



RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO E INTERVALO HÍDRICO ÓTIMO DE UM SOLO ARENOSO SOB CULTURAS DE COBERTURA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO CULTIVADO COM ALGODOEIRO

Pedro Luan Ferreira da Silva, Antônio Marcos de Azevedo Batista, Camila Pereira Cagna, Caroline Honorato Rocha, Fábio Rafael Echer, Cássio Antonio Tormena

PROBLEMÁTICA

A demanda global por fibras e proteínas resultou na incorporação de novas áreas expandindo a agricultura intensiva para solos arenosos. No Brasil, por exemplo, tem havido forte expansão da cotonicultura em solos arenosos, destacando-se as áreas de produção nos estados de Mato Grosso e Bahia. Contudo, os solos arenosos apresentam limitações como reduzido teor de matéria orgânica, fraco desenvolvimento estrutural, reduzido armazenamento e disponibilidade de água, baixa capacidade de troca catiônica e elevada decomposição de matéria orgânica. O sistema de plantio fundamentado na diversificação de culturas com elevada produção de biomassa, na mínima mobilização do solo e na manutenção da cobertura do solo pode amenizar estas limitações e tornar a cotonicultura uma atividade sustentável em solos arenosos.

CONHECIMENTO PRÉVIO

Globalmente, os solos arenosos ocupam uma área de aproximadamente 4.990 mil hectares e são caracterizados por possuírem teor de areia superior a 50% e teor de argila < 20% na camada arável de 0-30 cm de profundidade (Huang e Hartemink, 2020). No Brasil, os solos arenosos (Neossolos, Argissolos, Latossolos, Planossolos) estão localizados, em sua maioria, nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, chegando a representar 20% da fronteira agrícola conhecida como MATOPIBA (Donagemma et al., 2016). Contudo, as limitações físicas, químicas e biológicas apresentadas pelos solos arenosos podem interferir na sua utilização para o cultivo agrícola em regiões tropicais, devido, principalmente, a sua baixa capacidade de retenção de água (Di Raimo et al., 2022). Segundo esses autores, a capacidade do solo em reter água é um dos mais importantes fenômenos da natureza e, por estar diretamente relacionada à disponibilidade às plantas, a redução tende a retardar o crescimento, a reprodução dos vegetais, a fixação de carbono, a ciclagem de nutrientes e a taxa fotossintética (Minasny e McBratney, 2018). Entender o comportamento de alguns processos e propriedades que ocorrem nesses solos é crucial para a definição de estratégias sustentáveis de uso e manejo do solo, que possam trazer sucesso para a produção agrícola. Dentre essas propriedades, a resistência do solo à penetração (RP) e o Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) têm se destacado por estarem diretamente relacionadas ao desenvolvimento da cultura, e podem ser facilmente modificadas pelas práticas e manejo do solo. O IHO é um parâmetro que incorpora, numa faixa de conteúdo de água, as limitações ao crescimento das plantas por aeração, água disponível e RP (Tormena et al., 1998). A amplitude do IHO indica a magnitude com que a condição estrutural do solo restringe a qualidade deste às plantas (Tormena et al., 2007). Nesse sentido, o trabalho



teve por objetivo avaliar a RP do solo e verificar o efeito de diferentes valores de RP crítica (RPc) na disponibilidade de água às plantas estimada pelo IHO.

DESCRIÇÃO DA PESQUISA

O experimento foi implantado no ano de 2015 em área da Fazenda Experimental da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), em Presidente Bernardes, São Paulo (22°17'22" S, 51°40'51" W; 401 m alt.). Segundo a classificação de Köppen, o clima do local é caracterizado como de transição entre megatérmico úmido-subúmido (Aw) e mesotérmico úmido-subúmido (Cfa), com inverno seco e verão quente e úmido (Braido; Tommaselli, 2010). A umidade relativa do ar anual é em média de 65,1%, precipitação e temperatura média anual 1558 mm e 24,3°C, respectivamente (Barbosa, 2020). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (Santos et al., 2018), de classificação textural areia franca, com 835, 22 e 143 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. O experimento foi implantado em parcelas experimentais com dimensões (15 x 9 m), em delineamento experimental de blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições: T1 Gramínea (*Urochloa ruziziensis*); T2 Gramínea + Gramínea (*U. ruziziensis* + Milheto); T3 Gramínea + Leguminosa (Milheto + Mucuna); T4 Mix (*U. ruziziensis* + Milheto + Mucuna) e T5 Pousio (com manejo de plantas daninhas). Nos últimos 17 anos a área experimental foi conduzida conforme linha do tempo apresentada na Figura 1.

