



IV Congresso Brasileiro de  
Sistemas Integrados de  
Produção Agropecuária

e —————  
VIII Encontro de Sistemas Integrados de  
Produção Agropecuária no Sul do Brasil

## TEORES E ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIOS: 14 ANOS NO BIOMA CERRADO<sup>1</sup>

Manuel Claudio Motta Macedo<sup>2</sup>, Roberto Giolo de Almeida<sup>3</sup>, Alexandre Romeiro de Araujo<sup>4</sup>,  
Ademir Fontana<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Projeto financiado pela Embrapa, CNPq, FUNDECT, FINEP, Associação Rede ILPF, IABS.

<sup>2</sup>Pesquisador, PhD, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS. manuel.macedo@embrapa.br

<sup>3,4,5</sup>Pesquisador, Dr. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

**Resumo:** A degradação das pastagens e a emissão de gases de efeito estufa (GEEs) são desafios presentes na agropecuária brasileira. Recuperar pastagens degradadas e propor sistemas de produção mais eficientes na remoção e/ou compensação desses gases é meta prioritária do Brasil como iniciativas de adaptação e mitigação. A manutenção e/ou incremento do carbono do solo (C) são fundamentais para um balanço negativo dessas emissões. Neste trabalho, são apresentados teores e estoques de C no solo em sistemas integrados de lavoura-pecuária (ILP) e lavoura-pecuária-floresta (ILPF), como possíveis alternativas a esses problemas. Foram testados, em um Latossolo do bioma Cerrado, um sistema de ILP e dois sistemas de ILPF. No primeiro, os cultivos foram de lavoura de soja, seguidos por pastagem de *Brachiaria brizantha*, e no segundo e terceiro, cultivo de soja, seguido da pastagem, mas intercalados por linhas simples de eucalipto, espaçadas de 14 e 22 metros, respectivamente. Uma área contígua de vegetação natural (VN) foi utilizada como referência. Os sistemas de ILP e ILPF, diferiram significativamente entre si, para teores e estoques de C, sendo os sistemas ILP e ILPF-22 os mais efetivos no acúmulo de C. ILP foi superior a VN em algumas profundidades. Teores e estoques de C variaram significativamente com a profundidade, em todos os sistemas, decrescendo com a profundidade. Houve interação significativa entre sistemas e anos, assim como efeito entre anos. Conclui-se que sistemas integrados podem ser uma alternativa para a mitigação de GEEs, assim como para a recuperação de pastagens degradadas.

**Palavras-chave:** Manejo do solo; Qualidade do solo; Matéria orgânica; Sistemas integrados.

### Introdução

A degradação das pastagens e a emissão de gases de efeito estufa (GEEs) na agropecuária são desafios para uma produção agropecuária sustentável. Recuperar pastagens degradadas e sistemas de produção mais eficientes na remoção e/ou compensação desses gases é meta prioritária do Brasil na agenda de várias políticas públicas (BRASIL,2021). A manutenção e/ou acréscimo dos estoques de carbono do solo (C) são fundamentais para a sustentabilidade. Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes sistemas de ILP e ILPF, tendo a vegetação natural como referência, e testar alternativas que possam minimizar as perdas e aumentar os estoques de carbono do solo após a recuperação de pastagens degradadas no bioma Cerrado.



## IV Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária

e  
VIII Encontro de Sistemas Integrados de  
Produção Agropecuária no Sul do Brasil

