*Revista Agrarian*
ISSN: 1984-2538

# Avaliação de atributos físicos do solo em diferentes anos de cultivo de cana-de-açúcar

***Evaluation of soil physical characteristics in different years of cultivation of sugar cane***

**Ana Maria Conte e Castro[1], Kleber Henrique dos Santos[2], Édison Miglioranza[2], Clóvis José Aparecido Gomes[1], Mário Sérgio Marchione[1]**

[1]Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Rod. BR 369, km 54, Zip Code: CEP: 86360-000, Bandeirantes, PR. E-mail: clovisjgomes@gmail.com
[2]Universidade Estadual de Londrina (UEL), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Londrina, PR.

Recebido em: 09/10/2011 Aceito em: 26/11/2012

**Resumo.** Para a manutenção do agrossistema, a qualidade física do solo é fundamental, sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento do solo cultivado com cana-de-açúcar ao longo do tempo, sem renovação do canavial. Foram coletadas amostras de solo em sete áreas: mata nativa, cana de açúcar planta e cana de açúcar com 1, 2, 3, 4 e 5 cortes, com quatro repetições. Os atributos avaliados foram: porosidade, densidade do solo, estabilidade de agregados e resistência mecânica do solo à penetração. Constatou-se que, no decorrer do tempo em uma mesma área com a cultura da cana-de-açúcar sem renovação do canavial, tem-se o aumento da compactação do solo, resultando em redução de macroporosidade, com consequente aumento da microporosidade e aumento considerável na densidade do solo. Já a estabilidade de agregados foi afetada apenas na camada de 0-0,10 m, ficando a camada subsuperficial, de 0-0,20 m sem sofrer alterações pelo manejo da cultura. De acordo com esses resultados é possível concluir que a resistência do solo a penetração aumenta com o decorrer do tempo.

**Palavras-chave.** Resistência à penetração, porosidade do solo, *Saccharum officinarum*

**Abstract.** To the agrosystem maintenance, the physical quality of soil is essential; therefore, the aim of this study was to evaluate the behavior of the soil cultivated with sugar cane over time without renewal of the cane field. Samples were collected from seven areas: native forest, plant cane and cane with 1, 2, 3, 4 and 5 cuts with four replications. The parameters evaluated were: porosity, soil density, aggregate stability and resistance to penetration. It was found that in the course of the advance of time in the same area with sugar cane without renewal of the cane field, has increased soil compaction, resulting in reduction of macroporosity, and consequently, microporosity increased, there is also a considerable increase in density. Since aggregate stability was affected only in the 0.10 m layer, leaving the top layer of 0.10- 0.20 m, not affected by crop management. According to these results we conclude that the penetration resistance increases with the advance of time and that from the second year of cultivation is recommended to soil management practice of scarification.

**Keywords.** Resistance to penetration, soil porosity, *Saccharum officinarum*

## Introdução

A qualidade física do solo é fundamental para a sustentabilidade agrícola e do agrossistema. O conhecimento de atributos físicos do solo como textura, densidade, resistência mecânica do solo à penetração, porosidade, dentre outros, são importantes para explicar fenômenos relacionados ao meio e à produtividade das culturas (Tormena & Fidalski, 2007).

A necessidade de aumento da oferta de alimentos, prerrogativa da revolução verde trouxe na maioria dos casos o uso indiscriminado da motomecanização, provocando mudanças prejudiciais à física do solo (Weirich Neto et al., 2002).

Segundo Paulino et al. (2004) o manejo das soqueiras na pós-colheita, altera a densidade do solo, a macro e a microporosidade, porém, sem alterar a produtividade da cultura. Entretanto, ao

*Revista Agrarian*
ISSN: 1984-2538

escarificar a área, observa-se maior penetração de raízes nas zonas onde havia forte compactação.

O cultivo da cana-de-açúcar é do ponto de vista de manejo de solo, uma das práticas mais agressivas, já que um grande número de operações com máquinas são realizadas durante as diferentes fases da produção. A utilização de equipamentos pesados e mecanização excessiva, realizadas em condições de umidade inadequada, vêm causando sérios problemas de compactação do solo com prejuízo ao desenvolvimento das plantas (Silva & Ribeiro, 1992; Roque et al., 2001; Macedo et al., 2001; Silva et al., 2006).

