

AValiação DO INTERVALO HÍDRICO ÓTIMO SOB CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR E REMANESCENTE FLORESTAL

EDUARDO P. FERREIRA¹, ZIGOMAR M. SOUZA², JEISON A. S. PARRA³,
MAYARA G. DOS S. GOMES³, DIEGO A. A. ESTEBAN⁴

¹Graduando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, e188812@dac.unicamp.br

²Engenheiro Agrônomo, Professor Titular, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, zigomarms@feagri.unicamp.br

³Doutorandos em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, j207990@dac.unicamp.br, m263010@dac.unicamp.br

⁴Doutor em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, daaesteban@gmail.com

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

RESUMO: No Brasil, existe um aumento da mecanização e uso de diferentes tipos de maquinários nos processos de produção da cana-de-açúcar, sendo o caso dos transbordos na fase da colheita. No entanto, os estudos que relacionam o uso desses transbordos com os atributos físicos do solo, bem como a sua influência sobre o Intervalo Hídrico Ótimo (IHO), são poucos. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o IHO em uma área de cana-de-açúcar comparada com um remanescente florestal. O estudo foi conduzido em condições de campo na Usina Cerradão, no município de Frutal (MG), em um Latossolo Vermelho distrófico típico, sendo implementado em 2019. O delineamento experimental é o de blocos ao acaso, com quatro repetições, dois tratamentos (área com cana-de-açúcar e remanescente florestal) e 3 locais de amostragem (linha de plantio, canteiro e entrelinha). O solo foi amostrado na camada de 0,00-0,20 m para determinação do IHO do solo. A variação do modelo relacionou os limites de resistência do solo à penetração (RP) e a porosidade de aeração crítica de 10%. Por fim, a RP representou 94% dos fatores limitantes inferiores do IHO, sendo útil na avaliação dos efeitos do tráfego de máquinas.

PALAVRAS-CHAVE: tráfego agrícola, atributos do solo, compactação do solo.

EVALUATION OF THE LEAST LIMITING WATER RANGE UNDER SUGARCANE AND FOREST REMAINING

ABSTRACT: In Brazil, there is an increase in mechanization and the use of different types of machinery in the sugarcane production processes, as is the case with transshipments during the harvest phase. However, there are few studies that relate the use of these overflows with the physical attributes of the soil, as well as their influence on the Least Limiting Water Range (LLWR). Therefore, the objective of this work was to evaluate the LLWR in a sugarcane area compared to a forest remnant. The study was conducted under field conditions at Usina Cerradão, in the municipality of Frutal (MG), on a typical dystrophic Red Latosol, and the experiment was implemented in 2019. The experimental design is randomized blocks, with four repetitions, two treatments (area with sugarcane and forest remnant) and three sampling sites (plant row, seedbed and wheel rows). The soil was sampled in the 0.00-0.20 m layer to determine the soil's LLWR. The variation in this model showed a direct connection to the limits of soil penetration resistance (RP) and critical aeration porosity of 10%. Finally, the RP representing 94% of the lower limiting factors of the LLWR, which leaves an efficient interval in the evaluation of the effects of machine traffic in relation to the remaining forest.

KEYWORDS: agricultural traffic, soil attributes, soil compaction.

