

EFEITO DO CULTIVO DE CROTALÁRIA *JUNCEA* EM ROTAÇÃO COM CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO

Gislaine Silva Pereira¹; Denise Mahl¹; Carlos Henrique Wachholz de Souza¹ e Vitor Prampero¹

¹Universidade Estadual de Maringá - UEM, Departamento de Engenharia Agrícola, Campus do Arenito. Rodovia PR 482, km 45, CEP: 87820-000, Cidade Gaúcha, PR. E-mail: gislainepereira@hotmail.com, dmahl@uem.br, carlos_hws@hotmail.com, prampero_18@hotmail.com

RESUMO: Este estudo foi conduzido em uma lavoura tradicional de cultivo de cana-de-açúcar de uma usina sucroalcooleira, localizada no município de Cidade Gaúcha, Paraná, onde utiliza-se do equipamento de preparo profundo e canteirizado do solo. Assim, o estudo teve como objetivo avaliar, em área de renovação de canavial da região Noroeste do Paraná, o efeito sobre os parâmetros físicos do solo, do uso da crotalária juncea como adubação verde neste tipo de preparo do solo. Para tanto, foram realizadas duas avaliações, aos 30 dias após o plantio e 30 dias após a colheita do canavial, em parcelas com e sem o cultivo de crotalária. Foram analisados o teor de água, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo, além da resistência do solo à penetração. Os resultados foram submetidos a análise de variância e no caso de variação significativa, procedeu-se o teste de Tukey a 5% de significância. Concluiu-se que o uso da crotalária juncea como cobertura vegetal anterior à realização do preparo do solo para o cultivo da cana-de-açúcar não modificou significativamente os parâmetros físicos do solo em comparação ao manejo sem cobertura, considerando apenas um ciclo de sucessão de culturas. Contudo, o uso de cobertura vegetal contribui com a manutenção do teor de água no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Saccharum officinarum L., adubação verde, preparo profundo e canteirizado.

EFFECT OF CROTALARY CULTIVATION IN ROTATION WITH SUGAR CANE ON PHYSICAL PARAMETERS OF SOIL

ABSTRACT: This study was carried out in a traditional sugarcane mill, located in Cidade Gaúcha municipality, in Parana state, where is employ the Deep Bed tillage equipment. This way, this study aimed to evaluate in area of canebrake renovation of the Paraná Northwest region, the effect of the use of Crotalaria juncea as green manure in soil physical properties, in this type of soil preparation. For this purpose, two evaluations were carried, in the 30 days after planting and 30 days after harvesting sugarcane, in plots with and without crotalaria cultivation. The water content, soil density, macroporosity, microporosity and total porosity of the soil were analyzed, as well as soil penetration resistance. The results were submitted to an analysis of variance, and whether there was significant variation, the Tukey test was performed at 5% significance level. It was concluded that the use of the Crotalaria juncea as green manure, prior to the preparation of the soil for the sugarcane cultivation, it did not change significantly the soil physical parameters compared to uncovered management, considering only one succession of crops. However, the use of vegetable cover in soil contributed to the maintenance of water content.

KEYWORDS: Saccharum officinarum L., green manure, deep bed tillage.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é originária de Nova Guiné, sendo que o primeiro contato com a cultura no ocidente se deu no século XI, durante as cruzadas. Já no Brasil, a cana-de-açúcar foi trazida em 1532, sendo o primeiro cultivo realizado na capitania de São Vicente (Machado, 2017).

De acordo com Townsend (2000), a cana-de-açúcar é considerada perene, produzindo em média de 4 a 6 anos, sendo uma cultura de grande destaque na economia brasileira. Sua longevidade e produtividade dependem de diversos fatores, tais como a variedade implantada, fertilidade do solo, condições climáticas, práticas culturais, controle de pragas e doenças e método de colheita. O autor destaca que a adequação destes fatores de produção é importante para a maximização da produção e longevidade do canavial.

Segundo a Conab (2016), a produção de cana-de-açúcar no Brasil durante a safra 2015/16 foi de mais de 665 milhões de toneladas, com área cultivada em torno de 8.665 mil hectares, destacando-se o sul do Brasil em quarto lugar como maior região produtora de cana-de-açúcar e o Paraná como o terceiro estado com maior produção de açúcar do país.

A produção da cana-de-açúcar pode ser realizada em diversos tipos de solo, em contrapartida a sua produtividade pode diminuir em consequência das características de determinados solos, que influenciam no desenvolvimento da cultura (Marin, 2017).

