

## ATENUAÇÃO DO ESTRESSE EFETIVO ( $\sigma'$ ) EM PLANOSSOLO SOB SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

PEDRO LUAN FERREIRA DA SILVA<sup>1</sup>, BRUNA THALIA SILVEIRA SABINO<sup>2</sup>, FLÁVIO PEREIRA DE OLIVEIRA<sup>3</sup>, WALTER ESFRAIN PEREIRA<sup>4</sup>, PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Doutorando em Agronomia, PGA, UEM, Maringá-PR, pedroluanferreira@gmail.com;

<sup>2</sup>Graduanda em Agronomia, CCA, UFPB, Areia-PB, bruna.thalia18@hotmail.com;

<sup>3</sup>Prof. Associado, CCA, UFPB, Areia-PB, flavio.oliveira@academico.ufpb.br;

<sup>4</sup>Prof. Titular, CCA, UFPB, Areia-PB, walterufpb@yahoo.com.br;

<sup>5</sup>Doutorando em Recursos Naturais, CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2022

**RESUMO:** O presente estudo foi conduzido com a finalidade de avaliar o efeito de diferentes arranjos (desenhos) com sistemas integrados de produção agropecuária (iLP e iLPF) na atenuação do ( $\sigma'$ ) em Planossolo Háplico, inserido no bioma semiárido. O experimento foi instalado na cidade de Alagoinha, Paraíba com os seguintes arranjos: I) Pastagem – *Urochloa decumbens*; II) iPF1 – *Urochloa decumbens* + *Tabebuia impetiginous*; III) iPF2 – *Urochloa decumbens* + *Gliricidia sepium*; IV) iPF3 – *Urochloa decumbens* + *Mimosa caesalpinifolia*; V) iLP – Milho + *Urochloa decumbens*. As amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m de profundidade nos anos de 2019 e 2020, para determinar a umidade volumétrica do solo ( $\theta$ ) e o estresse efetivo do solo ( $\sigma'$ ) nos  $|\Psi|$  de 100, 300, 500 e 1000 kPa. As médias dos tratamentos, entre anos, foram analisadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A pastagem e a integração (Milho + *Urochloa decumbens*) favoreceram a redução do  $\sigma'$  ao longo do tempo com médias de 30,87 e 29,27%, respectivamente, para o potencial matricial de 1000 kPa. Conclui-se, portanto, que a adoção de sistemas integrados de produção agropecuária, no arranjo que melhor se adeque a condição edafoclimática pretendida, contribui para atenuar o estresse efetivo e a impedância mecânica do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compactação, impedância mecânica, qualidade do solo, solo arenoso.

## MITIGATION OF THE EFFECTIVE STRESS ( $\sigma'$ ) IN ALFISOL UNDER INTEGRATED AGRICULTURAL CROPPING SYSTEMS

**ABSTRACT:** The present study was carried out with the objective of evaluate the effect of different arrangements with integrated agricultural production systems (iCL and iCLF) on the attenuation of ( $\sigma'$ ) in Alfisol, inserted in the Brazilian semiarid domain. The experiment was installed in the city of Alagoinha, Paraíba with the following arrangements: I) Pasture - *Urochloa decumbens*; II) iCF1 – *U. decumbens* + *Tabebuia impetiginous*; III) iCF2 – *U. decumbens* + *Gliricidia sepium*; IV) iCF3 – *U. decumbens* + *Mimosa caesalpinifolia*; V) iCL - Corn + *U. decumbens*. Soil samples with undisturbed structure were collected in 0-0.1 and 0.1-0.2 m depth layers in 2019 and 2020, to determine soil volumetric moisture ( $\theta$ ) and effective soil stress ( $\sigma'$ ) in the  $|\Psi|$  of 100, 300, 500 and 1000 kPa. The averages of the treatments, between years, were analyzed by the Tukey test ( $p < 0.05$ ). Pasture and integration (Corn + *U. decumbens*) favored the reduction of  $\sigma'$  over time, with averages of 30.87 and 29.27%, respectively, for the matrix potential of 1000 kPa. It is concluded, therefore, that the adoption of integrated systems of agricultural production, in the arrangement that best suits the intended edaphoclimatic condition, contributes to attenuate the effective stress and the mechanical impedance of the soil.

**KEYWORDS:** Compaction, mechanical impedance, soil quality, sandy soil.

## INTRODUÇÃO

O estresse efetivo ( $\sigma'$ ) é um parâmetro utilizado para explicar a resistência do solo à penetração através da pressão da água nos poros do solo. Ele surge da interação entre o teor de água no solo e o potencial matricial (Ley et al., 1993) e exerce influência sobre a resistência à penetração (Smith et al., 1997) e o estado de compactação do solo. Estudos como os de Whalley et al. (2005) confirmam que o ( $\sigma'$ ) pode ser utilizado para definir uma relação entre a resistência à penetração e o estado de água no solo, com diferentes classificações texturais. Em solos arenosos, onde a perda de água para a atmosfera é mais elevada, o rápido secamento do solo pode elevar o estresse efetivo e a impedância mecânica do solo.

