

CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO COM MAIS DE 25 ANOS DE IMPLEMENTAÇÃO NA REGIÃO SUL DO BRASIL.

Caroline Rusch Schulze^{1*}, Kauanna Brok Ferreira Pepe², Krisle da Silva³, Marie Luise Carolina Bartz⁴, Glaciela Kaschuk³

¹Estudante de mestrado, Universidade Federal do Paraná-UFPR, *carolinerschulze@gmail.com; ²Estudante de mestrado, Universidade Federal do Paraná-UFPR, kauanna.bfp@gmail.com; ³Pesquisadora, EMBRAPA Florestas, krisle.silva@embrapa.br; ⁴Professora Visitante, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, bartzmarie@gmail.com; ⁵Professora, Universidade Federal do Paraná-UFPR, glaciela.kaschuk@ufpr.br

RESUMO

O Sistema Plantio Direto (SPD) é um sistema desenvolvido para promover a conservação do solo e a sustentabilidade agrícola. Sendo o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BM) um indicador da saúde de solo, é esperado que áreas de SPD bem manejadas acumulem mais C-BM do que as áreas mal manejadas. Para confirmar essa hipótese, amostras de solos foram coletadas em áreas de vegetação nativa, SPD e mal manejadas, em seis propriedades agrícolas da região Sul do Brasil. Foram analisados atributos químicos e o C-BM. Os sistemas cultivados tiveram melhor fertilidade e menor C-BM do que as áreas de vegetações nativas. As áreas de SPD tiveram maiores valores de C-BM do que as áreas mal manejadas. O C-BM mostrou-se um indicador de saúde do solo sensível aos diferentes manejos de solo e demonstrou que o SPD melhora a saúde do solo.

PALAVRAS-CHAVE: biomassa microbiana do solo; sistema plantio direto; microbiologia do solo.

INTRODUÇÃO

A insegurança alimentar no Brasil entre 2020 e 2022 afetou cerca de 70,3 milhões de pessoas, sendo impulsionada pelo crescimento populacional e pela crescente pressão sobre os recursos naturais (FAO *et al.*, 2023). No Brasil, ainda restam cerca de 2,5 milhões de pessoas em situação de insegurança alimentar severa, representando um desafio contínuo para os próximos anos (SOFI, 2024). Para produzir mais alimentos e fibras, a agricultura é cada vez mais intensificada causando degradação ambiental significativa, especialmente quando a recuperação das áreas afetadas não é priorizada, impactando diretamente os ecossistemas e a biodiversidade (Brown *et al.*, 2018; Bertol *et al.*, 2019). Sobretudo, a intensificação agrícola e o manejo inadequado do solo têm levado à degradação do solo, resultando em erosão, compactação, perda da fertilidade química e da saúde do solo, acarretando diretamente na produção alimentar (Oliveira *et al.*, 2021).

A adoção de boas práticas agrícolas, como o Sistema de Plantio Direto (SPD), busca reduzir o impacto ambiental sem comprometer a produtividade agrícola (Denardin e D'Agostin, 2019). O SPD, introduzido no Brasil no final da década de 60, surgiu como uma estratégia para mitigar os efeitos da erosão e melhorar as condições do solo (Denardin *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2023).

A biomassa microbiana do solo desempenha um papel fundamental na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes para as plantas. O C da biomassa microbiana (C-BM) é reservatório de C altamente dinâmico, influenciado por vários fatores, como, tipo de solo, manejo e condições climáticas, funcionando como um indicador sensível das mudanças ambientais e da saúde do solo (Kaschuk *et al.*, 2010, Anzalone *et al.*, 2020). O objetivo desse trabalho é avaliar os impactos do SPD bem implementado em algumas propriedades agrícolas da região Sul nos atributos químicos e no C-BM como indicadores da qualidade e saúde do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido com amostras de solo coletadas em propriedades agrícolas dos três estados da região Sul do Brasil. Foram selecionadas seis fazendas credenciadas na Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto-FEBRAPDP, cada fazenda selecionada apresenta três áreas distintas dentro da propriedade: vegetação nativa (bioma Mata Atlântica), com preservação dos recursos naturais (VN), área com SPD, com implementação do sistema há pelo menos 25 anos e área de cultivo considerada uma área mal manejada (AMM). Em cada uma das três áreas de cada fazenda, foram realizados nove pontos de coleta de solo, dentro de áreas delimitadas de 750 m², totalizando 27 amostras de solo em cada uma das seis fazendas.