Segundo Mielniczuk et al. (1985) e Castro & Lombardi Neto (1992) a resistência mecânica do solo à penetração de raízes pode limitar o crescimento do sistema radicular e a produtividade das plantas.

Não apenas o tráfego de máquinas, mas a queima da palhada, também interfere na qualidade química, física e biológica do solo. A incorporação da palhada aumenta o teor de matéria orgânica, a estabilidade de agregados, a macroporosidade e o teor de água no solo, além de reduzir o valor da resistência do solo à penetração e aumentar o potencial produtivo (Braida et al., 2001; Souza et al., 2005).

O período de cultivo sem reforma do canavial também influencia negativamente os atributos físicos do solo, aumentando a densidade e reduzindo a macroporosidade, podendo também reduzir a estabilidade de agregados, quando comparadas com um solo de mata nativa (Centurion et al., 2007).

De acordo com Camilloti et al. (2005) nas camadas abaixo de 0,1 m pode-se observar uma redução da macro e consequentemente aumento da microporosidade, corroborando com os resultados deste trabalho.

Braida et al. (2006) estudando resíduos vegetais na superfície, observaram que o solo com palhada apresenta menores valores de densidade e, consequentemente, menor compactação. Segundo os autores, a palhada tem a capacidade de absorver parte da pressão exercida pelo trânsito de máquinas.

Quando se avalia a resistência do solo à penetração na mata nativa, pode-se observar que há certa resistência nos primeiros centímetros do solo, isso pode ser explicado pelo número de raízes provenientes do tipo de vegetação ali encontrada, por se tratar de um bosque com várias árvores de médio e grande porte.

Calonego & Rosolem (2008) observaram que a compactação do solo (Nitossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa) através de manejo inadequado promove redução da estabilidade de agregados nas camadas superficiais e que a mesma, demoraria três anos consecutivos em sistema de plantio direto para se recuperar.

A densidade do solo é uma das propriedades mais estudadas para caracterizar as condições físicas do solo em sistemas de manejo. Sendo assim, diferentes cultivos podem afetar a estruturação do solo e, consequentemente, interferirem no tamanho e arranjo dos poros afetando as características físico-hídricas (Fidalski et al., 2008).

O objetivo desse trabalho foi o de avaliar o comportamento do solo quando cultivado com cana-de-açúcar ao longo do tempo e sem renovação do canavial.

**Material e Métodos**

O experimento foi realizado no município de Bandeirantes/PR, na área da Usina de Açúcar e Álcool Bandeirantes, latitude sul 23º 06' e longitude oeste 50º 21', altitude de 440 m, em solo classificado como Latossolo Vermelho Eutroférrico, classe textural muito argiloso, (Embrapa, 2006).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com sete tratamentos: mata nativa, cana planta, 1º, 2º, 3º, 4º e 5º cortes, sendo respectivamente, para as áreas com a cultura, 0, 1, 2, 3, 4 e 5 anos após a implantação do canavial e duas profundidades de amostragem 0-0,1 e 0,1-0,2 m com quatro repetições. Em todas as áreas amostradas foram utilizados o cultivar "RB-72454" que receberam os mesmos tratos culturais.

Os atributos avaliados foram: porosidade, densidade do solo, estabilidade de agregados via seca e resistência mecânica do solo à penetração.

A amostragem do solo para a avaliação da densidade foi efetuada com uso de anel volumétrico de 50 $cm^3$ preservando sua estrutura e a porosidade foi avaliada através da metodologia da mesa de tensão. Amostras foram coletadas para avaliar a estabilidade de agregados, pela metodologia da via seca (Embrapa, 1997), a resistência do solo à penetração foi obtida com o uso do penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar (Stolf et al.,1983).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p$<0,05) e para verificar diferença entre médias utilizou-se o teste de Ducan a nível de 5% de probabilidade.

