

QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES ÉPOCAS DE PLANTIO DE SOJA E PLANTAS DE COBERTURA NA IMPLANTAÇÃO DO CANAVIAL

Palavras-Chave: Saúde do solo, produtividade, cana-de-açúcar.

Autores(as):

Júlia de Nicole da Silva, FEAGRI – UNICAMP

Prof^(a). Dr^(a). Zigomar Menezes de Souza (orientador(a)), FEAGRI – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O ciclo de produção da cana de açúcar leva de cinco a seis anos, o que a caracteriza como sendo uma cultura semi-perene e de grande destaque para a economia brasileira (CASTRO et al., 2019). Assim como diversas culturas a sua longevidade e produtividade dependem diretamente da qualidade do solo (ESTEBAN et al., 2019). A atual escassez de mão de obra e a proibição da queima do canavial impulsionou o setor a intensificar o uso de máquinas durante o plantio e a colheita, aumentando os custos de produção (KELLER et al., 2019) e o processo de degradação como a compactação do solo (GUIMARÃES JÚNNYOR et al., 2019).

Um dos principais desafios da agricultura moderna é o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis que permitam a produção de alimentos de qualidade adequada sem colocar em risco os recursos ambientais (OLIVEIRA et al., 2022). Por isso, é uma prática comum adotar a cultura da soja na reforma canavial, uma vez que diminui em até 40% os custos do plantio do novo canavial (SILVA; FERNANDES, 2014). Portanto, o projeto tem como hipótese que o uso de dois cultivos de soja no período de implantação do canavial melhora os atributos solo e aumenta a produtividade da cana-de-açúcar, comparado com as áreas de rotação entre soja e sorgo e somente crotalária.

METODOLOGIA:

O experimento faz parte de um projeto de doutorado que está sendo realizado em área da Usina Cerradão, localizada no município de Itapagipe, Minas Gerais, Brasil (19°47,6'53" de latitude sul e 49°25,53'70" de longitude oeste e 520 m de altitude) (Figura 1). O clima da região é tropical com estação seca (Aw) segundo a classificação climática de Köppen e Geinge (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual de 1.444 mm e temperatura média de 24 °C. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico de textura média, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) e como um Rhodic Hapludox (Oxisol) segundo o Soil Survey Staff (2014).

A área experimental é um canavial de 20 ha⁻¹, antes da implantação da soja foi cultivada com pastagem por mais de 30 anos e estava em estágio de degradação. O plantio da soja foi realizado no dia 20 de novembro de 2020 com a utilização de uma semeadora Valtra modelo BPM 2911M 7090PD com 11 linhas e um trator Valtra modelo BT 190 equipado com GPS. A população de plantas utilizadas foi de 300 mil ha⁻¹ da variedade CZ26B43 com ciclo aproximado de 105-110 dias. Foi aplicado 1,25 Mg

ha⁻¹ de gesso agrícola e 5,0 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 85%), fosfatagem com 2,20 Mg de fosfato bicálcico e foi realizada sobre a área preparada.

Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado é em blocos ao acaso com três tratamentos e quatro repetições totalizando doze parcelas experimentais, cada uma com dimensões de 50 m de comprimento por 30 m de largura (1.500 m²). Nas parcelas experimentais, foram plantadas 20 linhas de cana-de-açúcar em sentido paralelo ao comprimento da parcela e com espaçamento de 1,5 m entre as linhas de plantio.

Os tratamentos adotados correspondem a diferentes épocas de plantio da soja e planta de cobertura:

Tratamento 1 – Preparo do solo em 2021 e plantio de *Crotalaria oroleuca* em outubro de 2021 antecedentes ao plantio da cana-de-açúcar (variedade CTC 9002). Após a formação da massa de crotalaria, antes da cultura iniciar sua fase reprodutiva (no momento da florada), a cultura foi processada com rolo faca e “tombada” sobre a área e então ocorreu o plantio de cana sobre a massa de crotalaria em março de 2022.

Tratamento 2 – Preparo do solo e plantio de soja em 2020 (variedade cz37b43) e sorgo granífero em 2021 (variedade 1G100) antecedentes ao plantio da cana-de-açúcar (variedade CTC 9002). O sorgo foi conduzido em forma de plantio direto sobre palhicho de soja em outubro de 2021. Após a colheita do sorgo (2021/2022) ocorreu o plantio de cana sobre o palhicho de sorgo em março de 2022.

Tratamento 3 – Preparo de solo em 2020 e plantio de soja (variedade cz37b43) em 2 verões (2020 e 2021) antecedentes ao plantio da cana-de-açúcar (variedade CTC 9002). Após a colheita da segunda safra de soja 2021/2022 ocorreu o plantio de cana sobre o palhicho de soja em março de 2022.

