela 2). Comparando o estoque de carbono do solo dos diferentes sistemas silvopastoris nos anos de 2019 e 2020, o SSPI com leucena foi o único tratamento que apresentou incremento médio de estoque de carbono (IMCA) de um ano para o outro na profundidade de 0,0-0,60 m (2,08  $\text{Mg C ha}^{-1}$ ). Somente os tratamentos T1 e T2 tiveram incremento médio anual de EC até 0,0-0,40 m de profundidade (1,95 e 0,63  $\text{Mg ha}^{-1}$ , respectivamente). Os tratamentos T3 e T4 tiveram perda de estoque de carbono de um ano para outro até 0,40 m de profundidade (3,46 e 3,70  $\text{Mg ha}^{-1}$ , respectivamente). A maior perda de estoque de carbono foi obtida no SR até 0,6 m de profundidade (5,24  $\text{Mg ha}^{-1}$ ). Não foram constatadas diferenças significativas no incremento médio de estoque de carbono entre os tratamentos nas diferentes profundidades de solo analisadas. Estes resultados estão próximos aos encontrados por Carvalho et al. (2010), em sistemas de integração lavoura-pecuária em região tropical, bioma do Cerrado, que apresentaram incremento médio anual variando de 0,82 a 2,58  $\text{Mg C ha}^{-1}$ . Salimon et al. (2007) relatam que em área com a introdução da pastagem os estoques de carbono no solo podem decrescer nos primeiros anos da implantação, no entanto o estoque deve aumentar nos anos seguintes, até atingir valores próximos ou superiores aos existentes antes da implantação.

TABELA 2. Teor médio de carbono orgânico (C – g kg<sup>-1</sup>), estoque de carbono (EC – Mg ha<sup>-1</sup>) e incremento médio de estoque de carbono (IMCA – Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), em diferentes camadas e sistemas silvipastoris, no município de Iaras, São Paulo, Brasil.

Tratamentos	Profundidades (m)	Carbono	EC2019	EC2020	IMCA
T1	0,00-0,05	0,94	5,96 aA	6,26 aA	0,29 A
T1	0,00-0,40	0,75	40,15 aA	42,11 aA	1,95 A
T1	0,00-0,60	0,69	54,74 aA	56,82 aA	2,08 A
T2	0,00-0,05	0,92	5,77 aA	6,23 aA	0,45 A
T2	0,00-0,40	0,75	41,10 aA	41,73 aA	0,63 A
T2	0,00-0,60	0,70	58,40 aA	58,18 aA	-0,22 A
T3	0,00-0,05	0,93	5,94 aA	6,25 aA	0,30 A
T3	0,00-0,40	0,75	43,79 aA	40,32 aA	-3,46 A
T3	0,00-0,60	0,70	58,46 aA	55,54 aA	-2,91 A
T4	0,00-0,05	0,93	5,94 aA	6,15 aA	0,21 A
T4	0,00-0,40	0,77	44,76 aA	41,06 aA	-3,70 A
T4	0,00-0,60	0,70	59,98 aA	54,74 aA	-5,24 A
FF	0,00-0,05	0,93	5,67 aA	5,84 aA	0,17 A
FF	0,00-0,40	0,72	40,98 aA	40,83 aA	-0,15 A
FF	0,00-0,60	0,67	56,22 aA	55,81 aA	-0,41 A

T1 = Sistema Silvipastoril Intensivo (SSPI com leucena); T2 = Sistema Silvipastoril Intensivo (SSPI com tithonia); T3 = Sistema Silvipastoril (SSP); T4 = Sistema de Pastejo Rotacionado (SR); FF = Faixa Florestal; EC2019 = estoque de carbono em 2019; EC2020 = estoque de carbono em 2020; IMCA = incremento médio de carbono no Ano. As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

**CONCLUSÕES:** Os sistemas silvipastoris entre gramíneas e forrageiras arbustivas, SSPI com leucena e tithonia e faixa florestal, apresentaram maiores valores de incremento médio de estoque de carbono em relação aos sistemas produtivos de gramíneas sem consórcio.

**AGRADECIMENTOS:** À Rizoma Agro pelo apoio logístico para o desenvolvimento do experimento e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo recebimento de bolsa de estudo.

#### REFERÊNCIAS:

- ABIEC. Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da Pecuária Brasileira**. 2020, 50 p.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.599-607, 2000.
- CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; WRUCK, F. J.; CERRI, C.C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil, **Soil and Tillage Research**, v.110, n.1, p.175-186, 2010.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO statistical databases**. Rome, 2006. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 23 de junho. 2021.
- POWLSON, D. S.; GREGORY, P. J.; WHALLEY, W. R.; QUINTON, J. N.; HOPKINS, D. W.; WHITMORE, A. P.; HIRSCH, P. R.; GOULDING, K. W. T. Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. **Food Policy**, v.36, Supplement 1, p.572-587, 2011.
- SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; MELO, A. W. F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em Argissolos da Formação Geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 29-38, 2007.
- 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.