



ATRIBUTOS DO SOLO E PLANTAS DE COBERTURA EM ÁREA DE REFORMA DE CANAVIAL SOB MANEJO ORGÂNICA

Palavras-Chave: Saúde do solo, preparo do solo, plantio direto, crotalária.

Autores(as):

Júlia de Nicole da Silva, FEAGRI – UNICAMP

Aline Schneiders Martins Dalpian, FEAGRI – UNICAMP

Prof. Dr. Zigomar Menezes de Souza, FEAGRI - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O plantio convencional tem como característica o preparo intensivo do solo com o uso de aração e/ou subsolagem, além do uso de fertilizantes, isso se aplica também ao plantio da cana-de-açúcar, causando além da compactação pelo uso de máquina, a diminuição da macroporosidade, a erosão causada pela exposição do solo pelo revolvimento, originando uma baixa produtividade (FARHATE et al., 2020). Atualmente surgiram técnicas para a produção de cana de açúcar que visam facilidade em aderir práticas ecológicas e manejo orgânico do solo, como o sistema plantio direto e adubação orgânica (BORDONAL et al., 2018; VIZIOLI et al., 2021).

Os diferentes sistemas de preparo do solo ocasionam mudanças nas suas características físicas, como: a agregação, densidade e porosidade do solo, resistência do solo à penetração e condutividade hidráulica saturada que quando mal explorados refletem em baixa produtividade (VITTI et al., 2016). Com base nisso, os estudos e preparo do solo a longo prazo são fundamentais para dimensionar os impactos causados pelas diferentes técnicas de manejo (BÜCHI et al., 2017), usadas no plantio da cana-de-açúcar orgânica, evitando a degradação desse solo e possibilitando a renovação do canavial. Nesse contexto, pode-se adotar um sistema de manejo utilizando diferentes plantas de cobertura e preparo do solo.

Segundo dados da FIBL – Research Institute of Organic Agriculture (instituto mais importante de pesquisa na área de manejo orgânico, localizado na Suíça), o mercado global de alimentos orgânicos atingiu, em 2019, mais de 106 bilhões de euros, sendo os Estados Unidos o líder de mercado ultrapassando os 44 bilhões de euros, seguido pela Alemanha (12 bilhões de euros) e a França (11 bilhões de euros) (IFOAM, 2021).

OBJETIVOS:

Objetivo Geral

Avaliar os efeitos do uso de diferentes plantas de cobertura associadas a distintos sistemas de preparo nos atributos físicos e produtividade da cana-de-açúcar sob manejo orgânico, no ciclo de cana planta.

Objetivos Específicos

Analisar os atributos físicos como: densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo em área sob cultivo de cana-de-açúcar orgânica.

METODOLOGIA:

O estudo foi conduzido em condições de campo em uma área experimental que está localizada no município de Goiatuba, Goiás, Brasil, posicionado aos 18°3'18.07" de latitude sul e 49°39'54.22" de

longitude oeste e com altitude média de 690 metros acima do nível do mar (Figura 1). Trata-se de uma área de renovação de canavial pertencente à Usina Goiasa onde o clima da região é classificado como tropical com estação seca (Aw) segundo a classificação climática de Köppen onde as chuvas ocorrem entre 1.600 e 1.900 mm ano⁻¹, com média anual de temperatura de 20 °C (ALVARES et al., 2013). Baseado no levantamento pedológico da área, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho típico (SANTOS et al., 2018) ou como Oxisol segundo o Soil Taxonomy System (SOIL SURVEY STAFF, 2014) com textura média (26-35% de argila, com horizonte A moderado).