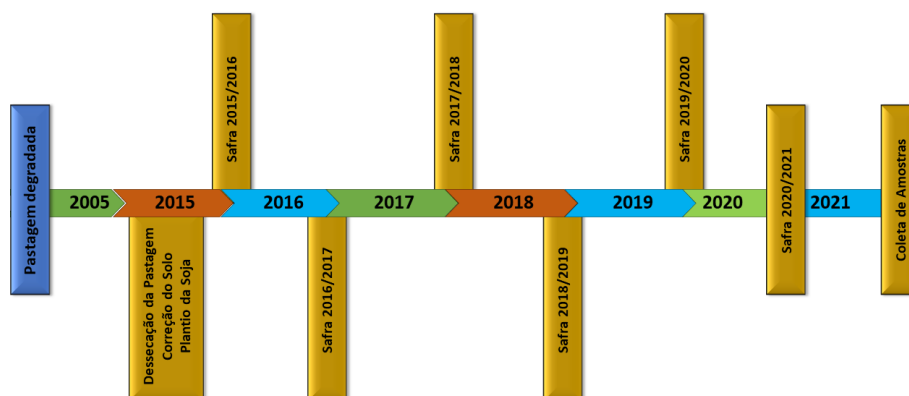


Figura 1. Condução da área experimental ao longo dos anos. 1° Safra (Cultura de interesse comercial); 2° Safra (Culturas de Cobertura).

A coleta de amostras de solo com estrutura indeformada ocorreu logo após a colheita do algodão, em junho de 2020, utilizando cilindros metálicos com volume de 220 cm³, retirando amostras nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade. O IHO do solo foi determinado de acordo com o método descrito por Moreira et al. (2014). O teor de água na capacidade de campo (θ_{CC} ; m³ m⁻³) foi estimado pela umidade do solo no potencial de -60 hPa (Moura et al., 2021). O teor de água equivalente ao ponto de murcha permanente (θ_{PMP} ; m³ m⁻³) foi determinado por psicrometria utilizando o equipamento *Dewpoint Potential Meter* (WP4-T) pesando 10 gramas de solo, sendo determinado no potencial de -15.000 hPa (Savage et al., 1996). O teor de água no qual o solo apresenta 10% de poros livres (θ_{PA} ; m³ m⁻³) foi determinado de acordo com Grable e Siemer (1968). A densidade do solo foi determinada conforme descrito por Blake e Hartge (1986). Simulou-se 4 níveis de resistência à penetração crítica do solo (RPc = 1,5;



2,0; 2,5 e 3,0 MPa) de forma a avaliar os efeitos sobre a disponibilidade de água às plantas. Para o teor de água para a RPC utilizou-se a inversão de um modelo matemático não linear proposto por Busscher (1990). A resistência do solo à penetração em campo foi realizada em fevereiro de 2022 utilizando um penetrômetro eletrônico, obtendo-se medidas até a camada de 60 cm de profundidade, com coleta de dados a cada 10 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A capacidade de água disponível (mm) e o efeito dos diferentes níveis de RPC do solo sobre o intervalo hídrico ótimo do solo (mm) estão apresentados na Figura 2.