*Revista Agrarian*
ISSN: 1984-2538

**Resultados e Discussão**

Os resultados de porosidade (macro e micro) e densidade do solo encontram-se na Tabela 1. Observou-se que a macroporosidade, na camada de 0-0,1 m, diminuiu na medida em que o solo foi trabalhado, onde se verificou maior macroporosidade em solo sob mata, seguido do solo com a cultura recém implantada (cana-planta), nesse caso pelo manejo de máquinas que provavelmente revolveram esse solo para o plantio e por último os solos sob cultivo da cana de açúcar a mais de um ano. Na camada de 0,10-0,20 m, a única diferença na macroporosidade encontrada foi do solo sob mata para as demais fases de cultivo. Nessa profundidade, mesmo a cana planta tem seus poros reduzidos por ação dos implementos que atuam aproximadamente nessa região. O mesmo comportamento foi obtido na avaliação da microporosidade, ou seja, na medida em que o solo vai sendo trabalhado, há maior quantidade de microporos se comparada ao solo sob mata.

Resultados semelhantes foram encontrados por Centurion et al. (2007) ao trabalharem com canaviais de diferentes anos de cultivo, onde com o passar dos anos a macroporosidade tendeu a diminuir e a microporosidade a aumentar. Segundo Carvalho et al. (1991) o atributo físico do solo mais afetado pelo contínuo cultivo de cana-de-açúcar é sua macroporosidade.

**Tabela 1.** Macro e microporosidade (%) e densidade do solo (Mg $m^{-3}$), do Latossolo Vermelho eutroférrico nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, cultivado com cana-de-açúcar, em diferentes anos de cultivo. Bandeirantes/PR.

| | Macroporosidade | | Microporosidade | | Densidade do Solo | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamentos | 0-0,10 m | 0,10-0,20 m | 0-0,10 m | 0,10-0,20 m | 0-0,10 m | 0,10-0,20 m |
| | **%** | | | | **Mg $m^{-3}$** | |
| Cana planta | 14,66 ab | 6,58 b | 38,95 bc | 40,79 bc | 1,25 a | 1,31 cd |
| 1º corte | 8,0,1 c | 3,68 b | 40,26 abc | 44,54 ab | 1,37 a | 1,55 a |
| 2º corte | 5,46 c | 5,19 b | 43,70 ab | 45,20 a | 1,29 a | 1,35 bcd |
| 3º corte | 9,76 bc | 4,16 b | 41,50 abc | 45,88 a | 1,33 a | 1,53 ab |
| 4º corte | 9,54 bc | 3,92 b | 42,22 ab | 43,80 ab | 1,32 a | 1,51 abc |
| 5º corte | 6,50 c | 7,14 b | 44,90 a | 42,15 ab | 1,36 a | 1,31 cd |
| Mata nativa | 19,42 a | 14,86 a | 36,72 c | 38,07 c | 1,01 b | 1,19 d |

*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Ducan a 5% ($p<0,05$).

Quando comparada a diferença de macroporosidade da mata nativa (19,42%) e cana em 5º corte (6,5%), observa-se que há indício de que solos com constante cultivo podem atingir uma condição de compactação, isso é reforçado pela elevada densidade do solo obtida nesse experimento, chegando a valores superiores a 1,5 Mg $m^{-3}$, isso pode-se remeter a problemas de aeração. Asady et al. (1985) relatam que a penetração de raízes decresce linearmente em camadas compactadas quando a aeração é reduzida a partir de 30%.

Em relação à densidade do solo (Tabela 1), fica evidente que o manejo da área com a cultura agrícola contribui para o adensamento do solo, uma vez que maiores valores de densidade indicam solos mais compactados. Tanto na camada de 0-0,10 m quanto na de 0-0,20 m de profundidade é possível observar que a densidade tendeu a aumentar quando comparados o solo com a cultura ao solo sob mata nativa, tendendo a ser mais elevada conforme o avanço nos anos de cultivo.