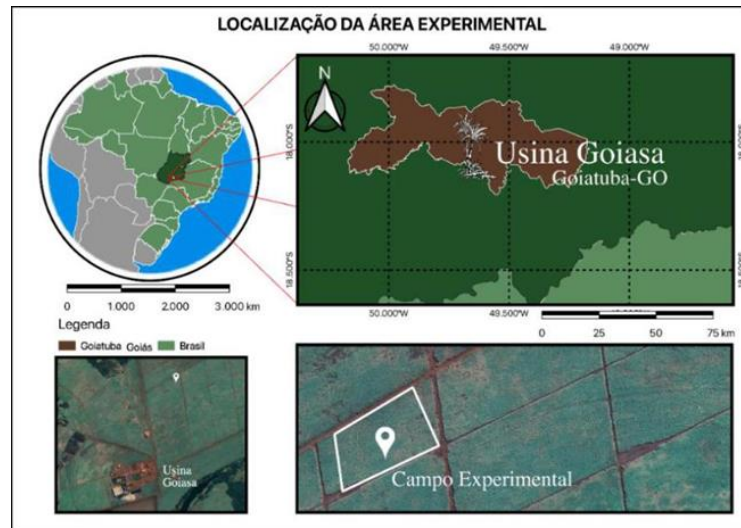


Figura 1. Localização da área experimental sob cultivo de cana-de-açúcar orgânica em Goiatuba, Goiás, Brasil.

O delineamento experimental empregado foi de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas corresponderam aos três sistemas de preparo do solo (plantio direto com gradagem a 0,20 m para controle de plantas espontâneas, cultivo mínimo com subsolagem a 0,45 m e preparo convencional com aração e gradagem a 0,20 m) e as subparcelas receberam as três coberturas Milheto (*Pennisetum glaucum*), Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e Mix 1 (7% crambe - *Crambe abyssinica* Hochst, 13% guandu anão - *Cajanus cajan*, 25% trigo mourisco - *Fagopyrum esculentum*, 5% nabo forrageiro - *Raphanus sativus* L., 25% *Crotalaria spectabilis* e 25% *Crotalaria ochroleuca*). Cada parcela experimental apresentou 7 linhas de cana-de-açúcar, distribuídas em 30 m de largura (espaçamento entre linhas de 1,5 m) e 10 m de comprimento (300 m²). Os pontos amostrais foram localizados na linha de plantio (LP) da cultura de cana-de-açúcar, procurando a melhor representatividade de cada tratamento em estudo. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m.

Análises físicas do solo

Densidade do solo

Foi calculada pela relação entre a massa do solo seco em estufa a 105 °C e volume da amostra, segundo metodologia da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017).

Porosidade do solo

A porosidade foi calculada a partir da mesa de tensão, a microporosidade corresponde à umidade volumétrica da amostra submetida a uma tensão de 0,006 MPa, após saturação e a macroporosidade por diferença entre a porosidade total e a microporosidade, de acordo com método da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017).

Análises dos resultados

Para interpretação dos dados foi utilizada estatística descritiva (média e desvio padrão) e a diferença de médias dos atributos entre os diferentes tratamentos foram testadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se para isto o programa SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Densidade e porosidade do solo

A densidade do solo (Ds) não apresentou diferenças significativas entre sistema de plantio direto e preparo convencional para as diferentes coberturas estudadas (Tabela 1). Destaca-se que a coleta foi realizada após o uso de plantas de cobertura e não ocorreu nenhum tráfego agrícola referente a colheita de cana-de-açúcar. De acordo com Braida et al. (2006) além do efeito do sistema radicular, o acúmulo de matéria orgânica no solo, proporcionado por diferentes formas de manejo, aumenta sua umidade crítica para a compactação, tornando-o mais resistente. Conforme os autores, a manutenção da palhada na superfície do solo dissipa, até 30%, a energia de compactação à qual o solo é submetido. Gonçalves et al. (2006) avaliando o sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo, verificaram que o milho ADR 500 e o amaranho foram as espécies que se destacaram na produção de massa de matéria seca da parte aérea e conseguiram desenvolver-se nas camadas compactadas e abaixo delas. Moraes et al. (2014) observaram em seu estudo maiores densidades do solo do sistema plantio direto em relação ao preparo de solo convencional, destacando que esse sistema nos primeiros anos como não apresenta revolvimento tende a apresentar maior compactação até a sua estabilização.

Tabela 1. Densidade e porosidade total em Latossolo Vermelho com diferentes tratamentos e profundidades, na área experimental em Goiatuba, Goiás, Brasil.

