

## RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO AUMENTA EM RESPOSTA AO CARBONO ORGÂNICO EM SISTEMAS DE USO DE LONGO PRAZO

RENATO P. DE LIMA<sup>1</sup>, PEDRO CHUDZIK<sup>2</sup>, GUILHERME J. TELES<sup>2</sup>, RAFAEL B. MENILLO<sup>3</sup>, MAURÍCIO R. CHERUBIN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pós-doutorando em Ciência do Solo, ESALQ/USP, Piracicaba/SP, renato\_agro\_@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduando em Agronomia, ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

<sup>3</sup>Mestrando em Agronomia, ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Associado, ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** O carbono orgânico do solo (COS) tem um importante papel na estabilidade da estrutura. Entretanto, o aumento da estabilidade da estrutura por promover também ganhos de resistência física induzidas pelo enrijecimento das pontes de C entre as partículas minerais. Fisicamente, a matéria orgânica pode ser dividida nas frações lábil e estável, obtida pela matéria orgânica particulada (POC) e pela matéria orgânica associada aos minerais (MAOC). O objetivo desse estudo foi avaliar o impacto do C, POC e MAOC sobre a resistência do solo à penetração (SPR), sob a hipótese que o C, em longo prazo, induz resistência física do solo. Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 m, em um Latossolo com 610, 25 e 365 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, em áreas de Mata Nativa, Eucalipto e Pastagem, respectivamente. As amostras foram coletadas em duplicata, para determinação da resistência do solo à penetração nos potenciais mátricos de -30 e -100hPa, em 5 repetições. No total, foram coletadas 90 amostras indeformadas. Regressões múltiplas foram utilizadas para relacionada a SPR com o C, POC e MAOC, além da densidade do solo e conteúdo de água. Os coeficientes padronizados da regressão foram utilizados para examinar o peso das variáveis explicativas na variabilidade da SPR. Os resultados relevaram que o C, POC e MAOC tiveram efeito positivo na SPR, mas o efeito foi maior para resistência do solo à penetração avaliada em -100 hPa (peso 0,43) do que em -30 hPa (peso 0,20). Entre as frações de C, o impacto foi positivo na SPR, mas sem grandes variações entre o peso induzido pela C, POC ou MAOC. Baseado nesse estudo, conclui-se que o C tem um papel positivo na resistência do solo à penetração, que aumenta com a redução do conteúdo de água no solo. Do ponto de vista do manejo do solo, ganhos de resistência podem ser esperados em sistemas de produção de longo prazo (sem revolvimento) em função do C.

**PALAVRAS-CHAVE:** compactação do solo; física do solo; teor de matéria orgânica

### SOIL PENETRATION RESISTANCE INCREASES IN RESPONSE TO ORGANIC CARBON IN LONG-TERM LAND USE SYSTEMS

**ABSTRACT:** Soil organic C plays an important role on structure stability. However, the increase in the stability of the structure can also promote gains in physical strength induced by the strengthening of the C bridges between the mineral particles. Physically, organic matter can be divided into labile and stable fractions, obtained by particulate organic matter (POC) and organic matter associated with minerals (MAOC). The objective of this study was to evaluate the impact of C, POC and MAOC on soil penetration resistance (SPR), under the hypothesis that C, in the long term, induces soil physical resistance. Soil samples were

collected in layers of 0.00-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.30 m, in an Oxisol with 60, 3 and 37% of sand, silt and clay, in areas of Native Forest, Eucalyptus and Pasture. The samples were collected in duplicate, to determine the penetration resistance at matric potentials of -30 and -100hPa, in 5 repetitions. In total, 90 undisturbed samples were collected. Multiple regressions were used to correlate SPR with C, POC and MAOC, in addition to bulk density and water content. Standardized regression coefficients were used to examine the weight of explanatory variables on SPR variability. The results revealed that C, POC and MAOC had a positive effect on SPR, but the effect was greater for penetration resistance evaluated at -100 hPa (weight 0.43) than at -30 hPa (weight 0.20). Among the C fractions, the impact was positive on SPR, but without major variations between the weight induced by C, POC or MAOC. Based on this study, it is possible to conclude that C has a positive role in penetration resistance, which increases with the reduction of water content in the soil. From the point of view of soil management, gains in resistance can be expected in long-term production systems (without tillage) due to C.