Ribon Carrillo et al. (2003) ao avaliarem propriedades físicas e químicas do solo com cultivo de cana-de-açúcar ao longo do tempo, observaram que a densidade do solo apresentou uma pequena modificação em canaviais desde a implantação até 20 anos sem renovação. Já Centurion et al. (2007) descrevem densidades que vão de 1,03 Mg $m^{-3}$ para mata nativa a 1,39 Mg $m^{-3}$ para canavial no 4º corte.

Além do tráfego de máquinas na área a aplicação de vinhaça pode ser um fator que contribua para o aumento da densidade do solo na camada (0-0,15m), porém sem comprometimento do desenvolvimento de raízes e sem redução de produtividade (Paulino et al., 2011).

A formação dos agregados do solo ocorre mediante a atuação de processos físicos, químicos e

*Revista Agrarian*
ISSN: 1984-2538

biológicos que, por sua vez, atuam por mecanismos próprios, nos quais são envolvidas substâncias que agem na agregação e na estabilização. Os valores de estabilidade dos agregados do solo, avaliados pelo diâmetro médio geométrico (DMG), encontram-se na Tabela 2, por meio dos quais é possível observar que na profundidade de 0-0,10 m houve menor estabilidade, pois pelo menos metade das classes dos agregados se encontrou estatisticamente diferente do solo sob mata, na profundidade de 0,10-0,20 m, os subsequentes manejos da cultura não foram suficientes para interferirem nos agregados.

**Tabela 2.** Estabilidade dos agregados (%) nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, cultivado com cana-de-açúcar em diferentes anos de plantio. Bandeirantes/PR.

| Classe de diâmetro de agregados (mm) na profundidade 0 - 0,10 m | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trat. | >2 | 1-2 | 1-0,5 | 0,5-0,25 | 0,25-0,125 | 0,125-0,05 | <0,05 |
| | | | | (%) | | | |
| Cana planta | 17,70 b | 27,08 a | 22,90 a | 15,18 a | 7,68 ab | 3,40 b | 0,68b |
| 1° corte | 30,45 a | 26,68 a | 20,70 a | 9,73 ab | 5,30 b | 3,13 b | 0,95 ab |
| 2° corte | 26,70 ab | 26,60 a | 24,80 a | 10.68 ab | 5,13 b | 2,85 b | 1,00 ab |
| 3° corte | 18,70 b | 24,42 abc | 27,0,1 a | 13,13 ab | 7,63 ab | 3,48 b | 0,93 b |
| 4° corte | 29,80 a | 24,75 ab | 21,38 a | 8,23 b | 5,05 b | 2,85 b | 0,83 b |
| 5° corte | 21,58 ab | 21,63 c | 22,05 a | 10.46 ab | 9,53 a | 5,95 a | 1,39 a |
| Mata nativa | 29,75 a | 23,18 bc | 24,09 a | 9,15 b | 1,71 c | 0,51 c | 0,03 c |
| Classe de diâmetro de agregados (mm) na profundidade 0,10 - 0,20 m | | | | | | | |
| Trat. | >2 | 1-2 | 1-0,5 | 0,5-0,25 | 0,25-0,125 | 0,125-0,05 | <0,05 |
| | | | | (%) | | | |
| Cana planta | 25,43 a | 20,19 a | 15,88 a | 10,60 a | 5,10 a | 2,81 a | 0,80 a |
| 1° corte | 24,55 a | 17,08 a | 12,33 a | 5,75 a | 3,68 a | 2,53 a | 0,90 a |
| 2° corte | 21,58 a | 16,85 a | 14,88 a | 8,40 a | 3,45 a | 1,99 a | 0,55 a |
| 3° corte | 29,80 a | 24,70 a | 20,83 a | 7,83 a | 5,13 a | 2,40 a | 0,63 a |
| 4° corte | 28,80 a | 24,68 a | 16,08 a | 11,78 a | 4,98 a | 3,29 a | 1,13 a |
| 5° corte | 22,48 a | 23,80 a | 22,25 a | 11,88 a | 7,15 a | 3,25 a | 0,75 a |
| Mata nativa | 25,00 a | 21,60 a | 20,98 a | 11,50 a | 5,28 a | 1,85 a | 0,40 a |

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% ($p<0,05$).