Tratamento	Densidade do solo (Mg m^{-3})			Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
Crotalária						
Plantio direto	1,01 Aa	1,16 Ab	1,23 Ab	0,67 Aa	0,67 Aa	0,57 Ab
Plantio convencional	1,03 Aa	1,16 Ab	1,14 Ab	0,61 Aa	0,60 Aa	0,59 Ab
Mix 1						
Plantio direto	1,07 Aa	1,12 Ab	1,16 Ab	0,68 Aa	0,64 Aa	0,60 Aa
Plantio convencional	1,01 Aa	1,04 Aa	1,15 Ab	0,63 Aa	0,63 Aa	0,57 Ab
Mix 2						
Plantio direto	1,02 Aa	1,08 Aa	1,09 Aa	0,68 Aa	0,67 Aa	0,60 Aa
Plantio convencional	1,08 Aa	1,16 Ab	1,19 Ab	0,66 Aa	0,59 Ab	0,58 Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou por letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os valores de densidade do solo estão baixos em relação a trabalhos desenvolvidos após a colheita em diferentes safras de cana-de-açúcar (Tabela 1). Farhate et al. (2022) estudando a mudança física do solo e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes plantas de cobertura, verificaram valores de densidade do solo acima de $1,50 \text{ kg dm}^{-3}$, segundo Baquero et al. (2012) após o tráfego de máquinas recorrente durante as operações de colheita da cana-de-açúcar induziu no aumento da densidade do solo, grau de compactação e microporosidade e, redução da macroporosidade, indicando compactação do solo. De acordo com Silva et al. (2017) as menores densidades observadas nas camadas superficiais estão relacionadas à maior densidade de raízes das culturas agrícolas utilizadas e ao maior teor de matéria orgânica.

Verificou-se um aumento da densidade solo em profundidade nos sistemas de plantio direto e preparo convencional para as diferentes plantas de cobertura estudadas (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por Roque et al. (2011) avaliando os atributos físicos do solo e intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico sob controle de tráfego agrícola em cana-de-açúcar e, segundo Arshad et al. (1996), valores acima de $1,40 \text{ kg m}^{-3}$ restringem o crescimento radicular em solo argiloso, portanto, os tratamentos em estudo não apresentaram densidade restritiva ao crescimento radicular.

Não se verificou diferença significativa para a porosidade total entre o sistema de plantio direto e preparo convencional para as diferentes coberturas estudadas (Tabela 1). Para todos os preparos, profundidades e plantas de cobertura estudadas a porosidade total está acima de $0,57 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, segundo Camargo e Alleoni (1997), um solo ideal deve apresentar $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de volume de poros que, na capacidade de campo, teria $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ocupado pela água e $0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ocupado pelo ar. Neves et al. (2003), observaram porosidade total de $0,48 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ em áreas compactadas e $0,60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ em áreas não compactadas em um Latossolo Vermelho distroférrico com aproximadamente 70% de argila.

Para macroporosidade não observou diferenças significativas entre os tratamentos, nas diferentes profundidades estudadas (Tabela 2). Porém, nos diferentes sistemas de manejo avaliados, verificou-se

que todos os tratamentos apresentaram valores de macroporosidade do solo, em todas as profundidades superiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, esse resultado evidencia que a área ainda não recebeu o efeito do tráfego de máquinas pesadas nos tratos culturais e, principalmente na colheita da cana-de-açúcar.

Tabela 2. Macro e microporosidade em Latossolo Vermelho com diferentes tratamentos e profundidades, na área experimental em Goiatuba, Goiás, Brasil.

Tratamento	Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)			Microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)		
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
Crotalária						
Plantio direto	0,22 Ab	0,11 Aa	0,20 Ab	0,45 Aa	0,46 Aa	0,46Aa
Plantio convencional	0,21 Ab	0,18 Aa	0,17 Aa	0,40 Aa	0,46 Aa	0,41Aa
Mix 1						
Plantio direto	0,23 Ab	0,19 Ab	0,16 Aa	0,45 Aa	0,45 Aa	0,44Aa
Plantio convencional	0,23 Ab	0,22 Ab	0,13 Aa	0,40 Aa	0,41 Aa	0,44Aa
Mix 2						
Plantio direto	0,25 Ab	0,18 Aa	0,19 Ab	0,42 Aa	0,43 Aa	0,41Aa
Plantio convencional	0,25 Ab	0,15 Aa	0,15 Aa	0,42 Aa	0,43 Aa	0,44Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou por letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A microporosidade não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, nas diferentes profundidades estudadas (Tabela 2). Segundo Silva e Kay (1997) a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura e pelo teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo, originada pelo tráfego de máquinas, implementos entre outros.