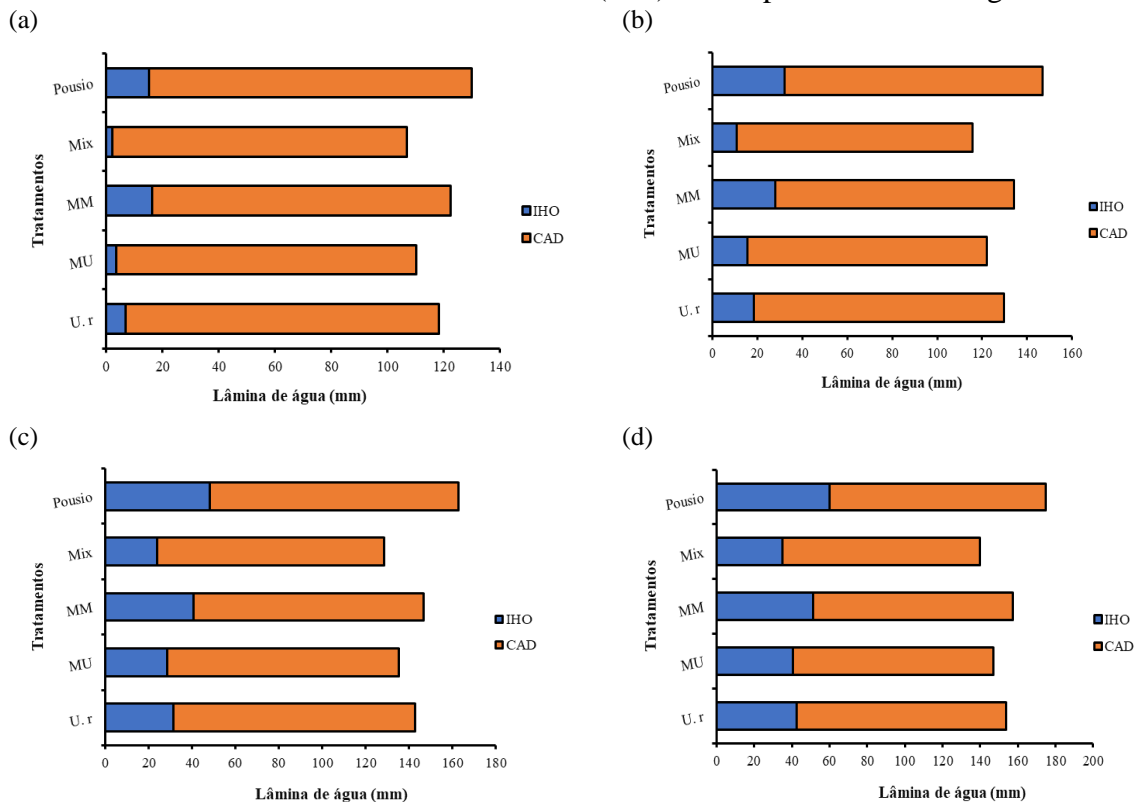


Figura 2. Capacidade de água disponível (CAD) e intervalo hídrico ótimo (IHO) em Latossolo sob SPD antecedente à cultura do algodoeiro. RPC de a) 1,5; b) 2,0; c) 2,5 e d) 3,0 MPa. MM- Gramínea + Leguminosa; MU- Gramínea+Gramínea; Ur- Gramínea.

O menor valor do IHO foi observado na RPC de 1,5 MPa (Figura 1 a), com destaque para os tratamentos Mix e MU onde os valores médios foram 1,98 e 3,47 mm, respectivamente. Esse resultado demonstra que a adoção de valores baixos de RP reduz a disponibilidade de água, uma vez que a resistência do solo à penetração torna-se limitante ao crescimento das raízes em elevados teores de água. Com o aumento da RPC em 0,5 MPa, notou-se um leve incremento no IHO (Figura 1 b), tendência essa que se manteve até a RPC de 3,0 MPa (Figura 1 d). O aumento da RPC implica em poder ocorrer maior secamento do solo até que a RP se torne limitante ao crescimento das raízes. É importante destacar que na RPC de 1,5 MPa o IHO representou apenas 8,02% da CAD, enquanto que em 2,0 MPa esse percentual aumentou para 19,18%, ou seja, um incremento de 12,2 mm. Nas RPC de 2,5 e 3,0 MPa o percentual do IHO sobre a CAD representou 31,55 e 41,98%, demonstrando, dessa forma, que a RP impõe limitação à disponibilidade de água no solo,

fato este constatado na maioria dos estudos que utilizam o IHO como indicador da qualidade física dos solos (Tormena et al., 1998).

Na Figura 2 estão apresentados os valores médios de resistência do solo à penetração em campo (RP_{campo}) e os valores de umidade do solo durante a obtenção das medidas. Impedimento físico pode ser verificado na camada de 10 a 40 cm de profundidade.

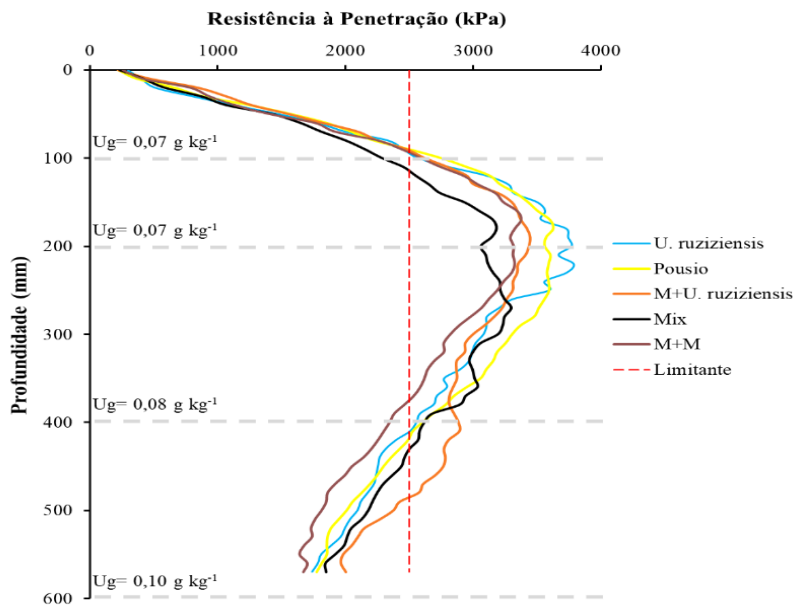


Figura 2. Resistência do solo à penetração em campo num Latossolo arenoso sob SPD sob diferentes culturas de cobertura antecedente à cultura do algodoeiro. MM- Gramínea + Leguminosa; MU- Gramínea+Gramínea; Ur- Gramínea.