O aumento do estado de compactação do solo é prejudicial para germinação de sementes e desenvolvimento das culturas em função dos efeitos negativos sobre o crescimento de raízes e produção de biomassa (McCurdy et al., 2022), reduz a absorção de nutrientes essenciais, a exemplo do nitrogênio, potássio (Olubango e Yessoufou, 2019), fósforo, magnésio, manganês, ferro, cobre, zinco e, aumenta o acúmulo de cálcio por meio da diminuição das atividades da isocitrato desidrogenase e citocromo c-oxidase, além de levar a diminuição das células radiculares (Wang et al., 2019). Por outro lado, o aumento do estado de compactação do solo tende a acentuar o processo de degradação, diminui o volume de poros do solo e compromete a absorção de água pelas raízes das plantas (Benevenuto et al., 2020). Para King et al. (2020), o estado de compactação e o estresse efetivo do solo podem ser reduzidos pelo aporte de matéria orgânica do solo, principalmente, em baixos potenciais, pois, é na secagem que o efeito da MOS se torna mais aparente. Ou seja, ela permite que o solo seque sem que atinja valores restritivos de impedância mecânica do solo (Stock e Downes, 2008).

Os sistemas integrados de produção agropecuária são reconhecidos por melhorar em quantidade e qualidade o teor de matéria orgânica do solo e o estoque de carbono do solo (Bieluczyk et al., 2020). Para os autores, nos sistemas integrados, o aporte de MOS foi originada, principalmente, de plantas C4, a exemplo do capim piatã e milho. Nesse sentido, a interação entre as condições edafoclimáticas e o arranjo a ser conduzido podem ou não favorecer um aporte significativo de MOS e reduzir o estresse efetivo do solo por melhoria da qualidade estrutural. Como em regiões semiáridas esse tipo de estudo é pouco expressivo, conduziu-se o presente estudo com a finalidade de avaliar o efeito de diferentes arranjos (desenhos) com sistemas integrados de produção agropecuária (iLP e iLPF) na atenuação do ( $\sigma'$ ) em Planossolo Háplico, inserido no bioma semiárido.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado no ano de 2015, na cidade de Alagoinha, PB (06°57'0" S, 35°32'42" W; com 312 m. de altitude), em área experimental da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER-PB), sob um Planossolo Háplico (Santos et al., 2018), de classificação textural franco arenoso. O clima do local é caracterizado como As', tropical quente e seco, conforme apresentado na classificação de Köppeng (Silva et al., 2019), com precipitação média anual de 995 mm, temperatura variando de 22-26°C e UR de 65% (Silva e Nascimento, 2020).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições por tratamento. Eles foram compostos pelos seguintes arranjos: I) Pastagem – *Urochloa decumbens*; II) iPF1 – *Urochloa decumbens* + *Tabebuia impetiginous*; III) iPF2 – *Urochloa decumbens* + *Gliricidia sepium*; IV) iPF3 – *Urochloa decumbens* + *Mimosa caesalpinifolia*; V) iLP – Milho + *Urochloa decumbens*. As parcelas experimentais apresentavam área total de 760 m<sup>2</sup>, com fileiras triplas de espécies florestais em duas extremidades. As amostras de solo com estrutura indeformada (preservada) foram coletadas sob as fileiras de espécies florestais (iPF1; iPF2 e iPF3) com 10 m de distância entre os pontos. Nos tratamentos (Pastagem e iLP), as amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas dentro da parcela, respeitando a distância de 10 m, entre os pontos amostrais. Utilizou-se cilindros metálicos tipo Uhland com ( $\approx$  100 cm<sup>3</sup>) para coletar as amostras de solo nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m de profundidade. As amostras foram previamente saturadas e submetidas aos  $|\Psi|$  de: 100, 300, 500 e 1000 kPa em câmara de Richards com placas porosas (Klute, 1986), para obtenção da umidade volumétrica do solo ( $\theta$ ) e, determinação do estresse efetivo do solo ( $\sigma'$ ), conforme descrito por Whalley et al. (2005), utilizando a equação 1:

$$\sigma' \text{ (kPa)} = S/|\Psi| \quad (\text{Eq. 1})$$

onde: S é o grau de saturação do solo (umidade volumétrica do solo/porosidade total) e,  $|\Psi|$  é o valor absoluto do potencial matricial do solo (kPa).