Amostragem do solo

Ao final do primeiro ciclo de cultivo da cana-de-açúcar (cana planta) será realizada a amostragem do solo nas camadas de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m para determinação das alterações ocorridas nos atributos físicos do solo em função dos diferentes sistemas de manejo adotados.

Produtividade da cultura de cana-de-açúcar

Foi determinada mediante pesagem da cana-de-açúcar colhida em cada faixa de avaliação, em uma balança digital com precisão de 0,1 kg. A produtividade foi convertida a toneladas por hectare.

Análise dos resultados

A estatística foi realizada no *software* SAS®, por meio da análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e apresentando significância para as interações ou entre os níveis dos fatores isolados foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os valores dos atributos do solo diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos estudados (Tabela 1). Em todos os sistemas de manejo da cana-de-açúcar estudados o DMP foi considerado baixo. Isto é concordante com os resultados obtidos por Góes et al. (2005), os quais observaram que o revolvimento do solo para o plantio e cultivo da cana-de-açúcar tem maior efeitos na estabilidade de agregados em relação a matéria orgânica e ao tempo de cultivo em um Latossolo Vermelho distroférico.

Tabela 1. Estabilidade de agregados para o sistema de manejo crotalária + cana-de-açúcar, soja + sorgo + cana-de-açúcar e soja dois verões + cana-de-açúcar em Itapagipe, Minas Gerais, sudeste do Brasil.

Tratamento	DMP (mm)	DMG (mm)	IEA (%)
0,00-0,10 m			
Crotalária	1,66 a	0,73 a	59,28 a
Soja + Sorgo	2,07 a	0,65 a	60,67 a
Soja 2	1,63 a	0,55 a	58,60 a
0,10-0,20 m			
Crotalária	1,89 a	0,64 a	58,83 a
Soja + Sorgo	2,76 a	1,08 a	64,32 a
Soja 2	3,43 a	1,29 a	71,03 a
0,20-0,40 m			
Crotalária	1,50 a	0,56 a	51,13 a
Soja + Sorgo	2,05 a	0,78 a	59,78 a
Soja 2	2,65 a	0,89 a	65,45 a

Crotalária = preparo do solo em 2021 e plantio de *Crotalária oroleuca* em outubro de 2021 antecedentes ao plantio da cana-de-açúcar; Soja + Sorgo = preparo do solo e plantio de soja em 2020 (variedade cz37b43) e sorgo granífero em 2021 (variedade 1G100) antecedentes ao plantio da cana-de-açúcar. Soja 2 = preparo de solo em 2020 e plantio de soja (variedade cz37b43) em 2 verões (2020 e 2021) antecedentes ao plantio da cana-de-açúcar. DMP = diâmetro médio ponderado; DMG = diâmetro médio geométrico; IEA = índice de estabilidade de agregados.

O IEA apresentou valores variando de 51,13% a 71,03%, porém, não apresentou diferença estatística entre os tratamentos estudados (Tabela 1). Vasconcelos et al. (2010) estudando a estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar, verificaram valores oscilando de 45,10 a 62,50% em área de mata nativa. Observou-se que a associação de monocotiledôneas e dicotiledôneas (sorgo e soja), favoreceu o aumento do IEA, concordando com os dados obtidos por Castro Filho et al. (1998) os quais verificaram maior efeito de raízes de monocotiledôneas em relação às dicotiledôneas na estruturação do solo. Os autores observaram que, com a rotação milho/trigo/milho, a estabilidade do solo, na profundidade de 0,00-0,10 m, foi 20% superior comparada com a rotação soja/trigo/soja.

As diferentes coberturas estudadas apresentaram diferença estatística significativa em todos os tratamentos para população de plantas (Tabela 2). A população de plantas nos tratamentos crotalária e soja + sorgo não diferiram entre si e apresentaram os maiores valores (78.889,29 e 78.333,63 indivíduos ha⁻¹), diferindo do tratamento com soja + sorgo (76.889,27). Ambrosano et al. (2011) estudando a produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas, verificaram um incremento na produtividade física e de açúcar da cana, na média de cinco colheitas, quando se efetua o cultivo prévio de crotalária júncea à cana planta. A crotalária júncea proporciona a melhor relação custo-benefício para ser usada em cultivo prévio à instalação do canavial, destacando-se em relação à produção de material vegetal e ao acúmulo de nutrientes, em especial ao de nitrogênio.