CONCLUSÕES:

Os valores para a densidade estão baixos e ocorreu um aumento da densidade solo em profundidade para os sistemas de plantio direto e preparo convencional para as diferentes plantas de cobertura estudadas. Os valores de porosidade total e macroporosidade estão altos indicando que até o momento não ocorreu compactação do solo e o efeito das plantas de cobertura foram positivos na reforma do canavial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141. (SSSA Special publication, 49).
- BAQUERO, J. E.; RALISCH, R.; MEDINA, C. C.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F. Soil physical properties and sugarcane root growth in a red oxisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.1, p.63-70, 2012.
- BORDONAL, R. O.; CARVALHO, J. L. N.; LAL, R.; FIGUEIREDO, E. B.; OLIVEIRA, B. G.; LA SCALA JÚNIOR, N. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.38, n.13, p.1-23, 2018.
- BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.4, p.605-614, 2006.
- BÜCHI, L.; WENDLING, M.; AMOSSÉ, C.; JEANGROS, B.; SINAJ, S.; CHARLES, R. Long and short term changes in crop yield and soil properties induced by the reduction of soil tillage in a long term experiment in Switzerland. **Soil and Tillage Research**, v.174, p.120-129, 2017.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1997. 132p.

FARHATE, C. V. V.; SOUZA, Z. M.; CHERUBIN, M. R.; LOVERA, L. H.; OLIVEIRA, I. N.; CARNEIRO, M. P.; LA SACALA JUNIOR, N. Abiotic soil health indicators that respond to sustainable management practices in sugarcane cultivation. **Sustainability**, v.12, n.22, p.1-19, 2020.

FARHATE, C. V. V.; SOUZA, Z. M.; CHERUBIN, M. R.; LOVERA, L. H.; OLIVEIRA, I. N.; GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; LA SCALA JUNIOR, N. Soil physical change and sugarcane stalk yield induced by cover crop and soil tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.46, p.1-24, 2022.

GONÇALVES, W. G.; JIMENEZ, R. L.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.67-75, 2006.

IFOAM – International Federation of Organic Agriculture Movements. **Agricultura orgânica mundial: estatísticas**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://ciorganicos.com.br/biblioteca/agricultura-organica-mundial-estatisticas>> Data de acesso: 28/06/2023.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. Limites críticos da resistência à penetração do solo em um Eutródox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.288-298, 2014.

NEVES, C. S. V. J.; FELLER, C.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; TAVARES FILHO, J.; FORTIER, M. Soil bulk density and porosity of homogeneous morphological units identified by the cropping profile method in clayey oxisols in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.71, n.2, 109-119, 2003.

ROQUE, A. A. O.; SOUZA, Z. M.; ARAÚJO, F. S.; SILVA, G. R. V. Atributos físicos do solo e intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico sob controle de tráfego agrícola. **Ciência Rural**, v.41, n.9, p.1536-1542, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Ed. Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2018. 353 p.

SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, n.3, p.877-883, 1997.

SILVA, M. P.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.1, p.60-67, 2017.

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

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solos. **3ª edição Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa**, 2017. 573p.

VITTI, A. C.; DE MARIA, I. C.; FONTES, J. L.; BORTOLETTI, J. O.; DRUGOWICH, M. I.; ROSSETTO, R. Boletim de recomendações gerais para conservação do solo na cultura de cana-de-açúcar. Campinas: **Boletim técnico IAC**, p.85, 2016.

VIZIOLI, B.; CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; BARTH, G. Effects of long-term tillage systems on soil physical quality and crop yield in a Brazilian Ferralsol. **Soil and Tillage Research**, v.209, 104935, 2021.