



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## GRAU DE COMPACTAÇÃO DE UM ARGISSOLO AMARELO DE TABULEIROS COSTEIROS CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR

**Ismar Lima de Farias<sup>(1)</sup>; Edson Patto Pacheco<sup>(2)</sup>; Jorge Luiz de Sousa Lima Junior<sup>(3)</sup>; Pedro Roberto Almeida Viêgas<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Mestrando em Agroecossistema – Bolsista FAPTEC-SE; NEREN/Departamento de Agronomia; Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, S/N, CEP 49.100-000, São Cristovão – SE; e-mail: [ismarfarias@gmail.com](mailto:ismarfarias@gmail.com); <sup>(2)</sup> Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros; Avenida Beira Mar, 3.250, Jardins, 49.025-040, Aracaju –SE; [patto@cpac.embrapa.br](mailto:patto@cpac.embrapa.br) <sup>(3)</sup> Graduando em Agronomia - Bolsista PIBIC/CNPq/EMBRAPA; Departamento de Agronomia - Universidade Federal de Sergipe; <sup>(4)</sup> Professor; Departamento de Agronomia - Universidade Federal de Sergipe

**Resumo** – O uso intensivo de máquinas agrícolas para o cultivo da cana-de-açúcar pode resultar em compactações superficiais e subsuperficiais dos solos de Tabuleiros Costeiros, reduzindo a longevidade e o potencial produtivo das lavouras. Este trabalho teve como objetivo avaliar o grau de compactação de um Argissolo Amarelo de Tabuleiros Costeiros cultivado com cana-de-açúcar, obtido por meio da densidade de referência do teste de Proctor (GC1) e pelo ensaio de compressão uniaxial (GC2). O estudo foi realizado na Usina Coruripe – AL em cinco áreas cultivadas com cana-de-açúcar (4 anos cultivo de inverno; 14 anos cultivo de inverno; 14 anos cultivo de verão; 30 anos cultivo de inverno e 30 anos cultivo de verão) e uma de mata nativa considerada com testemunha. Por meio dos resultados obtidos com esse trabalho concluímos que o grau de compactação obtido por ensaio de Proctor adaptado foi maior do que o obtido por ensaio de compressão uniaxial; O cultivo com cana-de-açúcar aumenta o grau de compactação dos Horizontes Ap e AB do Argissolo estudado.

**Palavras-Chave:** Física do solo, densidade do solo, horizonte coeso, teste de proctor, compressão uniaxial.

### INTRODUÇÃO

A grande quantidade de operações mecanizadas no cultivo da cana-de-açúcar pode submeter os argissolos de Tabuleiros Costeiros a pressões excessivas, favorecendo o seu processo de degradação física devido a compactações adicionais, resultando na diminuição da produtividade e longevidade das lavouras.

Uma das formas de avaliar a compactação do solo é por meio da sua densidade. No entanto, os solos agrícolas apresentam uma grande amplitude de densidade de acordo com suas características mineralógicas, da textura e do teor de matéria orgânica. Essa variação da densidade do solo, de acordo com suas propriedades intrínsecas, dificulta o seu uso para quantificar a compactação do solo, sendo que, para um mesmo valor de densidade do solo, o grau de compactação de um solo argiloso é maior quando comparado com um arenoso. Uma forma de contornar

esse problema é a utilização da grandeza de densidade relativa ou grau de compactação, onde a mesma é definida como a relação entre a densidade do solo e a densidade máxima que se pode obter por meio de ensaios de laboratório (Silva et al., 2010). A densidade máxima ou densidade de referência pode ser determinada por meio do teste de Proctor, que utiliza amostras com estrutura não preservada. Outra forma, é obter a densidade de referência pelo teste de compressão uniaxial, utilizando amostras com estrutura preservadas submetidas à pressão de 1600 kPa (Reichert et al., 2010).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o grau de compactação de um Argissolo Amarelo de Tabuleiros Costeiros cultivado com cana-de-açúcar, por meio da densidade de referência obtida pelo teste de Proctor (GC1) e pelo ensaio de compressão uniaxial (GC2).

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Usina Coruripe localizada no município de Coruripe – AL, com latitude 10° 07' S e longitude 36° 10' W, pluviosidade média anual de aproximadamente 1.400 mm e temperatura média de 24,4°C. O solo avaliado foi classificado como Argissolo Amarelo Distrófico, relevo plano e textura média (leve)/argilosa.