**KEYWORDS:** soil strength; soil physics; organic matter

**INTRODUÇÃO:** O aporte contínuo de C no solo pode promover significativas melhorias no processo de agregação e qualidade estrutural do solo, regulando muitos processos físicos no solo. Estudos têm reportado que o C tem papel chave no processo de ganho de resistência do solo, influenciando diretamente na coesão e resistência do solo à penetração. Entretanto, o carbono orgânico total pode ser avaliado conforme sua estabilidade do solo, frações lábil e estável, obtida pela matéria orgânica particulada (POC) e pela matéria orgânica associada aos minerais (MAOC). Os estudos sobre o fenômeno de ganho de resistência do solo apontam para um papel importante do tempo e do C orgânico do solo, dentre outros mecanismos ainda não completamente esclarecidos, mas a ação das frações específicas POC e MAOC ainda não investigada. Segundo Horn (2004) os sistemas conservacionistas aumentaram, com o tempo, a estabilidade e resistência da estrutura à deformação do solo, com efeitos sobre o ganho de resistência ao cisalhamento (que impede o rearranjo de partículas por ocasião de aplicação de cargas externas), coesão e tensão de preconsolidação do solo. Moraes et al. (2017) e Moraes et al. (2019) verificaram que solos cultivados sob plantio direto apresentaram maiores valores de resistência do solo à penetração e capacidade de suporte de carga, enquanto Cavalcanti et al. (2020) verificaram valores significativamente maiores de resistência do solo à penetração sob mata nativa (Mata Atlântica) do que em áreas cultivadas com cana-de-açúcar em final de ciclo (seis colheitas). Em todos esses cenários, houve um incremento de C que favoreceu a estabilidade da estrutura, conferindo maior resistência física e mecânica do solo atribuído ao “age-hardening phenomena”. Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar o impacto do C, POC e MAOC sobre a resistência do solo à penetração (SPR), sob a hipótese que o C, em longo prazo, induz resistência física do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Amostras de solo foram coletadas em experimentos de longa duração previamente instalados. O objetivo foi obter cenários com gradiente de C no solo e consequentemente diferentes graus de desenvolvimento da estrutura do solo. A área de coleta pertence a Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada em Selvíria (MS) (20° 20' 53.41" S, 51° 23' 55.50" W). O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho de textura argilo-arenosa, com aproximadamente 610, 25 e 365 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente. O solo foi coletado em três sistemas de uso da terra: mata nativa, área com eucalipto e área cultivada com pastagem. A área com eucalipto se encontra instalada desde 1986 (33 anos), enquanto a pastagem foi implementada em 2007 e encontra-se atualmente

cultivada com braquiária. Em ambos os experimentos, não houve revolvimento do solo após a implementação. Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 000,-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 m. As amostras foram coletadas em duplicata, para determinação da resistência do solo à penetração nos potenciais mátricos de -30 e -100 hPa, em 5 repetições. No total, foram coletadas 90 amostras indeformadas, que foram utilizadas para quantificar o conteúdo de água nos potenciais mátricos, a densidade do solo e a resistência do solo à penetração. Ensaio de resistência do solo à penetração foram realizados em um penetrômetro de bancada. A matéria orgânica do solo foi fisicamente fracionada em matéria orgânica particulada (POM) e matéria orgânica associada aos minerais (MAOM) seguindo o método de tamanho de partícula proposto por Cambardella e Elliott (1992). Regressões múltiplas foram utilizadas para relacionar a SPR com o C, POC e MAOC, além da densidade do solo e conteúdo de água. Os coeficientes padronizados da regressão foram utilizados para examinar o peso das variáveis explicativas na variabilidade da SPR.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A resistência do solo à penetração (SPR) aumentou com o carbono orgânico do solo. Coeficientes padronizados da regressão múltipla, que mostram o peso da variável explicativa (por exemplo, o C) sobre a SPR, indicam que o C do solo teve um peso maior quando avaliada sobre o potencial mátrico de -100 hPa. O peso do C e suas frações foi de aproximadamente 0,40 via potencial mátrico de -100 hPa, e de aproximadamente 0,20 via potencial mátrico de -30 hPa. Para o potencial mátrico de -100 hPa, os pesos não revelam grandes diferenças entre o impacto do C, POC ou MAOC, mas no potencial de -30 hPa, o peso do C e do MAOC foi ligeiramente maior que via POC, indicando que a fração mais estável do C, a MAOC, teve um impacto maior sobre os aumentos de SPR (Figura 1).