Na Figura 1 são apresnetados os dados de resistência do solo à penetração, obtidos pelo penetrômetro de impacto, sendo este parâmetro uma característica que pode ser utilizada para avaliar o estado de compactação dos solos. Observa-se que a resistência à penetração aumenta de acordo com os anos de cultivo. Na cana planta pode ser constatado pico de compactação aos 0,25 m aproximadamente de profundidade, resultado da ação dos implementos de preparo de solo que atuam nessa profundidade.

*Revista Agrarian*
ISSN: 1984-2538

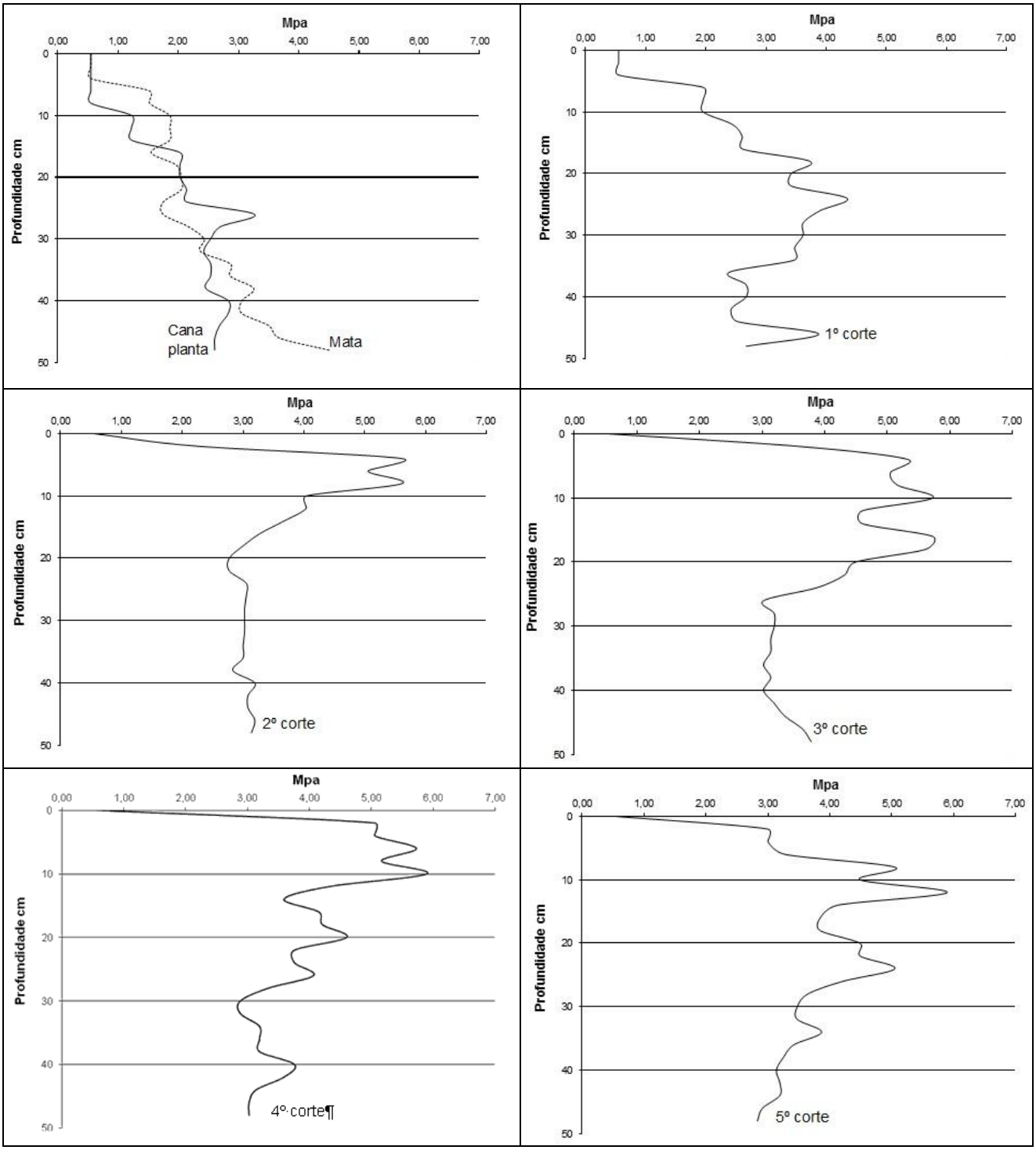


**Figura 1.** Resistência do solo à penetração (MPa) em função de diferentes anos de cultivo de cana-de-açúcar. Bandeirantes/PR - 2009.

Nas áreas de manejo de 2º e 3º cortes, observa-se que a resistência do solo à penetração chegou a 6 MPa, e esta tem sido o atributo físico priorizado em trabalhos que estudam o efeito da compactação no crescimento das plantas, por estar diretamente relacionado ao crescimento e desenvolvimento das culturas (Imhoff et al., 2000) e em geral, 2 MPa é o valor crítico aceito como impeditivo ao crescimento radicular (Tormena et al.,

1998), portanto muito acima do valor encontrado neste experimento.

Em área com eucalipto, foi observado por Silva el at. (2007), que a o tráfego de máquinas promoveu uma maior resistência do solo à penetração, principalmente nas camadas superficiais, de 0,05 a 0,20 m de profundidade, resultados semelhantes ao estudo, onde se observou maiores valores de resistência do solo à penetração, nas camadas superficiais, indicando que o cultivo continuo sem renovação dos canaviais pode promover compactação do solo.

Além das alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo que são alteradas pela sua compactação, há o comprometimento da produtividade das culturas já que, na literatura há vários relatos concordando que, o aumento na resistência do solo a penetração diminui o espaço de exploração das raízes, resultando em baixa produção de matéria seca, e redução do sistema radicular das plantas (Moraes et al., 1988; Fernandez et al., 1995), e a compactação do solo acarreta um aumento da densidade global, resultando em um impedimento ao crescimento das raízes, redução da aeração e da infiltração de água e, conseqüente redução da produção das culturas (Saini, 1979).