### Metodologia

O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS, Brasil, bioma Cerrado, pertencente segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, à faixa de transição entre Cfa e Aw tropical úmido, com precipitação média anual de 1.560 mm. O experimento foi conduzido em uma área de pastagem degradada recuperada ( $20^{\circ} 26' S$ ,  $54^{\circ} 43' W$ , 530 m) desde 2008/09 e avaliado até 2022. O solo local é classificado como um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, ácido e com baixa fertilidade. As práticas agrícolas adotadas na área experimental e os resultados de produtividade forrageira, agrícola e animal estão descritos em Oliveira et al. (2014) e Pereira et al. (2019, 2021). Os tratamentos foram os seguintes: ILP (integração lavoura-pecuária (sem árvores), ILPF14-28 (integração lavoura-pecuária-floresta com linha única de árvores, espaçadas de 14 m com 357 árvores ha<sup>-1</sup>, 75% das árvores removidas em 2017, deixando linhas com 28 m de distância e 89 árvores ha<sup>-1</sup>) e ILPF22 (integração lavoura-pecuária-floresta com linhas de árvores espaçadas de 22 m, com 227 árvores ha<sup>-1</sup>, 50% das árvores removidas em 2017, restando 113 árvores ha<sup>-1</sup>) ambos compostos de *Eucalyptus urograndis*, clone H13. A soja foi cultivada convencionalmente em 2008/09 e em plantio direto em 2012/13 e 2017/2018. Pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã foram cultivadas entre eucaliptos, após a soja. Dois transectos em linhas (uma próxima às linhas de árvores e outra entre as linhas), compostas por 10 amostras únicas de solo/transecto, foram coletadas em diferentes profundidades: 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20; 20 a 30 e 30 a 50 cm, e analisadas para C total em um autoanalizador LECO CN628. Uma equação para estimar a densidade do solo (DS) para todos os anos foi estabelecida para calcular os estoques e de carbono do solo: DS = 1,2898 - (0,0131\*Argila) - (0,10868\*Carbono) + (0,1240\*pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub>) (MACEDO et al., 2021). Os dados de estoques de carbono, obtidos por meio desses cálculos, foram corrigidos pela DS da vegetação nativa (CARVALHO et al., 2009). A análise estatística seguiu um delineamento de blocos ao acaso, sendo os tratamentos distribuídos em sub-parcelas, com os sistemas de produção alocados na parcela principal, as profundidades do solo nas sub-parcelas, e os anos nas sub-sub parcelas. As médias dos efeitos principais foram testadas segundo o teste de Waller Duncan, a nível de 5% de probabilidade.





## Resultados e Discussão

Os teores e estoques de C do solo apresentaram diferenças significativas entre sistemas de produção e anos ( $p<0,001$ ), com interação entre anos e sistemas ( $p<0,05$ ), vide comparação de médias dos efeitos principais na Tabela 1. Resultados semelhantes foram observados por ALMEIDA et al. (2023), na profundidade de 0 a 20 cm. A menor produtividade de biomassa de forragem do ICLF14-28 observada no local por PEREIRA et al. (2021) e, consequente menor sistema radicular, pode ter contribuído para menores teores de C nos sistemas de ILPF. O espaçamento entre linhas de árvores de 22 m favoreceu a produção de forragem, em comparação ao ICLF14-28. A remoção de árvores no ILPF14-28, com espaçamento de 28 m, não foi tão eficaz quanto o esperado, provavelmente, devido a incêndio acidental em algumas parcelas em 2019 que comprometeu o manejo da pastagem. Foram observados efeitos significativos entre os anos ( $p<0,0001$ ) nos teores e estoques de C, provavelmente devido à variação na precipitação, temperatura e manejo do solo relacionados às operações agrícolas e pecuárias. Os estoques de C do solo medidos de 2008 a 2022 (Figuras 1 e 2) foram altamente significativos ( $p<0,0001$ ) entre sistemas e anos, assim como a interação entre eles ( $p<0,05$ ). O ILP atingiu, em 2022, estoques de C de  $94,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ , em comparação ao ILPF22 e ILPF14-28, com  $85,9$  e  $75,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente. Maiores estoques de C para o ILP são atribuídos à maior permanência da forragem a pleno sol e à textura argilosa do solo. Os estoques de C calculados para diferentes profundidades apresentados nas Figuras 1 e 2, permitem comparação entre vários critérios que consideram o C do solo como potencial alternativa de mitigação.

**Tabela1.** Teores porcentuais de C no solo, média de cinco profundidades, de 0 a 50 cm, em diferentes sistemas integrados de produção e na vegetação nativa (VN).