Foram selecionadas cinco áreas de cana-de-açúcar com diferentes tempos de uso e tipos de cultivo: 4 anos cultivo de inverno (4 anos I); 14 anos cultivo de inverno (14 anos I); 14 anos cultivo de verão (14 anos V); 30 anos cultivo de inverno (30 anos I) e 30 anos cultivo de verão (30 anos V). No sistema de cultivo de inverno não há preparo do solo com grade, ocorre adubação verde com *Crotalaria spectabilis* e a cana é plantada no final do período chuvoso (inverno). No cultivo de verão ocorre a gradagem e aplicação de composto no sulco de plantio que é realizado no período seco (verão). Em toda área cultivada havia sido realizada a subsolagem para implantação dos canais que estavam no quarto corte. As áreas cultivadas foram comparadas entre si e com uma área de mata nativa (Mata), considerada como testemunha padrão.

Para realização dos ensaios de Proctor e compressão uniaxial, foram retiradas amostras com estrutura não preservadas e amostras indeformadas (anéis volumétricos com 5,2 cm de diâmetro e 2 cm de altura), respectivamente. As amostras foram retiradas nas profundidades de 0 a 0,20;

0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m, representando os horizontes Ap, AB e Bt, respectivamente. Na Tabela 1 estão apresentados os dados relativos a caracterização granulométrica para as três profundidades estudadas do solo dos seis tratamentos.

Para obtenção das curvas de compactação foi utilizado um Proctor com dimensões reduzidas, com o objetivo de diminuir o volume de solo a ser transportado, considerando o grande número de testes e, que as amostras não devem ser reaproveitadas devido à destruição de micro agregados após os testes. O Proctor utilizado comportava em um cilindro de ferro amostras com  $114 \text{ cm}^3$ , que recebiam golpes de um martelo cilíndrico com peso de 1,8 kg, com 30,5 cm de altura de queda. Após o cálculo do número de golpes necessários para obtenção da energia de compactação ( $E_c$ ) do teste de Proctor normal de  $5,95 \text{ kg cm cm}^{-3}$  (Stancati et al., 1981), foi determinada a necessidade de aplicar 12 golpes para obter a  $E_c$  mais próxima do teste de Proctor normal, correspondendo a uma energia de compactação de  $5,78 \text{ kg cm cm}^{-3}$ . Os teores de umidade foram estabelecidos com base no cálculo da umidade crítica (UC) em função do teor de argila mais silte (A+S), conforme a equação, sugerida por Nhandumbo e Cambule (2006) :  $UC = 7,0709 + 0,2255(A+S) \quad R^2 = 0,82$ . Foram realizados ensaios em seis umidades (três abaixo e duas acima da UC) com quatro repetições de laboratório para os seis tratamentos, totalizando 144 ensaios para cada profundidade. As curvas de compactação foram obtidas por meio da análise de regressão, utilizando o programa estatístico SAEG 9.1, para ajuste do modelo quadrático de densidade do solo em função da umidade. Por meio da derivação das equações quadráticas foram obtidos os valores de densidade máxima (DM). O grau de compactação (GC) foi calculado por meio da relação entre a densidade do solo ( $D_s$ ) e a densidade máxima obtida pela curva de compactação do ensaio de Proctor adaptado.

Para obtenção das densidades máximas pelo ensaio de compressão uniaxial, foi utilizada uma prensa manual para comprimir as amostras indeformadas contidas em anéis volumétricos a uma pressão de 1600 kPa. No momento da compressão, as amostras apresentavam umidade estabilizada referente à tensão de -10 kPa, obtida por meio de mesa de tensão.

Para análise de variância foi considerado o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial  $3 \times 6$  (três profundidades x seis tratamentos). Para os cálculos e comparação das médias foram realizados testes de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. O programa utilizado foi o SAEG 9.1, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de Proctor determina a relação existente entre a densidade, conteúdo de água e energia de compactação de um solo com estrutura alterada, sendo o ponto que se obtém a máxima densidade conhecido com umidade crítica (UC), para um determinado nível