INTRODUÇÃO: A crescente demanda de energia renovável no Brasil, fomenta o desenvolvimento e a otimização de tecnologias energéticas, sendo o caso da produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo (BORDONAL et al., 2018). A cana-de-açúcar é uma cultura que exige o uso de máquinas agrícolas durante todo o processo de produção, isto é, desde o plantio até o transporte da cana colhida (ESTEBAN et al., 2019). Em especial, a colheita da cana-de-açúcar é uma das etapas mais importantes da produção, por ser uma das fases que exige maior demanda de energia e mão de obra disponível e/ou especializada (GUIMARÃES JÚNNYOR et al., 2019). O emprego de máquinas agrícolas gera compactação e outros efeitos físicos no solo, modificando assim seus atributos físicos tais como a resistência do solo à penetração de raízes (LOVERA et al., 2021), e conseqüentemente o Intervalo Hídrico Ótimo do solo – IHO (OLIVEIRA et al., 2019). O IHO engloba os principais atributos relacionados a qualidade física do solo (resistência do solo à penetração, aeração do solo, potencial matricial e quantidade de água no solo) em um único parâmetro afim de facilitar a análise da qualidade física do solo (OLIVEIRA et al., 2019). Os limites do IHO precisam ser estimados e quantificados na avaliação dos períodos vegetativos nos quais se evidencie déficit ou excesso da água disponível, estando mais sujeitas a estresse hídrico, aeração e resistência do solo à penetração (BLAINSKI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2019). Avaliar a susceptibilidade do solo à compactação e as alterações nos seus atributos causadas pelo tráfego de máquinas agrícolas deve ser uma preocupação dos pesquisadores da área de mecanização agrícola e manejo do solo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o Intervalo Hídrico Ótimo em uma área de cana-de-açúcar em comparação com um remanescente florestal em um Latossolo Vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em condições de campo em área comercial nas dependências da Usina Cerradão, no município de Frutal, estado de Minas Gerais. O solo apresenta textura média com 290 g kg⁻¹ de argila, 630 g kg⁻¹ de areia e 8 g kg⁻¹ de silte e foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico. No período entre o plantio da cana-de-açúcar e a primeira colheita foram realizadas as seguintes operações para o manejo da cultura: aplicação de herbicida com uso de um pulverizador autopropelido John Deere M4030 com 182 kW de potência; quebra lombo com uso de trator Case IH da série Puma 140 com 106 kW de potência; e pós quebra lombo com trator John Deere M4030. A pesquisa é desenvolvida com delineamento experimental por blocos ao acaso, contendo dois tratamentos e quatro repetições, totalizando oito parcelas experimentais, cada uma com dimensões de 50 m de comprimento por 30 m de largura (1.500 m²). Em 2019, foi realizado o plantio manual da cana em sulcos com 0,3 m de profundidade, com densidade de quinze gemas por metro linear. Todas as máquinas utilizadas na colheita contam com sistema de piloto automático usando um sistema de correção Trimble RTX nos sistemas de transbordo e Topnet da Topcon nas colhedoras, que usam os mapas da área experimental contendo as linhas de plantio e com uma série de padrões de orientação automática. Após a colheita da primeira cana soca (2021), amostras deformadas e indeformadas foram coletadas na camada de 0,00-0,20 m, nos locais correspondentes à linha de plantio, canteiro e entrelinha. O Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) foi avaliado pelos procedimentos descritos em Silva et al. (1994). Foi utilizado um algoritmo desenvolvido no *software* SAS®, ajustando modelos lineares aos dados e realizada a análise de variância pelo teste F para a regressão e os coeficientes foram analisados pelo teste t-Student, ambos ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Quanto ao Intervalo Hídrico Ótimo, esse foi avaliado em três locais diferentes na área de cana-de-açúcar: canteiro (PM), linha de plantio (LP), entrelinha (EL) e remanescente florestal (RF). Os gráficos referentes aos IHO de cada um desses locais são representados abaixo na Figura 1. No canteiro verifica-se o aumento da

densidade do solo e o aumento de θ_{RP} o que limita na extremidade inferior o IHO, enquanto ocorre uma diminuição do θ_{CC} o que limita o IHO na parte superior. Com o decréscimo de θ_{CC} observou a diminuição de θ_{PA} com o aumento da densidade do solo, corroborando com os dados obtidos por Silva et al. (1994), mesmo que esta não se afete diretamente o IHO. Assim, caso as raízes cheguem ao canteiro elas não terão problemas de estresse por oxigenação.