As coletas foram feitas no mês de outubro de 2024. No Paraná foi coletado solo em Mangueirinha, fazenda 1 (cujo coordenadas geográficas são 26°02'56.2"S 52°14'37.0"W), com 28 anos de duração na área de SPD. Em Santa Catarina, foi coletado solo em Faxinal dos Guedes, fazenda 2 (26°47'0.7"S 52°13'48.0"W), com 29 anos de SPD. No estado do Rio Grande do Sul, foi coletado em Panambi, fazenda 3 (28°21'07.0"S 53°25'07.2"W), com 29 anos de duração da área de SPD, em Ijuí, fazenda 4 (28°08'32"S 53°46'0.9"W), com 31 anos de SPD, em Cruz Alta, fazenda 5 (28°46'11.8"S 53°35'08.2"W), com 31 anos de duração de SPD, em Muitos Capões, fazenda 6 (28°23'30"S 51°04'41.4"W), com 38 anos de SPD.

Na coleta de solo em cada ponto, foi retirado um anel volumétrico de 125 cm³ de volume da camada 0-10 cm de profundidade de solo, para a análise do C-BM e foi retirado um monólito (25 cm x 25 cm) da camada de 0-10 cm de profundidade, para as análises da composição química.

As amostras de solo coletadas foram peneiradas com peneira granulométrica, de dois mm de diâmetro e armazenadas em coolers durante a viagem.

As análises laboratoriais iniciaram com a determinação dos principais elementos químicos do solo, seguindo Tedesco *et al.* (1995) e do C-BM foi seguindo a metodologia de SILVA *et al.*, (2007).

Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise estatística com teste de Tukey ($p < 0,05$) foi aplicado para confirmação da diferença significativa entre os dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, as áreas cultivadas melhoraram a fertilidade do solo, especialmente o pH e a saturação de bases, em relação às áreas de VN. Por outro lado, entre as áreas cultivadas, o SPD apresentou valores maiores de P disponível do que as AMM (Tabela 1). A evidente melhoria da disponibilidade de nutrientes (no caso, o P disponível) nas áreas sob SPD em relação às AMM (Tabela 1) corroboram os estudos de Chaveiro *et al.* (2022), que demonstraram que o SPD melhora a fertilidade do solo em relação às áreas de cultivo convencional.

Entretanto, nesse estudo, o parâmetro que mais distinguiu os manejos de solo foi o C-BM. Conforme mostrado na Figura 1, as áreas de VN sempre tiveram valores maiores de C-BM em relação às áreas cultivadas (SPD e AMM). Além disso, com exceção da fazenda 6, as áreas de SPD tiveram maiores valores de C-BM do que as áreas de AMM (Figura 1). Portanto, os resultados evidenciam que o C-BM é um parâmetro sensível às mudanças de manejo do solo, tal como vem sendo proposto há mais de uma década na literatura (Kaschuk *et al.*, 2010; Anzalone *et al.* 2020). Segundo esses autores, o C-BM é um atributo sensível para diagnosticar alterações de vitalidade do solo, antes mesmo de que as modificações nos atributos químicos sejam evidenciadas. Os dados de C-BM sugerem que o SPD melhora as condições de cultivo do solo, conforme descrito por Alves (2023). Sobretudo, um aspecto interessante foi que os valores de C-BM das áreas sob SPD tendem a se distanciar dos resultados observados no AMM e a se aproximar dos valores da VN, da mesma forma que foi relatado por Silva *et al.* (2023).