Ceddia et al. (1999) afirmam que as técnicas de manejo da cultura da cana-de-açúcar são influenciadas pela utilização de sistemas com um vigoroso revolvimento do solo (com utilização de arados, grades pesadas e subsoladores) para a realização do plantio, podendo reduzir a produtividade do canavial por influência do manejo do solo que afeta as propriedades físicas e químicas do mesmo. Barbosa et al. (2015) também ressaltam que o intenso uso de máquinas e implementos visando o aumento da produtividade dos canaviais, pode modificar os atributos físicos do solo e mencionam que o cultivo e o manejo do solo em condições inapropriadas, provocam degradação na estrutura do solo e, conseqüentemente interferem na infiltração de água, densidade do solo e resistência do solo à penetração, o que compromete o desenvolvimento radicular das plantas.

No que diz respeito ao preparo do solo para o cultivo da cana-de-açúcar, além dos sistemas tradicionais de mobilização do solo (com arados, grades, subsoladores), tem-se utilizado um equipamento de preparo profundo, o qual foi projetado para realizar o preparo de solo, em forma de cultivo mínimo, para a cultura da cana-de-açúcar, pois esta, por apresentar sistema radicular profundo e por apresentar solos compactados em função do intenso tráfego de máquinas, muitas vezes requer operações de preparo do solo mais profundas. Este equipamento proporciona a

“canteirização” do canavial e a técnica consiste em preparar, corrigir e adubar o terreno somente sobre as linhas onde serão implantados os canaviais, mantendo as entrelinhas sem reforma, como um local para o tráfego de máquinas, visando não permitir a compactação causada pela pressão exercida pelos rodados das colhedoras na linha da cana, dos veículos de transbordo e até mesmo pela presença dos trabalhadores de campo (MARASCA, 2014).

O equipamento mencionado de Preparo Intensivo, Profundo e Canteirizado do Solo, de acordo com Marasca (2014), é constituído por componentes que possibilitam a realização de cinco operações ou funções ao mesmo tempo, sendo por isso denominado “Penta”. Ele possui em sua configuração original uma haste subsoladora, um mecanismo para aplicação de corretivos, um mecanismo para aplicação de fertilizantes com opção de variação da profundidade (0,40 e 0,80 m), uma enxada rotativa para destorroamento do solo e incorporação do corretivo e um sistema para realização da canteirização (formação de canteiros em faixas).

No que diz respeito a compactação do solo frequentemente diagnosticada em lavouras canavieiras, Lanças (2015) cita três principais efeitos nocivos da compactação do solo: a dificuldade para o desenvolvimento das raízes das plantas; a restrição de água nas camadas mais profundas de solo e das raízes das plantas em períodos de déficit hídrico; e a dificuldade para infiltração de água no solo.

De acordo com Reichert et al. (2003) citados por Lanças (2015), as condições do ambiente de crescimento radicular podem ser alteradas pelas operações agrícolas que envolvam mobilização e tráfego de máquinas. A degradação da qualidade do solo pode ser alterada por fatores como a compactação e a agregação do solo. Os solos arenosos são mais suscetíveis a desagregação e menos vulneráveis a compactação, enquanto os solos argilosos apresentam maiores índices de compactação, porém são mais resistentes a desagregação.

O manejo do solo para o cultivo da cana-de-açúcar, quando feito de forma incorreta pode causar sérios problemas tanto no solo quanto para a cultura, tornando a área imprópria para seu cultivo. Dentre outros problemas causados pelo manejo inadequado dos solos nos canaviais destacam-se a grande ocorrência de erosões e a baixa fertilidade dos solos (Andrade, 1982, citado por Luz et al., 2005).

Bolonhesi e Gonçalves (2015) mencionam que estudos realizados em canaviais na Austrália comprovaram que as principais razões para o declínio da produtividade era a monocultura associada aos processos de degradação do solo. Tais estudos apontaram como alternativa para tal problema, o cultivo de leguminosas e sucessão/rotação aliado ao manejo conservacionista do solo. Os autores afirmam ainda que a utilização de adubos verdes é de fundamental importância para o controle da erosão em áreas com cana-de-açúcar, pois normalmente as espécies proporcionam crescimento inicial rápido, o que permite uma eficiente

Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, v.6, n. especial seagro, p.1-12, 2017.

cobertura do solo.