de energia aplicada (Caputo, 1980; Silva et al., 2010). Os resultados de densidade em função da umidade do solo foram ajustados, obtendo-se uma equação polinomial de segundo grau, conforme apresentado na (Figura 1). Igualando a primeira derivada à zero (Silva et al., 2010), foram calculados os pontos de inflexão correspondendo à densidade máxima ou densidade de referência (Proctor), para o cálculo do grau de compactação (GC1), que em média apresentou, para as três profundidades do Argissolo em estudo, valores menores do que o grau de compactação calculado por meio da densidade de referência do ensaio de compressão uniaxial (GC2) (Tabela 2). Considerando que a densidade do solo ( $D_s$ ) inicial (Tabela 2) foi a mesma para o cálculo do grau de compactação pelos dois métodos, fica evidente que a densidade de referência, obtida pelo ensaio de Proctor adaptado, foi superior do que aquelas obtidas com amostras indeformadas submetidas a uma pressão de 1600 kPa. Esses resultados divergem dos obtidos por Suzuki, et al. (2007), que observaram maiores valores de densidade de referência pelo ensaio uniaxial para solos com diferentes teores de argila, quando comparado com o método do Proctor normal. Portanto, esses resultados apontam que o ensaio de Proctor adaptado com volume reduzido pode ter sido realizado com energia de compactação super dimensionada, necessitando de estudos para determinação da energia de compactação ideal para obtenção da densidade de referência compatível com outros métodos de determinação do grau de compactação de solos agrícolas.

Na profundidade de 0 a 0,20 m, o solo da Mata apresentou densidade máxima muito inferior ao das áreas cultivadas (Figura 1), mesmo assim, o solo das áreas cultivadas apresentou maior grau de compactação (Tabela 2). Por se tratar de um horizonte arenoso com  $871 \text{ g kg}^{-1}$  de areia (Tabela 1), a compactação do horizonte Ap (0 a 0,20 m), devido ao cultivo com cana-de-açúcar, não é necessariamente considerada um fator limitante. Camargo (1983) e Dias Junior (2000), que afirmaram que um dos efeitos benéficos da compactação, até certo nível, pode ser atribuído ao aumento da disponibilidade de água em períodos mais secos, em função do maior contato do solo com sementes ou raízes. Segundo Hill et al. (1985), o aumento da densidade do solo pode proporcionar maior quantidade de água disponível às plantas, porém, tais efeitos variam com a granulometria e teor de matéria orgânica no solo.

No entanto, o maior grau de compactação do horizonte AB (0,20 a 0,40 m) do solo das áreas cultivadas em relação à área de mata, independente do método de determinação, aponta que o sistema de cultivo adotado naquela usina resultou em compactação subsuperficial, o que pode potencializar o caráter coeso natural nessa profundidade, representando um aumento do impedimento físico ao desenvolvimento radicular em camadas mais profundas, reduzindo a capacidade das lavouras suportarem períodos de estiagem mais prolongados.

Quanto ao horizonte Bt (0,40 a 0,60 m), o efeito da compactação devido ao cultivo com cana-de-açúcar não ficou bem definido. Porém, com exceção do tratamento 14 anos I, os dois métodos indicaram que houve uma tendência do aumento do grau de compactação do solo do horizonte Bt nas áreas cultivadas (Tabela 2).

**CONCLUSÕES**

1. O grau de compactação obtido por ensaio de Proctor adaptado foi maior do que o obtido por ensaio de compressão uniaxial.
2. O cultivo com cana-de-açúcar aumentou o grau de compactação dos Horizontes Ap e AB do Argissolo estudado.

**AGRADECIMENTOS**

A Usina Coruripe pela disponibilização das áreas cultivadas com cana-de-açúcar e de mata, bem como, pelo apoio logístico na extração das amostras de solo.