A compactação altera a estrutura do solo, pois reorganiza as partículas, causando o aumento da densidade e decréscimo da macroporosidade.

Sugere-se a antecipação da renovação do canavial ou o manejo do solo depois do 2º cultivo com a prática da escarificação.

**Conclusões**

A compactação reduz a macroporosidade a estabilidade de agregados e aumenta a densidade do solo através dos anos de cultivo da cana-de-açúcar.

Há um aumento da resistência do solo à penetração nas camadas superficiais a partir do 2º ano de cultivo, sugerindo que o solo apresenta-se compactado.

Na profundidade de 0,10-0,20 m os anos de cultivo, não interferirão na estabilidade dos agregados.

**Agradecimentos**

Ao CNPq e a Fundação Araucária pelas bolsas de Iniciação Científica dos autores Kleber Henrique dos Santos e Clóvis José Aparecido Gomes, respectivamente.

**Referências**

ASADY, G. H.; SMUCKER, A. J. M.; ADAMS, M. W. Seedlings test for the quantitative measurement of root tolerances to compacted soils. **Crop Science**, v. 25, p. 802-806, 1985.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.131-139, 2001.

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 Ciências do Solo**, v. 30, p. 605-614, 2006.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C.A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, p. 1399-1407, 2008.

CAMILLOTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; 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**, v. 25, n. 1, p. 189-198, 2005.

CARVALHO, S.R.; BRUAND, D.A.; HARDY. M.; LEPRUM, J.C.; JAMAGNE, M. Tassement des sols ferrallitiques Podzólico Vermelho Amarelo sous culture de canne à sucre (état de Rio de Janeiro, Brézil): apport d'une analyse de la porosité associée a une connaissance détaillée de la phase minérale. **Série Pedologie, Cahiers Orstom**, v.26, n.1, p.195-212, 1991.

CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F. Manejo e conservação do solo em citros. **Laranja**, v.13, n.1, p.275-305, 1992.