Os dados foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA) e, quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando o software estatístico livre R versão 4.2.1 (R Core Team, 2013). Comparou-se o efeito dos tratamentos ao longo do tempo sobre o comportamento do estresse efetivo do solo. Os dados das camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m foram agrupados de forma a representar a camada arável (0-0,2 m de profundidade). As coletas ocorreram entre os anos de 2019 (período 1) e 2020 (período 2).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para o  $\sigma'$  nos dois anos de avaliação (2019 e 2020) encontram-se apresentados na Tabela 1. Para o potencial de 100 kPa, verifica-se que o  $\sigma'$  só diferiu no tratamento iPF2 e, foi menor no ano de 2019 (31,1 kPa). No ano de 2020, observou-se um incremento de 19,43% no  $\sigma'$  do solo, com média de (38,6 kPa) (Tabela 1). Esse resultado demonstra que houve um incremento significativo na qualidade estrutural do solo sob o iPF2, tornando o ambiente mais restritivo para o crescimento das raízes e desenvolvimento das plantas.

Tabela 1. Valores médios do estresse efetivo do solo ( $\sigma'$ ) em Planossolo sob diferentes arranjos com sistemas integrados de produção agropecuária.

Tratamento	Ano	kPa			
		100	300	500	1000
Pastagem	2019	28,9 a	82,2 b	155,0 a	298,0 a
	2020	33,0 a	94,2 a	116,0 b	206,0 b
iPF1	2019	28,0 a	71,0 b	121,0 a	239,0 a
	2020	31,6 a	82,0 a	115,0 a	193,0 b
iPF2	2019	31,1 b	80,7 b	146,0 a	273,0 a
	2020	38,6 a	97,8 a	115,0 a	226,0 b
iPF3	2019	30,2 a	76,1 a	125,0 a	241,0 a
	2020	32,1 a	84,5 a	116,0 a	197,0 b
iLP	2019	28,9 a	75,0 b	134,0 a	263,0 a
	2020	33,0 a	86,1 a	111,0 b	186,0 b

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Pastagem – *Urochloa decumbens*; iPF1 – *Urochloa decumbens* + *Tabebuia impetiginous*; iPF2 – *Urochloa decumbens* + *Gliricidia sepium*; iPF3 – *Urochloa decumbens* + *Mimosa caesalpinifolia*; iLP – Milho + *Urochloa decumbens*.

Ao contrário do potencial de 100 kPa, no de 300 kPa verificou-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na maioria dos tratamentos avaliados. Proporcionalmente, o maior incremento entre os anos de 2019 e 2020 foi verificado no tratamento iPF2, ou seja, um incremento no estresse efetivo do solo na ordem de 17,48%. Nos demais tratamentos avaliados, o incremento médio foi de 12,24%, ou seja, 5,24% menor em relação ao tratamento iPF2. No potencial de 500 kPa houve diferença significativa, apenas, para os tratamentos pastagem e iLP. Na pastagem, houve efeito positivo do tempo sobre  $\sigma'$ , com redução de 25,16%, ou seja, de 155,0 kPa em 2019 para 116,0 kPa no ano de 2020. Verifica-se, portanto, que em potenciais mais baixos, próximo à capacidade de campo (1500 kPa), a pastagem está ocasionando benefícios à qualidade do solo ao longo do tempo.

Para Gould et al. (2016), a alta diversidade de plantas e raízes em sistemas de pastagem tende a melhorar a qualidade estrutural do solo, além de processos físicos como hidrologia e regimes de resistência do solo à penetração. Estudos como o de Hudek et al. (2022), demonstraram que parâmetros como o comprimento total e a área superficial da raiz das gramíneas correlacionam-se bem com a melhoria da qualidade estrutural do solo, pois contribui para o aumento da estabilidade de agregados do solo, além de atuar na formação de macroporos. Por outro lado, a utilização de gramíneas com caule liso, como a gramínea do campo (*Poa pratensis*) pode ser recomendada para o cultivo em solos com considerável estado de compactação e uso intenso de implementos agrícolas (Glab, 2013). No potencial de 1000 kPa, verificou-se que todos os tratamentos apresentaram efeito significativo sobre o estresse efetivo do solo, com redução de valores médios entre o ano de 2019 e 2020. Maiores reduções foram verificadas nos tratamentos Pastagem (92 kPa) e iLP (77 kPa), ou seja, uma melhoria significativa de 30,87% no tratamento pastagem e, de 29,27% no iLP. Os resultados são interessantes e demonstram que a Pastagem e o iLP (Pastagem + Milho) estão promovendo melhorias

significativas na qualidade física do solo, principalmente, na redução do  $\sigma'$ . Nos demais tratamentos houve redução no  $\sigma'$ , contudo, em menor proporção, com média de 45,66%. Dessa forma, demonstra-se que no longo prazo, o tipo de arranjo a ser adotado responde de forma significativa e distinta à melhoria do  $\sigma'$ , principalmente se o modelo contemplar espécies de gramíneas adequadas à condição edafoclimática.