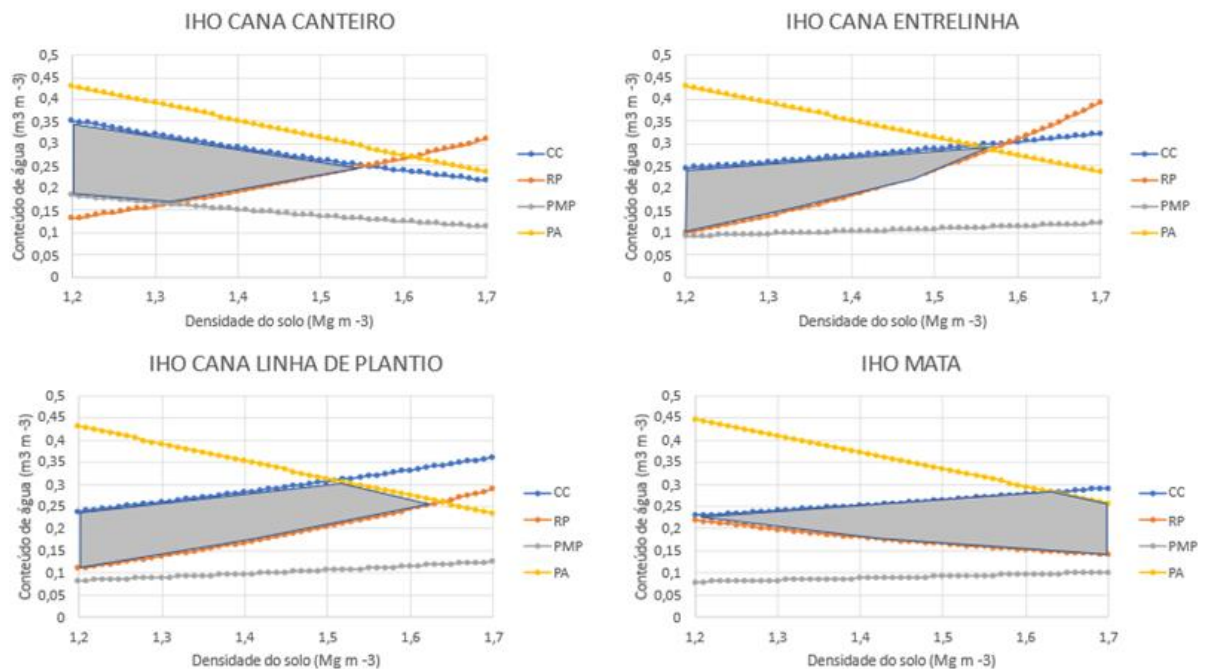


FIGURA 1. Intervalo hídrico ótimo representando a variação na umidade volumétrica na capacidade de campo (CC, $\psi = 10$ kPa), ponto de murcha permanente (PMP, $\psi = 1.500$ kPa), porosidade de aeração (PA = $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e resistência do solo à penetração (RP) no canteiro, linha de plantio, entrelinha e remanescente florestal.

Na linha de plantio, o fator que limita o IHO na extremidade inferior é o θ_{RP} enquanto o θ_{CC} limita o IHO na extremidade superior até $1,52 \text{ Mg m}^{-3}$ quando o fator limitante passa a ser θ_{PA} , possivelmente por conta da existência e/ou deposição de raízes nessa camada do solo. Observa-se que para a linha de plantio o θ_{PMP} não se demonstrou um limitante ao IHO em nenhum momento. Na entrelinha, o IHO possui relação direta com a densidade do solo até atingir um valor crítico de $1,57 \text{ Mg m}^{-3}$, onde a planta começa a ter fatores limitantes de crescimento. Verifica-se que o θ_{RP} e θ_{CC} foram os fatores limitantes do IHO até a densidade de $1,57 \text{ Mg m}^{-3}$ quando o θ_{PA} passa a limitar o IHO na extremidade superior. Como na linha de plantio, o θ_{PMP} não foi limitante ao IHO em nenhum momento para a entrelinha. Por fim, observa-se que na área de remanescente florestal o fator limitante superior foi a θ_{CC} até o ponto $1,64 \text{ Mg m}^{-3}$ quando o fator limitante passou a ser θ_{PA} relacionando negativamente com a densidade do solo após esse valor. Já o fator limitante inferior foi o θ_{RP} para todo o intervalo, sendo que o θ_{PMP} não foi um fator limitante em nenhum trecho do IHO. Em sistemas de adição contínua de matéria orgânica o que acontece no remanescente florestal, ocorreu uma melhoria da estrutura do solo de modo a aumentar, por um lado, a porosidade total e a umidade na qual a porosidade de aeração é crítica (θ_{PA}), e a diminuir, por outro lado, a umidade na qual a resistência do solo à penetração é também