SIST.	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	Média
<b>g C total /100 g de solo</b>									
<b>ILP</b>	<b>1,76</b>	<b>1,68</b>	<b>1,71</b>	<b>1,70</b>	<b>1,86</b>	<b>1,84</b>	<b>1,79</b>	<b>1,85</b>	<b>1,78A</b>
<b>ILPF22</b>	<b>1,65</b>	<b>1,62</b>	<b>1,56</b>	<b>1,52</b>	<b>1,77</b>	<b>1,66</b>	<b>1,63</b>	<b>1,76</b>	<b>1,65B</b>
<b>ILPF14-28</b>	<b>1,37</b>	<b>1,36</b>	<b>1,30</b>	<b>1,27</b>	<b>1,44</b>	<b>1,34</b>	<b>1,30</b>	<b>1,38</b>	<b>1,34C</b>
<b>Média</b>	<b>1,59bc</b>	<b>1,55de</b>	<b>1,52ef</b>	<b>1,50f</b>	<b>1,69a</b>	<b>1,61b</b>	<b>1,57cd</b>	<b>1,66a</b>	<b>1,59</b>
<b>VN</b>	<b>1,96</b>	<b>1,98</b>	<b>2,08</b>	<b>1,79</b>	<b>1,96</b>	<b>1,90</b>	<b>1,89</b>	<b>1,92</b>	<b>1,93</b>

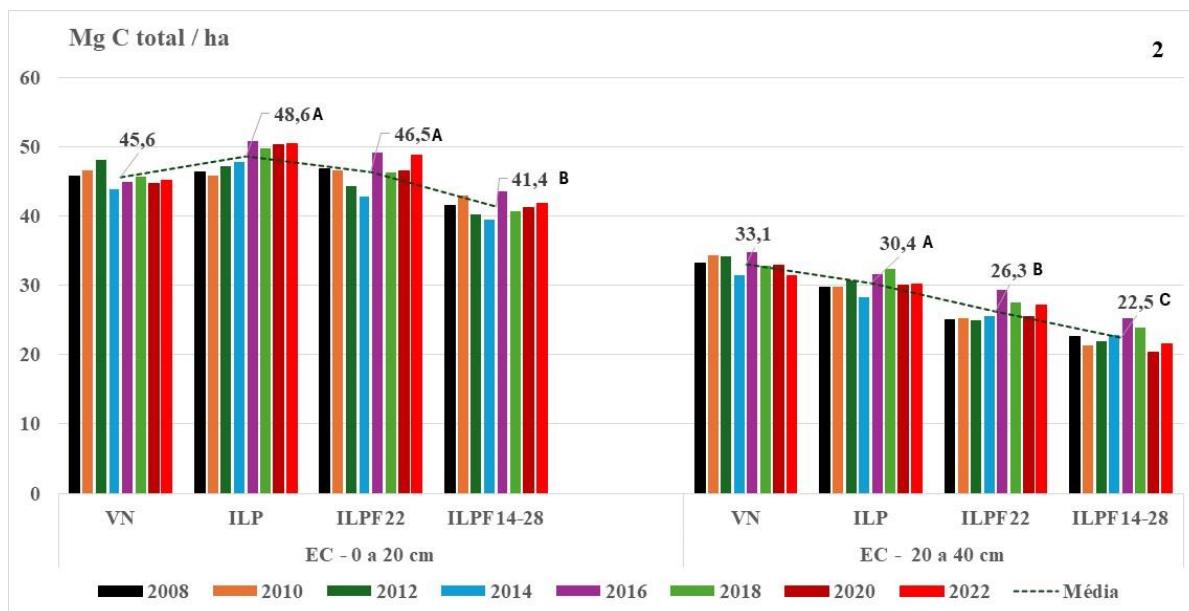
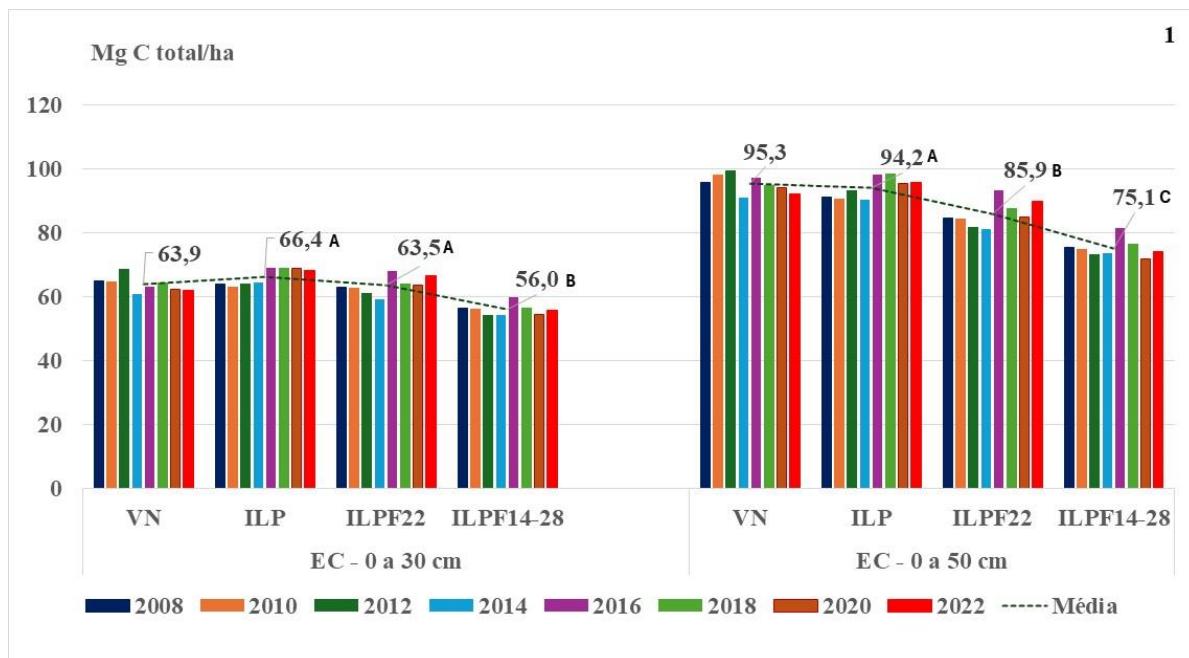
Valores com as mesmas letras nas linhas ou nas colunas não são significativos, quando comparados pelo teste de Waller Duncan a 5% de probabilidade.