Tabela 1. Atributos químicos do solo sob três manejos: VN = Vegetação Nativa, SPD = Sistema Plantio Direto, AMM = Área Mal Manejada, em seis municípios do Sul do Brasil: 1 = Mangueirinha (PR), 2 = Faxinal dos Guedes (SC), 3 = Panambi (RS); 4 = Ijuí (RS), 5 = Cruz Alta (RS) e 6 = Muitos Capões (RS).

Local	Atributo	pH	MOS	P	K	Ca	Mg	CTC	V	Argila	Silte	Areia
	Unidade		$g\ dm^{-3}$	$mg\ dm^{-3}$	$cmol_c\ dm^{-3}$	$cmol_c\ dm^{-3}$	$cmol_c\ dm^{-3}$	$cmol_c\ dm^{-3}$	%	$g\ kg^{-1}$	$g\ kg^{-1}$	$g\ kg^{-1}$
1	VN	3,71	44,22	11,80	1,72	18,44	7,33	330,42	8,56	516,78	227,33	255,89
	SPD	5,47	44,56	9,76	5,64	106,33	47,22	198,63	80,67	537,22	269,22	193,56
	AMM	5,43	49,00	6,76	3,27	100,22	36,22	198,82	70,78	480,33	253,00	266,67
2	VN	3,90	44,56	1,49	1,57	15,44	6,44	220,07	10,89	709,00	166,78	124,22
	SPD	4,60	39,22	6,32	2,71	64,89	15,00	179,26	46,33	588,11	291,89	120,00
	AMM	5,48	35,22	3,53	3,57	82,11	40,22	162,63	77,56	655,67	279,78	64,56
3	VN	4,51	33,22	1,90	2,57	57,44	23,78	166,51	50,33	486,44	289,11	224,33
	SPD	5,43	27,11	23,48	3,80	68,78	24,44	132,49	73,33	423,00	181,89	395,00
	AMM	5,07	24,33	3,88	2,79	53,78	29,00	134,18	64,00	496,33	205,67	298,33
4	VN	5,30	28,56	1,31	7,07	115,11	24,11	41,44	76,00	571,67	288,22	140,22
	SPD	5,29	29,11	11,48	3,77	92,11	29,44	45,22	73,44	552,44	255,56	192,11
	AMM	5,09	20,00	5,31	4,11	62,11	40,56	57,11	64,89	601,11	263,22	135,56
5	VN	4,39	23,67	1,47	1,13	42,22	22,22	73,22	46,89	376,33	249,11	374,67
	SPD	5,63	28,44	25,38	5,29	81,56	38,56	25,78	83,00	437,00	234,22	328,89
	AMM	5,72	20,56	9,02	2,16	53,44	36,89	29,67	74,89	467,89	233,44	298,67
6	VN	4,67	27,89	1,83	4,48	67,00	26,44	75,22	56,78	564,22	298,78	137,00
	SPD	5,12	36,56	12,22	4,50	93,56	31,78	53,22	71,00	545,89	261,56	192,78
	AMM	5,16	32,22	6,90	4,32	90,89	28,67	50,00	71,00	611,56	277,11	111,22