Além de sua utilização como técnica de conservação do solo, a utilização de leguminosas como adubos verdes em sucessão/rotação com a cana-de-açúcar, fornecem grandes quantidades de Nitrogênio, favorecem a multiplicação dos fungos micorrízicos arbusculares e sua colonização na cultura subsequente, proporcionando aumento na absorção de nutrientes com baixa mobilidade no solo, tais como o fósforo. Além disto, o sistema radicular da maioria das espécies de adubos verdes favorece a exploração do perfil do solo e proporciona uma maior ciclagem de nutrientes, ao mesmo tempo em que contribui para o controle de nematoides e para a redução de doenças que afetam os canaviais, e conseqüentemente, proporcionam incrementos consideráveis na produtividade dos mesmos (Bolonhesi e Gonçalves, 2015).

De acordo com Marin (2017), para se obter maior produtividade de um canavial, deve-se realizar a recuperação da fertilidade dos solos, em camadas profundas e superficiais quando os solos não apresentam boas condições para seu cultivo. Luz et al. (2005) mencionam que, como alternativa para a recuperação da fertilidade dos solos, tem se utilizado a adubação verde como forma sustentável, que auxilia na melhoria das áreas agrícolas.

Segundo Barradas (2010), a adubação verde é uma técnica que tem por finalidade inserir em um sistema de produção, uma espécie adequada para incorporar sua massa vegetal ou depositar esta massa no solo, promovendo a quebra do ciclo vegetativo de plantas daninhas e também diminuindo a infestação das mesmas, obtendo menor concorrência de plantas invasoras no plantio da cultura posterior.

Para Demattê (2004), a associação de culturas como a crotalária durante o manejo do solo, é de fundamental importância, sendo possível realizar o cobrimento do solo durante épocas com maiores índices de precipitação e a prevenção de riscos de erosão. Barradas (2010) por sua vez, destaca que as leguminosas como a crotalária *juncea*, normalmente apresentam teores mais elevados de nitrogênio, se comparada a outras espécies, como por exemplo, as gramíneas, e menciona que a vantagem do uso de leguminosas também se dá pela maior rapidez na decomposição dos restos vegetais.

Barbosa et al. (2015) ao avaliar os atributos físicos do solo e o desenvolvimento radicular da cana planta em diferentes sistemas de manejo com e sem rotação de cultura (usando a *Crotalaria spectabilis*) durante a reforma do canavial, concluíram que o sistema de preparo com menor mobilização de solo e com rotação de culturas apresentou atributos físicos de solo favoráveis ao maior desenvolvimento do sistema radicular da cultura de cana-de-açúcar, enquanto que a produtividade da cultura não foi influenciada pelos tratamentos. Barbosa (2015) menciona que a *Crotalaria spectabilis* provavelmente favoreceu a melhoria das condições físicas do solo, a distribuição e o desenvolvimento do seu sistema radicular e promoveu aumento da porosidade total

do solo. Por outro lado, Barbosa (2015) também destaca que no ciclo da cana-planta não foi possível verificar modificações marcantes dos atributos físicos do solo (densidade, porosidade e resistência do solo à penetração) em relação aos sistemas de preparo do solo.

Segundo Luz et al. (2005), a crotalária *juncea* é originária da Índia, sendo uma leguminosa que se adapta a regiões tropicais, normalmente recomendada para adubação verde, possuindo crescimento rápido, com produtividade na faixa de 10 a 15 t ha⁻¹ de matéria seca. Algumas das vantagens apresentadas pela leguminosa são o aumento de produtividade, diminuição da compactação dos solos, reciclagem de nutrientes percolados e controle de erosão nos solos.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar, em área de renovação de canavial da região Noroeste do Paraná, o efeito do uso da crotalária *juncea* como adubação verde, sobre os parâmetros físicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em uma área de exploração canavieira no município de Cidade Gaúcha, localizado na região noroeste do estado do Paraná, a 23°21'30"S latitude e 52°56'01"W longitude, com elevação média de 354 m. O solo da região é classificado predominantemente como Latossolo Vermelho distrófico (Panini et al., 2015).

No intervalo entre a colheita anterior e a reforma do canavial, um talhão de 8,7 hectares foi mantido em repouso e um talhão de 7,8 hectares foi cultivado com crotalária *juncea*, para a formação de cobertura vegetal, a qual foi dessecada no momento de sua floração, aos 100 dias após a semeadura.