Os resultados obtidos demonstram que os valores de RP nas camadas de 0-10 e 40-60 cm de profundidade apresentaram-se próximos a 2,5 MPa, valor esse considerado limitante para o crescimento das raízes do algodoeiro. Nas camadas de 10-20 e 20-40 cm de profundidade, os valores de RP > 2,5 MPa foram constatados, sugerindo forte limitação ao crescimento das raízes. No tratamento *U. ruziziensis* a RP mostrou-se superior aos demais tratamentos avaliados nas camadas de 10-20 e 20-40 cm de profundidade (Figura 2). No tratamento Mix, verificou-se menores valores de RP quando comparado aos demais tratamentos na camada de 0-30 cm de profundidade, sugerindo que a mistura de plantas de cobertura é uma estratégia benéfica para a melhoria da qualidade física de solos arenosos com limitações físicas. A limitação física observada na camada de 10-40 cm de profundidade pode comprometer o acesso das raízes das plantas ao conteúdo de água estocado em subsuperfície. É conhecido que em locais onde há impedimento físico, as raízes tendem a se desenvolver em superfície, geralmente na camada de 0-10 cm de profundidade, tornando a cultura suscetível ao estresse hídrico. Os valores médios de umidade gravimétrica do solo praticamente não diferiram entre os tratamentos avaliados mantendo-se ao redor de 0,10 kg kg⁻¹.



APLICAÇÃO PRÁTICA

A maior resistência do solo à penetração, relacionada com a compactação, inibe fortemente o crescimento das raízes e o acesso à água no solo, como indicado pela forte redução da disponibilidade hídrica sob a influência da RP. Foi identificado no campo, pela medida da RP, compactação na camada de 10-40 cm de profundidade, o qual pode comprometer a utilização dessa água pelas plantas, especialmente em períodos de deficiência hídrica “veranicos”. A utilização de Mix de plantas de cobertura contribui para a redução do estado de compactação do solo de 10 até 25 cm de profundidade, promovendo melhorias na qualidade física do solo.

LITERATURA CITADA

Barbosa, A. M. **Caracterização climática de Presidente Prudente- SP**. Presidente Prudente: UNOESTE, 2020. 6p. (Boletim Agrometeorológico).

Busscher, W. J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. **Transactions of American Society of Agricultural Engineers**, v. 33, n.2, p. 519-524, fev. 1990.

Blake, G.R.; Hartge, K.H. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.). **Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods**, 2. Ed. Madison: American Society of Agronomy/ Soil Science Society of America, 1986.p. 363-382.

Braido, L.M.H.; Tommaselli, J.T.G. Caracterização climática e dos anos extremos (chuvoso e seco): Seus efeitos na produção de cana-de-açúcar, milho e soja para a região do Pontal do Paranapanema- SP. **Revista Formação**, v. 1, n. 17, p. 13-34, jun. 2010.

Di Raimo, L.A.L.; Couto E.G.; Demmattê, J.A.M. et al. Sand fractions micromorphometry detected by Vis-NIR-MIR and its impact on water retention. **European Journal of Soil Science**, v. 73, n. 2, e13227, mar./abr. 2022.

Donagemma, G. K.; Freitas, P. L.; Balieiro, F. C. et al. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, set. 2016.

Grable, A.R.; Siemer, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Journal**, v. 32, n. 2, p. 180-186, mar./abr. 1968.

Huang, J.; Hartemink, A. E. Soil and environmental issues in sandy soils. **Earth-Science Reviews**, v. 208, n. 1, e103295, set. 2020.

Minasny, B.; McBratney A.B. Limited effect of organic matter on soil available water capacity. **European Journal of Soil Science**, v. 69, n. 1, p. 39-47, jan. 2018.



Moreira, S.G.; Lupo, R.M.; Lima, C.G. et al. Massa seca e macronutrientes acumulados em plantas de milho cultivadas sob diferentes plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13. n. 2, p. 218-231, maio, 2014.

Moura, M.S.; Silva, B.M.; Mota, P.K. et al. Soil management and diverse crop rotation can mitigate early-stage no-till compaction and improve least limiting water range in a Ferralsol. **Agricultural Water Management**, v. 243, 106523, jan. 2021.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 5. ed. Brasília, Embrapa, 2018. 356p.

Savage, M.J.; Ritchie, J.T.; Bland, W.L.; Dugas, W.A. Lower limit of soil water availability. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 4, p. 644-651, jul.-ago. 1996.

Tormena, C.A.; Araújo, M.A.; Fidalski, J.; Costa, J.M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 211-219, abr. 2007.

Tormena, C.A.; Silva, A.P.; Libardi, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 573-581, dezembro, 1998.