**IV Congresso Brasileiro de  
Sistemas Integrados de  
Produção Agropecuária**

VIII Encontro de Sistemas Integrados de  
Produção Agropecuária no Sul do Brasil

**Figuras 1 e 2.** Estoques de C, em diferentes profundidades do solo e em diferentes sistemas integrados de produção e na vegetação nativa (VN).



Médias dos sistemas com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Waller Duncan a 5% de probabilidade. Dados da VN utilizados apenas como referência de equivalência de massa de solo.





## IV Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária

e \_\_\_\_\_  
VIII Encontro de Sistemas Integrados de  
Produção Agropecuária no Sul do Brasil

### Conclusões

O sistema ILP apresenta maiores teores e estoques de C no solo, em comparação aos sistemas ILPF22 e ILPF14-28, respectivamente, após 14 anos de manejo do solo. Devido à menor competição por luz, água e nutrientes, o sistema ILP pode ser uma fonte maior de matéria orgânica para o carbono do solo do que sistemas de ILPF, sobretudo nesses arranjos espaciais entre as árvores. O ILP é um sistema promissor para auxiliar na mitigação de gases de efeito estufa na produção pecuária de baixo carbono, quando se considera apenas o carbono do solo.

### Referências

ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R. Soil carbon concentration and soil carbon stocks in integrated crop-livestock and crop-livestock-forestry systems in the Brazilian Cerrado - 14 years of establishment. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 4, 2023, Bento Gonçalves, RS. **Conference Proceedings...** Bento Gonçalves, RS: Aliança SIPA, 2023. v. 1. p. 242-247

CARVALHO, J. L. N; CERRI, C. E. P; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil and Tillage Research**, v. 103, p. 342-349, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. Brasília, DF: MAPA, 2021.

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R.; ALMEIDA, R. G. Soil carbon stocks in integrated crop-livestock and crop-livestock-forest systems in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS, 2, 2021. **Proceedings...** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2021. p. 116-120.

OLIVEIRA, C. C.; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V.; BEHLING NETO, A.; MARTINS, P. G. M. A. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, p. 167-172, 2014.

PEREIRA, M. A.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; COSTA, F. P.; ALVES, F. V. Carbon Neutral Brazilian Beef: an analysis of its economic viability for livestock sustainable intensification. In: INTERNATIONAL FARM MANAGEMENT CONGRESS, 22, 2019. **Proceedings...** Launceston, Australia: IFMA, 2019. p. 1-13.

PEREIRA, M.; MORAIS, M. G.; FERNANDES, P. B.; SANTOS, V. A. C.; GLATZLE, S.; ALMEIDA, R. G. Beef cattle production on Piatã grass pastures in silvopastoral systems. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2021.