O preparo do solo para a implantação do canavial bem como o plantio foram realizados de forma semelhante nos dois talhões. O solo foi preparado com a utilização de um equipamento de preparo profundo e canteirizado (denominado penta) que mobilizou o solo no canteiro com a haste subsoladora à aproximadamente 0,50 m de profundidade, e, com a enxada rotativa à 0,3 m de profundidade, preparou um canteiro de 1,20 m de largura, incorporando neste, o material vegetal existente, corretivos e fertilizantes (calcário, gesso e torta de filtro) previamente distribuídos no centro do canteiro. Após o preparo dos canteiros, a cultura da cana-de-açúcar foi implantada em abril de 2013, em espaçamento combinado de 0,90 x 1,50 m entre linhas de cultivo, utilizando-se a variedade RB 867515.

Para atender aos objetivos propostos, tanto em parcelas com presença quanto em parcelas com ausência de cultivo de crotalária, foram realizadas duas coletas das variáveis estudadas, sendo a primeira realizada em março de 2015, aos 30 dias após o plantio da cana-de-açúcar (30DAP), e a segunda coleta em julho de 2016, aos 30 dias após a colheita do canavial (30DAC). A amostragem

Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, v.6, n. especial seagro, p.1-12, 2017.

foi realizada em pontos georreferenciados com a utilização de GPS (marca Leica, modelo SR20) para a localização dos pontos de coleta.

Analisaram-se as variáveis de teor de água (método da estufa a 105°C), densidade do solo (método do anel volumétrico), macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo (método da mesa de tensão), além da determinação da resistência do solo à penetração.

Para a determinação do teor de água contido no solo, foram coletadas amostras com trado para amostras deformadas, as quais foram acondicionadas em cápsulas de alumínio com tampa e em caixas térmicas, desde sua coleta até a chegada ao Laboratório onde foram pesadas e submetidas à secagem por 24 horas em estufa à 105°C, de acordo com Embrapa (1997).

A coleta de amostras para a determinação da densidade do solo foi realizada com a utilização de um trado para amostras indeformadas, que faz uso de anéis de aço, com bordas cortantes e volume interno padrão de 50 cm³. As amostras foram secas em estufa à 105°C, por 24 horas, e, da relação entre a massa de solo seco e o volume dos anéis, se obtiveram os valores de densidade do solo. Estas amostras foram também utilizadas (antes de sua secagem) para a determinação do volume de poros do solo.

A macroporosidade e a microporosidade do solo foram determinadas pelo método da mesa de tensão com 60 cm de coluna de água (6 kPa), seguindo metodologia da EMBRAPA (1997). Para essa determinação, primeiramente saturou-se as amostras por meio da elevação gradual de uma lâmina de água até atingir 2/3 da altura do anel por um período de 24 horas. Após a saturação, as mesmas foram alocadas sobre a mesa de tensão, cobrindo-a com a sua tampa e abaixando o “frasco de nível” para o nível de sucção correspondente a 60 cm de altura de coluna d’água. A água retida nos macroporos foi drenada por sucção e quando estabilizada a drenagem, as amostras foram retiradas da mesa de tensão para ser pesadas.

Após retiradas da mesa de tensão e pesadas, as amostras foram encaminhadas para secagem em estufa a 105° C durante 24 horas e pesadas novamente para a obtenção dos valores de microporos do solo. A porosidade total do solo correspondeu à soma dos valores de macro e de microporos.

Para a obtenção dos valores de resistência do solo à penetração (RP), foi utilizado um penetrômetro manual, analógico e com manômetro, anotando-se em planilha os valores obtidos no perfil de 50 cm de profundidade, registrando-se os valores a cada 5 cm.

Para a determinação de todas as variáveis utilizou-se a estrutura do Laboratório de Máquinas Agrícolas da UEM, no Campus do Arenito, em Cidade Gaúcha-PR.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 2, em cinco intervalos de profundidade (0 – 10; 11 – 20; 21 – 30; 31 – 40; 41 - 50 cm) e seis repetições.

Os dados foram analisados estatisticamente com a utilização do software R, sendo

submetidos à análise de variância e nos casos de variações significativas ($P < 0,05$) procedeu-se o teste de Tukey a 5% de significância para comparar as médias dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os valores de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, evidencia-se que a utilização da crotalária *juncea* como cobertura de solo, não contribuiu significativamente na alteração dos parâmetros físicos do solo em comparação ao manejo sem cobertura vegetal (Figura 1). Contudo, esses resultados eram esperados uma vez que somente uma sucessão foi avaliada. Ambrosano et al. (2010) verificaram que as culturas rotativas contribuem com resíduos orgânicos, mas em geral, não são suficientes para causar mudanças significativas na matéria orgânica do solo em curto prazo. No entanto, ao utilizarem *Crotalaria juncea* (IAC-1) após cinco colheitas, identificaram um aumento de 30% na produtividade da cana-de-açúcar.