crítica (θ_{RP}), levando ao aumento do IHO. Em seu estudo, Sharma e Bhushan (2001) observaram tal evidência, de que a adição de biomassa ao solo provocou aumento na θ_{PA} crítica e diminuição na θ_{RP} crítica, com conseqüente aumento do IHO. Os autores encontraram valores de IHO 1,7 vezes maiores nos tratamentos em que foi aplicada biomassa vegetal, em relação à testemunha sem aplicação de biomassa. O aumento da resistência do solo à penetração devido ao processo da colheita mecanizada com transbordo é o principal fator que afeta negativamente o IHO. O conhecimento do IHO em diferentes locais como linha e entrelinha podem ser utilizados em modelos de compactação do solo para evitar maior compactação e degradação física do solo em canaviais.

CONCLUSÕES: A variação do IHO nesse modelo demonstrou ligação direta aos limites de resistência do solo à penetração e porosidade de aeração crítica de 10%, sendo que o RP representou 94% dos fatores limitantes inferiores do IHO, o que deixa um intervalo eficiente na avaliação dos efeitos do tráfego de máquinas em relação ao remanescente florestal. Ocorreu uma redução no Intervalo Hídrico Ótimo do solo no sentido da entrelinha < canteiro < linha de plantio na área de cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (2021/09077-2) e a Fundação Agrisus (3054/21) pelo apoio financeiro e a Usina Cerradão pela disponibilidade do espaço para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- BLAINSKI, W.S.; TORMENA, C.A.; GUIMARÃES, E.M.L.; NANNI, M.R. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto influenciada pela cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.1, p.79-87, 2012.
- BORDONAL, R. de O.; CARVALHO, J. L. N.; LAL, R.; DE FIGUEIREDO, E. B.; OLIVEIRA, B. G.; LA SCALA, N. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.38, n.13, p.1-23, 2018.
- ESTEBAN, D. A. A.; SOUZA, Z. M.; TORMENA, C. A.; LOVERA, L. H.; LIMA, E. S.; OLIVEIRA, I. N.; RIBEIRO, N. P. Soil compaction, root system and productivity of sugarcane under different row spacing and controlled traffic at harvest. **Soil and Tillage Research**, v.187, p.60-71, 2019.
- GUIMARÃES JUNNYOR, W. S.; DISERENS, E.; DE MARIA, I. C.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; FARHATE, C. V. V.; DE SOUZA, Z. M. Prediction of soil stresses and compaction due to agricultural machines in sugarcane cultivation systems with and without crop rotation. **Science of the Total Environment**, v.681, p.424-434, 2019.
- LOVERA, L. H.; SOUZA, Z. M.; ESTEBAN, D. A. A.; OLIVEIRA, I. N.; FARHATE, C. V. V.; LIMA, E. S.; PANOSSO, A. R. Sugarcane root system: Variation over three cycles under different soil tillage systems and cover crops. **Soil and Tillage Research**, v.208, p.1-12, 2021.
- OLIVEIRA, I. N.; SOUZA, Z. M.; LOVERA, L. H.; FARHATE, C.V. V.; LIMA, E. S.; ESTEBAN, D. A. A.; FRACAROLLI, J. A. Least limiting water range as influenced by tillage and cover crop. **Agricultural Water Management**, v.225, p.1-13, 2019.
- SHARMA, P. K.; BHUSHAN, L. Physical characterization of a soil amended with organic residues in a rice-wheat cropping system using a single value soil physical index. **Soil and Tillage Research**, v.60, n.3-4, p.143-152, 2001.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E.; Characterization of the least limiting water range. **Soil Science Society American Journal**, v.58, p.1775-1781, 1994.