CENTURION, J. F.; FREDDI, O. S.; ARATANI, R. G.; METZNER, A. F. M.; BEUTLER, A. N.; ANDRIOLI, A. Influência do cultivo de cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, n. 31, p. 199-209, 2007.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil Tillage Research.**, v.11, p.199-238, 1988.

DEXTER, A.R. Amelioration of soil by natural processes. **Soil Tillage Research.**, v.20, p.87-0,10, 1991.

DEXTER, A.R. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004.

EMBRAPA SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo 2.a ed**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.

FERNANDEZ, E.M. CRUSCIOL, C.A.C., THIMOTEO, C.M.S., ROSOLEM, C.A. Soybean nutrition and dry matter yield as affected by phosphorus fertilization and soil compaction. **Científica**, São Paulo, v.23, n.1, p.117-132, 1995.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A.; CECATO, U.; BARBERO, L.M.; LUGÃO, S.M.B.; COSTA, M.A.T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, p.1583-1590, 2008.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P., TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem**. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p.1493-1500, 2000.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Advanced Soil Science.**, v.1, p.277-294, 1985.

MACEDO, V.R.M.; SILVA, A. J.N.; CABEDA, M. S.V. Compressibilidade de um Argissolo Vermelho fisicamente degradado e recuperado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.812-818, 200,1.

MIELNICZUK, J.; CARPENEDO, V.; PEDÓ, F. Desenvolvimento de raízes em solos compactados**. Lavoura Arrozeira**, v.38, p.357-358, 1985.

MORAES, M.H. **Efeito da compactação em algumas propriedades físicas do solo e no desenvolvimento do sistema radicular de plantas de soja** (*Glycine Max* l. Meril). Piracicaba: ESALQ-USP, 1988. 105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Esc. Sup. De Agric. "Luiz de Queiroz", Universidade. de São Paulo, 1988.

PAULINO, A.F.; MEDINA, C.C.; AZEVEDO M.C.B.; SILVEIRA K. R. P.; TREVISAN, A.A.; MURATA, I.M. Escarificação de um Latossolo Vermelho na pós-colheita de soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, n. 28, p. 911-917, 2004.

PAULINO, J.; ZOLIN, C.A.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; FOLEGATTI, M.V. Estudo exploratório do uso de vinhaça ao longo do tempo .II. Características da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 3, p. 244-249, 2011.

RIBON CARRILLO, M. A., SALGADO GARCIA, S., PALMA-LOPEZ, D. J. Propiedades químicas y fisicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar. **Interciência**. 2003, v.28, n.3, p.154-159.

ROQUE, A.A.O.; SOUZA, Z.M.; BARBOSA, R. S.; SOUZA G.S. Controle de trafego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n. 7, p. 744-750, 2001.

SAINI, G.R. Root elongation and plant growth in a basal till compact soil treated with 3,5 – diiodo – 4 – hydroxybenzoic acid and giberellic acid. **Agronomy Journal.** Madison, n.71, v.6, p. 0,167-0,170, 1979.

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V.; CARVALHO F. G. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.01, n.3, p.79-585, 2006.

SILVA, M.S.L.; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.397-402, 1992.

SILVA, R.S.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M.; MENDONÇA, E.; LEITE, F.P. Alterações do solo influenciadas pelo tráfego e carga de um "Forwarder" nas entrelinhas de uma floresta de eucalipto . **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 31, p. 371-377, 2007.

SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo de palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n. 3, p. 271-278, 2005.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI-NETO, V.L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. **STAB. Açúcar, Álcool & Subprodutos**, v. 1, n. 3, p.18-23, 1983.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e trafego**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.22, p.301-309, 1998.

TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. Homogeneidade da qualidade física do solo nas entrelinhas de um pomar de laranjeira com sistemas de manejo da vegetação. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.31, n. 3, p. 637-645, 2007.

WEIRICH NETO, P. H.; ROSA, A.L.T.; GOMES, J.A. **Susceptibilidade de dois tipos de solo à compactação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,** v.6, n.2, p. 349-353, 2002.