Observou-se que os parâmetros físicos variaram significativamente entre os períodos de coleta (30DAP e 30DAC), dentro de cada camada de solo estudada. Os valores de densidade do solo e microporosidade aumentaram ao comparar 30DAP e 30DAC. Por outro lado, para os parâmetros de porosidade total e macroporosidade houve redução nos valores de uma coleta para a outra. Isso ocorre em virtude do arranjo natural das partículas do solo, do tráfego de máquinas e também do aumento do teor de matéria orgânica no solo (Lago et al., 2012; Stone e Silveira, 1999; Torres et al., 2015). Camilotti et al. (2005) em seus estudos sobre a avaliação do efeito prolongado de alguns sistemas de preparo do solo cultivado com cana-de-açúcar, em relação a determinadas propriedades físicas do solo, observaram que após quatro anos de cultivo da cana, houve uma diminuição da quantidade de macroporos e aumento de microporos no perfil do solo abaixo de 10 cm e destacaram a influência do alto grau de mecanização e do manejo da cana-de-açúcar.

Estudos de Beutler et al. (2004) e Torres et al. (2015) observaram correlações negativas da densidade do solo com os parâmetros de porosidade total e macroporosidade e positivas com a microporosidade, justificando que isso ocorre em razão da aproximação das partículas do solo, reduzindo assim a proporção dos poros de maior diâmetro e aumentando os de menor diâmetro. Assim, a densidade do solo é utilizada como indicador de qualidade do solo, pois é um parâmetro sensível às alterações causadas pelo manejo (Ramos et al., 2010; Torres et al., 2015).