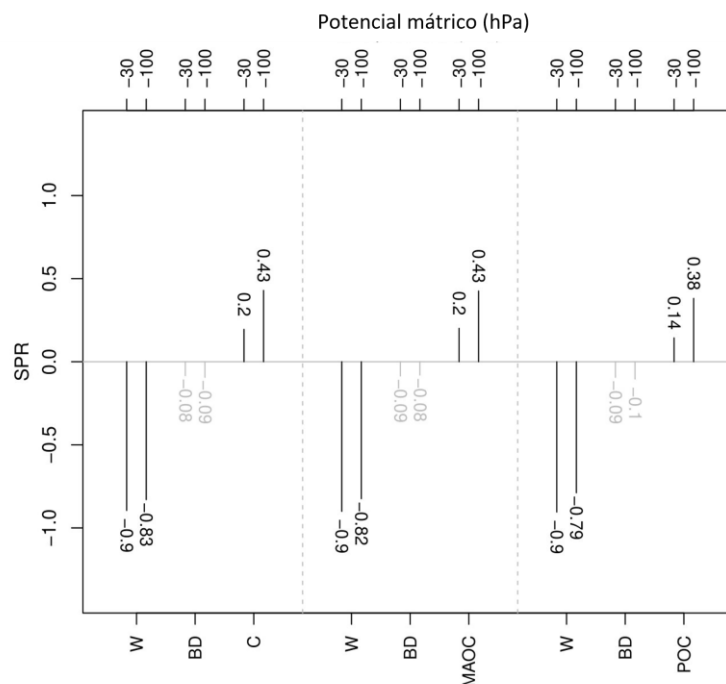


FIGURA 1. Coeficientes de regressão múltipla padronizados da resistência do solo à penetração (SPR) em função das frações de C, densidade do solo (BD) e conteúdo de água gravimétrico (W) nos potenciais mátricos de -30 e -100 hPa. POC = Matéria orgânica particulada; MAOC = matéria orgânica associada aos minerais. Coeficientes na tonalidade cinza são não significativos.

Densidade do solo (BD) e conteúdo de água no solo (W) são fatores predominantes da SPR, e também foram incluídas na regressão múltipla. Não houve efeito da densidade do solo, enquanto o conteúdo de água foi dominante. Isso significa que nos cenários avaliados, houve impacto negativo de W e positivo do C, enquanto a densidade do solo não causou variações significativas sobre a SPR. De certa forma, isso indica que o efeito da densidade foi um fator menor, e que o acúmulo de C foi responsável pelos ganhos de resistência. Esses resultados corroboram com Horn (2004), Moraes et al. (2017), Moraes et al. (2019) e Cavalcanti et al. (2020), que observaram ganhos de resistência física induzidas pelo C em sistemas de uso do solo em revolvimento, e sob longo prazo de cultivo, em fenômenos físicos de ganho de coesão e enrijecimento das pontes de C entre as partículas minerais em função do tempo.

**CONCLUSÕES:** O carbono orgânico tem um papel positivo na resistência do solo à penetração, que aumenta com a redução do conteúdo de água no solo. Do ponto de vista do manejo do solo, ganhos de resistência podem ser esperados em sistemas de produção de longo prazo (sem revolvimento) em função do acúmulo de matéria orgânica.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao CNPq e a FAPESP pela bolsa de Iniciação Científica (#121215/2022-9) e a (#2023/05538-0). Renato Paiva de Lima agradece a FAPESP pelo suporte financeiro e bolsa de pós-doutorado (#2020/15783-4) e ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (316751/2021-9).

#### **REFERÊNCIAS:**

- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.777-783, 1992.
- CAVALCANTI, R. Q.; ROLIM, M. M.; LIMA, R. P.; TAVARES, U. E.; PEDROSA, E. M. R.; CHERUBIN, M. R. Soil physical changes induced by sugarcane cultivation in the Atlantic Forest biome, northeastern Brazil. **Geoderma**, v.370, p.1-1, 2020.
- HORN, R. Time dependence of soil mechanical properties and pore functions for arable soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.1131-1137, 2004.
- MORAES, M. T., DA LUZ, F. B., DEBIASI, H., FRANCHINI, J. C., DA SILVA, V. R. Soil load support capacity increases with time without soil mobilization as a result of age-hardening phenomenon. **Soil and Tillage Research**, v.186, p.128-134, 2019.
- MORAES, M.T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J.C.; DA SILVA, V.R.; DA LUZ, F.B. Age-hardening phenomena in an oxisol from the subtropical region of Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.170, p.27-37, 2017.