## CONCLUSÃO

A escolha do arranjo a ser adotado demonstrou ocasionar efeito positivo sobre o estresse efetivo do solo, principalmente nos potenciais mais baixos do solo, onde predominam os poros texturais. A pastagem e a integração (Milho + *Urocloa decumbens*) favorecerem a redução do estresse efetivo do solo ao longo do tempo com médias de 30,87 e 29,27%, respectivamente, para o potencial matricial de 1000 kPa. Conclui-se, portanto, que a adoção de sistemas integrados de produção agropecuária, no arranjo que melhor se adequa a condição edafoclimática pretendida, contribui para atenuar o estresse efetivo e a impedância mecânica do solo.

## REFERÊNCIAS

- Benevute, P. A. M.; Morais, E. G.; Souza, A. A. et al. Penetration resistance: An effective indicator for monitoring soil compaction in pastures. *Ecological Indicators*, v. 111, n. 1, 106647, 2020.
- Bieluczyk, W.; Picolo, M. C.; Pereira, M. G. Integrated farming systems influence soil organic matter dynamics in southeastern Brazil. *Geoderma*, v. 371, n. 1, 114368, 2020.
- Glab, T. Impact of soil compaction on root development and yield of meadow-grass. *International Agrophysics*, v. 27, n. 1, p. 7-13, 2013.
- Gould, I. J.; Quinton, J. N.; Weigelt, A.; De Deyen, G. B.; Bardgett, R. D. Plant diversity and root traits benefit physical properties key to soil function in grasslands. *Ecology Letters*, v. 19, n. 9, p. 1140-1194, 2016.
- Hudek, C.; Putnica, C.; Otten, W.; Baets, S. Functional root trait-based classification of cover crops to improve soil physical properties. *European Journal of Soil Science*, v. 73, n. 1, e13147, 2022.
- King, A. E.; Ali, G. A.; Gillespie, A. W.; Wagner, R. C. Soil organic matter as catalyst of crop resource capture. *Frontiers in Environmental Science*, v. 8, n. 50, p. 1-8, 2020.
- Klute, A. Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods. 2nd Edition, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, USA, 1986.
- Ley, G. J.; Mullins, C. A.; Lal, R. Effects of soil properties on the strength of weakley structures tropical soils. *Soil and Tillage Research*, v. 28, n. 1, p. 1-13, 1993.
- McCurdy, J. D.; Small, Z. D.; Tseng, Te-M.; Brosman, J. T.; Reasor, E. H. Effects of soil compaction and moisture on the growth of *Juncus tenuis*. *International Turfgrass Society Research Journal*, v. 14, n. 1, p. 776-782, 2022.
- Olubanjó, O. O.; Yessouou, M. A. Effect of soil compaction on the growth and nutrient uptake of *Zea mays* L. *Sustainable Agricultural Research*, v. 8, n. 2, p. 46-54, 2019.
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2013.
- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. Á.; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araújo Filho, J. C.; Oliveira, J. B.; Cunha, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Brasília, DF, Embrapa, 2018.
- Silva, P. L. F.; Nascimento, R. S. climatological water balance and aridity index to municipalities of the micro-region of Guarabira, Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 14, n. 2, p. 125-139, 2020.
- Silva, P. L. F.; Oliveira, F. P.; Tavares, D. D.; Nóbrega, C. C.; Amaral, A. J. Water availability under integrated crop-livestock-forestry systems in Agreste region of Paraíba, Brazil. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 2, p. 449-457, 2019.
- Smith, C. W.; Johnston, M. A.; Lorentz, S. The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical resistance of South African forestry soils. *Geoderma*, v. 78, n. 1, p. 93-111, 1997.
- Stock, O.; Downes, N. K. Effects of additions of organic matter on the penetration resistance of glacial till for the entire water tension range. *Soil and Tillage Research*, v. 99, n. 1, p. 191-201, 2008.

- Wang, M.; He, D.; Shen, F. et al. Effects of soil compaction on plant growth, nutrient absorption, and root respiration in soybean seedlings. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, n. 1, p. 22835-22845, 2019.
- Whalley, W. R.; Harrison, L.; Clark, L. J.; Wing, D. J. G. Use of effective stress to predict the penetrometer resistance of unsaturated agricultural soils. *Soil and Tillage Research*, v. 84, n. 1, p. 18-27, 2005.