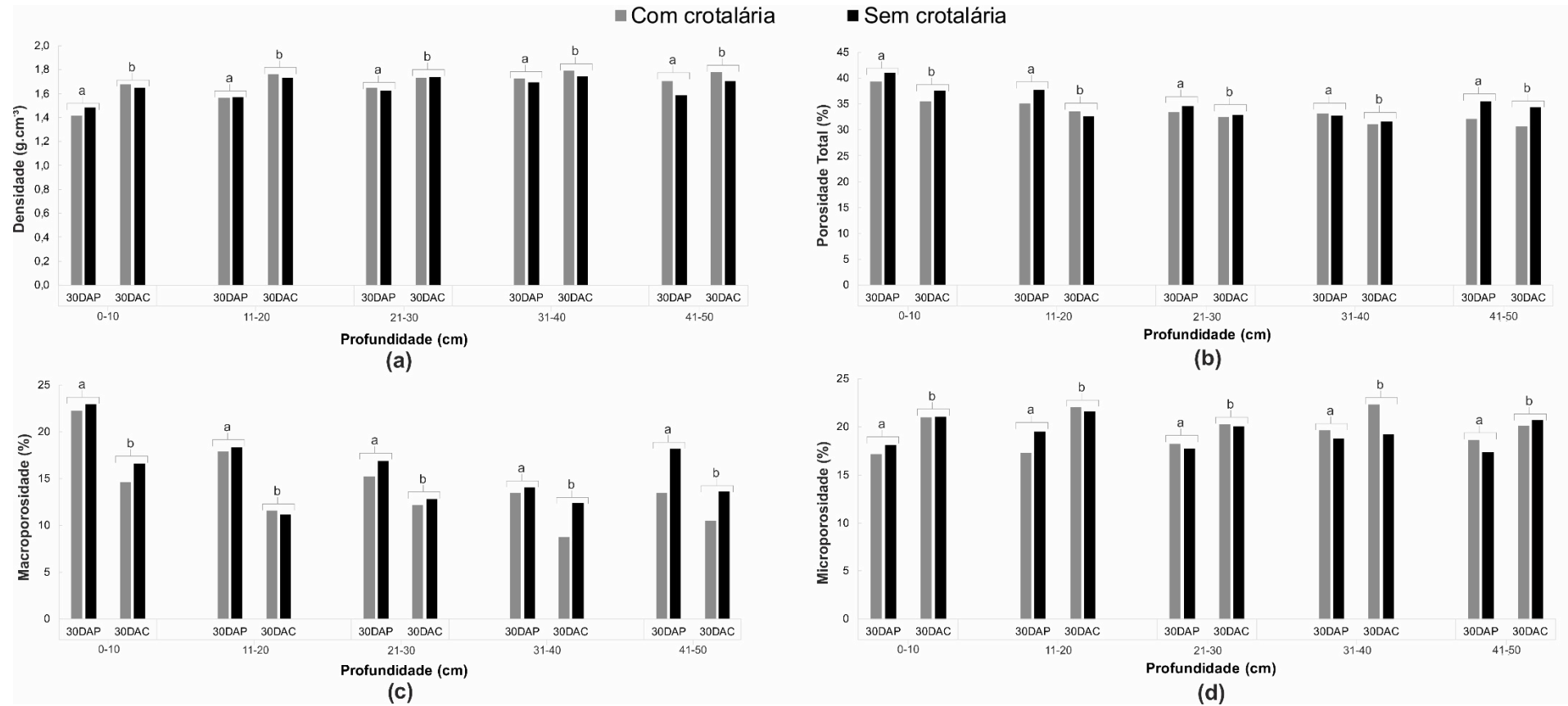


FIGURA 1 – Parâmetros físicos de solo cultivado com cana-de-açúcar com/sem rotação com crotalária: a) Densidade do solo; b) Porosidade total; c) Macroporosidade; d) Microporosidade. Letras maiúsculas comparam os tratamentos; Letras minúsculas comparam as coletas; Ausência de letras significa que não houve diferença estatística a 5% de significância.

Por sua vez, os tratamentos interferiram significativamente sobre o parâmetro teor de água (Figura 2a), em que a quantidade de água presente no solo, foi maior para o talhão com crotalária. Além disso, houve variação significativa desta variável entre as coletas realizadas, sendo que aos 30DAC houve um aumento no teor de água em relação aos 30DAP. Tal resultado pode ser entendido, pois de acordo com Ambrosano et al. (2013), a adoção de práticas que deixam resíduos de colheita no campo ou a adoção de sistemas de rotação de culturas que incluem plantas de alto teor de biomassa, elevam o teor de matéria orgânica do solo, o que conseqüentemente, melhora a estrutura do solo e o protege contra a erosão e compactação, bem como aumenta sua capacidade de retenção de água.