A produtividade da cana-de-açúcar não apresentou diferença entre os tratamentos estudados (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados por Farhate et al. (2022) onde independentemente do ciclo de produção, não houve diferenças significativas na produtividade da cana-de-açúcar entre os sistemas de manejo (culturas de cobertura + preparo do solo) e o sistema convencional (controle). Porém, durante o ciclo da cana planta, o sorgo com cultivo mínimo e subsolagem profunda aumentaram a produtividade da cana-de-açúcar em 15 Mg ha⁻¹ em relação ao sistema convencional. Destaca-se que os tratamentos apresentaram uma produtividade média de 131,58 Mg ha⁻¹ acima da produtividade média para a região sudeste na safra de 2002/2023 que foi de

73,50 Mg ha⁻¹, ou seja, os tratamentos promoveram um aumento significativo da produtividade na área de estudo.

Tabela 2. Estabilidade de agregados para o sistema de manejo crotalária + cana-de-açúcar, soja + sorgo + cana-de-açúcar e soja dois verões + cana-de-açúcar em Itapagipe, Minas Gerais, sudeste do Brasil.

Tratamento	DC	AP	PP	Produtividade
	cm	m	ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹
Crotalária	2,82 a	3,33 a	78.889,29 a	132,29 a
Soja + Sorgo	2,99 a	3,20 a	76.889,27 b	131,96 a
Soja 2	2,92 a	3,18 a	78.333,63 a	130,48 a

Crotalária = preparo do solo em 2021 e plantio de *Crotalária oroleuca* em outubro de 2021 antecedentes ao plantio da cana-de-açúcar; Soja + Sorgo = preparo do solo e plantio de soja em 2020 (variedade cz37b43) e sorgo granífero em 2021 (variedade 1G100) antecedentes ao plantio da cana-de-açúcar. Soja 2 = preparo de solo em 2020 e plantio de soja (variedade cz37b43) em 2 verões (2020 e 2021) antecedentes ao plantio da cana-de-açúcar. DC = diâmetro do colmo; AP = altura de planta; PP = população de plantas. Média seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES:

Os valores dos atributos do solo diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos estudados.

A produtividade da cana-de-açúcar não apresentou diferença entre os tratamentos estudados, porém, os tratamentos apresentaram uma produtividade média de 131,58 Mg ha⁻¹ acima da produtividade média para a região sudeste na safra de 2002/2023 que foi de 73,50 Mg ha⁻¹.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, 711-728, 2013.
- AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SCHAMMAS, E. A.; DIAS, F. L. F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T.; SACHS, R. C. C.; AZCÓN, R. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, v.70, n.4, p.810-818, 2011.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo de amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3, p.527-538, 1998.
- CASTRO, S. G. Q.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; BORDONAL, R. O.; MENANDRO, L. M. S.; FRANCO, H. C. J.; CARVALHO, J. L. N. Changes in soil pest populations caused by sugarcane straw removal in Brazil. **BioEnergy Research**, v.12, p.878-887, 2019.
- 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.

FARHATE, C. V. V.; SOUZA, Z. M.; CHERUBIN, M. R.; LOVERA, L. H.; OLIVEIRA, I. N.; GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; LA SCALA, N. Soil physical change and sugarcane stalk yield induced by cover crop and soil tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.46, e0210123, 2022.

GÓES, G. B.; GREGGIO, T. C.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ANDRIOLI, I. Efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados e na condutividade hidráulica do solo. **Irriga**, v.10, n.2, p.116-122, 2005.

GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; DISERENS, E.; DE MARIA, I. C.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; FARHATE, C. V. V.; 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.

KELLER, T.; SANDIN, M.; COLOMBI, T.; HORN, R.; OR, D. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. **Soil and Tillage Research**, v.194, p.1-12, 2019.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. **Size distribution of aggregates**. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society Agronomy, p.499-510, 1965.

OLIVEIRA, I. N.; SOUZA, Z. M.; BOLONHEZI, D.; TOTTI, M. C. V.; MORAES, M. T.; LOVERA, L. H.; LIMA, E. S.; ESTEBAN, D. A. A.; OLIVEIRA, C. F. Tillage systems impact on soil physical attributes, sugarcane yield and root system propagated by pre-sprouted seedlings. **Soil and Tillage Research**, v.223, p.1-13, 2022.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, 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**. 5 Ed. Revisada e Ampliada. Brasília: EMBRAPA, 2018.

SILVA, R. P.; FERNANDES, C. Soil uses during the sugarcane fallow period: influence on soil chemical and physical properties and on sugarcane productivity. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.2, p.575-584, 2014.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**. 12 Ed. Washington: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2014. 372 p.

VASCONCELOS R. F. B.; CANTALICE J. R. B.; OLIVEIRA V. S.; COSTA Y. D. J.; CAVALCANTE DOUGLAS MONTEIRO. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.309-316, 2010.