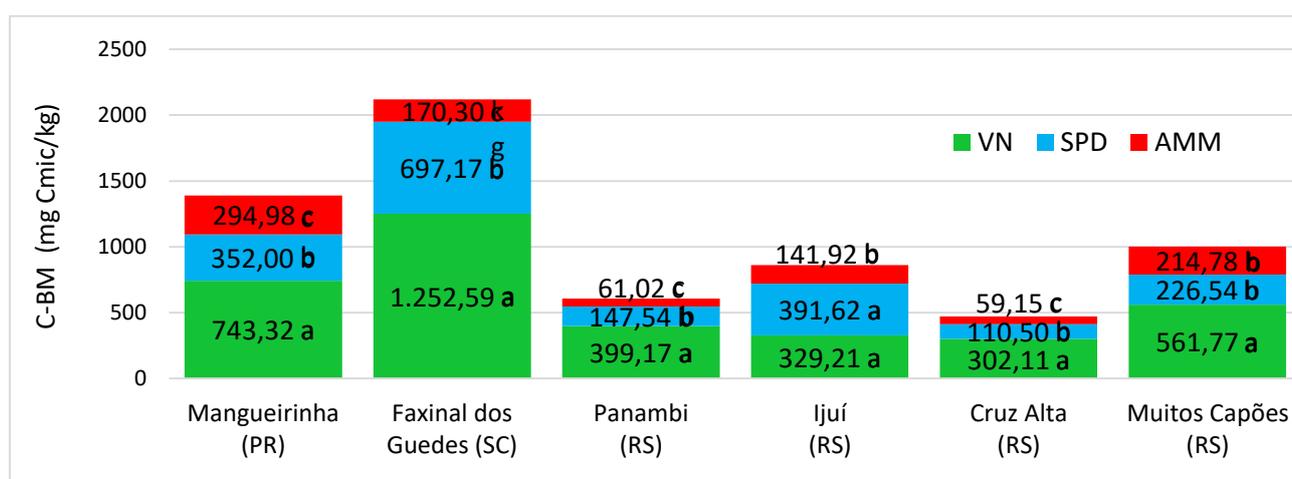


Figura 1. Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (C-BM), nas diferentes áreas de cada propriedade rural estudada.

CONCLUSÕES

É possível concluir que a avaliação C-BM é um atributo biológico sensível, capaz de detectar alterações no solo antes das mudanças nos atributos químicos. Utilizando o C-BM como indicador de qualidade do solo, conclui-se que o SPD oferece melhores condições de cultivo do que as AMM.

AGRADECIMENTOS

Ao projeto "Sistema Plantio Direto – Base para uma agricultura sustentável", empresa Expertise France (EF), Grupo AFD, FEBRAPDP, CAPES, ao presidente da FEBRAPDP, Jônadan Ma, e ao pesquisador e coordenador geral do projeto João Carlos de Moraes Sá, por viabilizarem o estudo.

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, R. D. Estoques de carbono e biomassa microbiana de um Latossolo cultivado com soja sob inoculação fúngica. **Agri-environmental Sciences**, v. 9, n. 1, p. 13-17, 2023.
- ANZALONE, R. A.; VEZZANI, F. M.; KASCHUK, G.; HUNGRIA, M.; VARGAS, L. K.; NOGUEIRA, M. A. Establishing reference values for soil microbial biomass-C in agroecosystems in the Atlantic Forest Biome in Southern Brazil. Elsevier, **Ecological Indicators**, 117, n. 106586, 2020.
- BERTOL, I.; DE MARIA, L. C.; SOUZA, L. S. **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019.
- BROWN, V.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; MAFRA, A. L., MUZEKA, L. M. Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.1, e5501, 2018.
- CHAVEIRO, A. C. E.; BONINI, C. dos S. B.; FREITAS, P. G. N.; REIS, D. C. de S.; OLIVEIRA, J. M. K. de.; SOUZA, J. A. L. de.; HIDALGO, G. F.; OLIVEIRA, A. B. de. Soil physical and chemical quality on no tillage cultivated with vegetables – A review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 9, p. e32711931564, 2022.
- DENARDIN, J. E.; D'AGOSTIN, L. R. Qualidade do manejo do solo. **Embrapa Trigo**, 2019.
- DENARDIN, J. E; KOCHHANN, R. A; FAGANELLO, A; COGO N, P. Agricultura conservacionista no Brasil: Uma análise do conceito à adoção. *In*: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. **Agricultura conservacionista no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa; p. 23- 41, 2014.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2023**. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, FAO, 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de Insegurança alimentar**. 2024.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, n.1, p. 1-13, 2010
- OLIVEIRA, J. P. C. de *et al.* Inappropriate land use and its impacts on the degradation of areas. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 12, p. e35101219948, 2021.
- SILVA, J. P.; FERREIRA, L. A importação e adaptação do sistema de plantio direto no Brasil: Implementação desde os anos 1960. **Cadernos de Agricultura e Meio Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 200-215, 2023.
- SOFI. **Estado da Insegurança Alimentar Mundial**. FAO. Mapa da fome da ONU. 2024.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. **Boletim Técnico n. 5, UFRGS**, 1995.