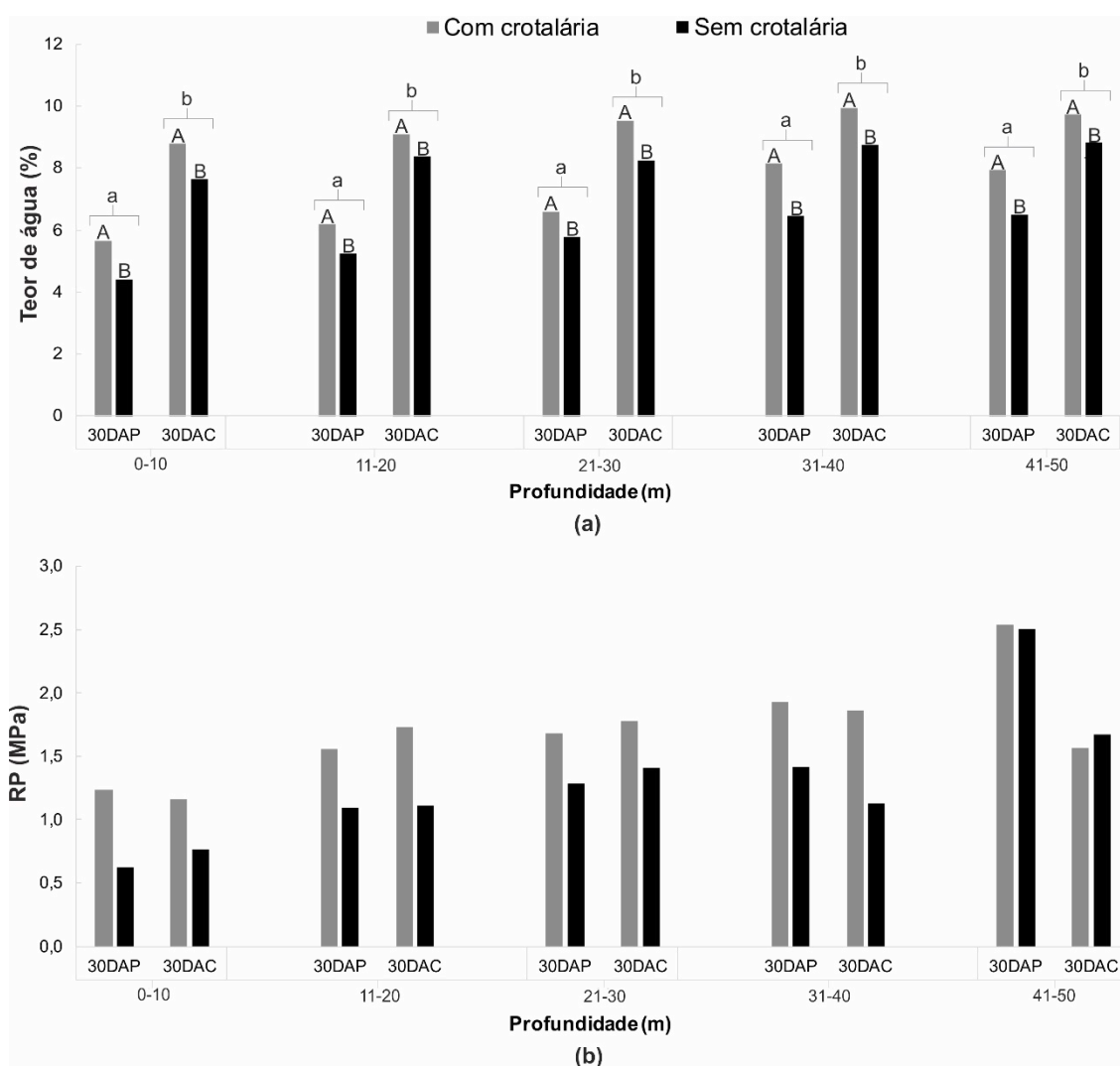


FIGURA 2 - Parâmetros físicos de solo cultivado com cana-de-açúcar com/sem rotação com crotalária: a) Teor de água; b) Resistência do solo à penetração (RP). Letras Maiúsculas comparam os tratamentos; Letras minúsculas comparam as coletas; Ausência de letras significa que não houve diferença estatística a 5% de significância.

Os valores de resistência do solo à penetração não diferiram estatisticamente, a 5% de significância, em função da presença ou ausência de crotalária que precedeu o preparo do solo para o cultivo de cana-de-açúcar, bem como não diferiram entre os períodos de coleta (Figura 2b). Alguns estudos têm reportado valores entre 2,0 a 2,5 MPa como o limiar em que há redução no crescimento radicular das plantas (Lapen et al., 2004; Otto et al., 2011; Taylor et al., 1966). Deste modo, somente a camada de 40-50 cm, para a coleta realizada aos 30 dias após o plantio da cana-de-açúcar (30DAP) superou o limiar de 2 MPa. Assim, a mobilização no momento do preparo do solo para o plantio, provavelmente estimulou o desenvolvimento e distribuição das raízes nas camadas superficiais, tendo em vista que 50% do sistema radicular da cana-de-açúcar se desenvolve nos primeiros 20 cm de profundidade (Vasconcelos et al., 2003; Jadoski et al. 2012).

CONCLUSÃO

O uso da crotalária juncea como cobertura vegetal anterior à realização do preparo do solo para o cultivo da cana-de-açúcar não auxiliou significativamente na alteração dos parâmetros físicos do solo em comparação ao manejo sem cobertura, considerando apenas um ciclo de sucessão de culturas. Contudo, o uso de cobertura vegetal contribui com a manutenção do teor de água no solo. Deste modo, a adoção de adubação verde no manejo do solo para o cultivo de cana-de-açúcar, não é suficiente, em apenas um ciclo, para causar mudanças significativas no solo em curto prazo, devendo assim ser utilizada de maneira sucessiva.

REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E.J.; AZCÓN, R.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; SCHAMMASS, E.A.; MURAOKA, T.; TRIVELIN, P.C.O.; ROSSI, F.; GUIRADO, N.; UNGARO, G.R.M.; TERAMOTO, J.R.S. Crop rotation biomass and arbuscular mycorrhizal fungi effects on sugarcane yield. *Scientia Agricola*, v.67, n.6, p.692-701, 2010.

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.; TERAMOTO, J.R.S. Crop Rotation Biomass and Effects on Sugarcane Yield in Brazil. Biomass Now - Cultivation and utilization. *InTech*, v.67, p.692-701, 2013.

BARBOSA, L. Atributos físicos do solo e desenvolvimento radicular da cana planta em diferentes sistemas de manejo. 2015. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Água e Solos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

BARBOSA, L.; SOUZA, Z.M.; MAGNANI FILHO, R. Desenvolvimento radicular da cana planta em diferentes sistemas de manejo. In: Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP, 23. Resumos... Campinas. 2015.

- BARRADAS, C.A. Uso da adubação verde. **Manual Técnico Programa Rio Rural**, Niterói, Rio de Janeiro, 12p. 2010.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G. Relação entre alguns atributos físicos e a produção de grãos de soja e arroz de sequeiro em Latossolos. **Ciência Rural**, v.34, n.2, 2004.
- BOLONHESI, D.; GONÇALVES, N.H. Rotação de culturas: Sucessão e rotação de culturas na produção de cana-de-açúcar. In: BERLADO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: SBEA, 1. ed., p. 219-241, 2015.
- CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.; CASAGRANDE, A.A.; SILVA, A.R.; MUTTON, M.A.; CENTURION, J.F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p. 189-198, 2005.
- CEDDIA, M.B.; ANJOS, L.H.; LIMA, E.; RAVELLI NETO, A.; SILVA, L.A. Sistemas de colheita de cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo podzólico amarelo no estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1467-1473, 1999.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Safra 2015/16. 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf. Acesso em: 19 mar. 2017.
- DEMATTE, J.L. Manejo e conservação de solos na cultura da cana. **Visão Agrícola**, n.1, p.8-17, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- JADOSKI, C.J.; TOPPA, E.V.B.; RODRIGUES, J.D. Desenvolvimento morfofisiológico de raízes e brotos da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.11, n.2, p.22-32. 2012.
- LAGO, W.N.M.; LACERDA, M.P.C.; NEUMANN, M.R.B. Indicadores de qualidade dos solos na microbacia do Ribeirão Extrema, Distrito Federal: Parte II. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n.61, p.721-729, 2012.
- LANÇAS, K. P. Compactação do solo em cana-de-açúcar: Compactação, descompactação, e canteirização na cana-de-açúcar. In: BERLADO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: SBEA, 1. ed., p. 457-476, 2015.
- LAPEN, D.R.; TOPPA, G.C.; GREGORICH, E.G.; CURNOE, W.E. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, eastern Ontario, Canada. **Soil and Tillage Research** v.78, n.2, p. 151-170, 2004.
- LUZ, P.H.; VITTI, G.C.; QUINTINO, T.A.; OLIVEIRA, D.B. **Utilização de adubação verde na cultura da cana-de-açúcar**. GAPE - Grupo de apoio à pesquisa e extensão. Piracicaba, 2005. 53p.
- MACHADO, F.B. **Brasil, a doce terra – História do Setor**. Embrapa. 2017. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/historia_da_cana_000fhc62u4b02wyiv80efhb
-
- Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, v.6, n. especial seagro, p.1-12, 2017.

2attuk4ec.pdf. Acesso em: 19 mar. 2017.

MARASCA, I. **Avaliação dos atributos físicos de um argissolo cultivado com cana-de-açúcar em área com adequação de relevo, utilizando equipamento de preparo profundo e canteirizado do solo.** 2014. 89p. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2014.

MARIN, F.R. **Solo.** Embrapa, Ageitec. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_18_3112006152934.html. Acesso em: 19 mar. 2017.

OTTO, R.; SILVA, A.P.; FRANCO, H.C.J.; OLIVEIRA, E.C.A.; TRIVELIN, P.C.O. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. **Soil and Tillage Research** v.117, p.201-210, 2011.

PANINI, R.L.; ARAUJO, M.A.; BERTOLDI, I.R.; MORAES JÚNIOR, J.C.; USHIWATA, S.Y.; SOUZA, S.L. Levantamento de uso atual e classificação dos solos do Campus do Arenito em Cidade Gaúcha – PR. In: IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar, 2015, Maringá. **Anais.** Maringá: Unicesumar, 4p.

RAMOS, F.T.; MONARI, Y.C.; NUNES, M.C.M.; CAMPOS, D.T.S.; RAMOS, D.T. Indicadores de qualidade em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem extensiva no Pantanal Matogrossense. **Revista Caatinga**, v.23, n.1, p.112-120, 2010.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.1, p.83-91, 1999.

TAYLOR, H.M.; ROBERTSON, G.M.; PARKER, J.R.J.J. Soil strength-root penetration relations for medium to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, v.102, n.1, p.18-22, 1966.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ASSIS, R.L.; SOUZA, Z.M. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.2, p.428-437, 2015.

TOWNSEND, C.R. Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia. **Revista EMBRAPA-CPAF Rondônia**, Porto Velho, n.21, p.1-5, 2000.

VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN D.; JORGE, L.A.C.; LANDELL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.849-858, 2003.