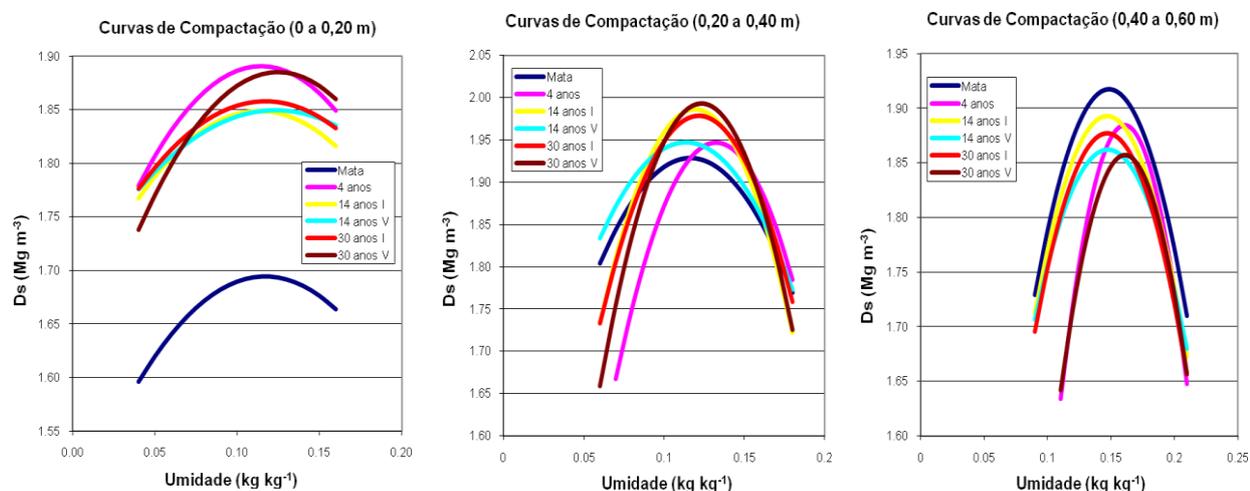
**REFERÊNCIAS**

CAMARGO, O.A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas.** Campinas, Fundação Cargill, 1983. 44 p.  
 CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** v.1, 4 ed., Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1980, 219p.

DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, 1:56-94, 2000.  
 HILL, R.L.; HORTON, R. & CRUSE, M.R. Tillage effects on soil water retention and pore size distribution of two Mollisols, Soil Sci. Soc. Am. J., 49:1264-1270, 1985.  
 NHANTUMBO, A.B.J.C.; CAMBULE, 2006. A.H. Bulk density by proctor test as a function of texture for agricultural soils in Maputo province of Mozambique, **Soil & Tillage Research**, 87, p.231–239.  
 REICHERT, J.M.; REINER, D.J.; SUSUKI, L.E.A.S.; HORN, R. S. Mecânica do solo. In: VAN LIER, Q.J., Física do solo. 1.ed. Viçosa, SBCS, 2010. p.29-102.  
 SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; DIAS JUNIOR, M.S.; OMHOFF, S.; KLEIN, V.A. Indicadores da qualidade física do solo. In: VAN LIER, Q.J., Física do solo. 1.ed. Viçosa, SBCS, 2010. p.241-282.  
 STANCATI, G.; NOGUEIRA, J.B. ; VILLAR, O.M. 1981. Compactação do solo. In: **Ensaio de laboratório em mecânica do solos.** São Paulo, USP, p. 81-93.

**Tabela 1.** Caracterização granulométrica da solo dos seis tratamentos, nas três profundidades estudadas.

Trat.	Profundidade – 0 a 0,20 m			Profundidade – 0,20 a 0,40 m			Profundidade – 0,40 a 0,60 m		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
----- g kg <sup>-1</sup> -----									
Mata	868	57	76	793	56	151	632	78	291
4 anos I	867	46	88	701	65	234	596	102	326
14 anos I	866	49	86	751	66	184	592	102	306
14 anos V	873	42	86	768	63	169	606	97	297
30 anos I	885	39	75	747	81	172	608	127	265
30 anos V	868	42	91	724	70	207	593	119	288
Média	871	46	84	747	67	186	605	104	296



**Figura 1:** Curvas de compactação do solo dos seis tratamentos nas três profundidades estudadas.

**Tabela 2.** Médias para densidade do solo (Ds), grau de compactação com densidade máxima obtida pelo teste de Proctor (GC1) e grau de compactação com densidade máxima obtida pelo ensaio uniaxial (GC2), para o solo dos seis tratamentos nas três profundidades em estudo.

Trat.	Profundidade – 0 a 0,20 m			Profundidade – 0,20 a 0,40 m			Profundidade – 0,40 a 0,60 m		
	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	GC1 (%)	GC2 (%)	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	GC1 (%)	GC2 (%)	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	GC1 (%)	GC2 (%)
Mata	1,20 b	71,43 b	77,12 b	1,42 b	73,49 b	77,87 b	1,40 b	72,98 b	78,49 b
4 anos I	1,38 a	72,10 b	80,55 a	1,58 a	81,17 a	86,75 a	1,46 a	77,79 a	83,38 a
14 anos I	1,37 a	74,07 a	82,83 a	1,58 a	79,48 a	87,40 a	1,39 b	73,19 b	73,70 b
14 anos V	1,39 a	75,13 a	82,12 a	1,58 a	81,35 a	86,75 a	1,46 a	78,10 a	82,92 a
30 anos I	1,44 a	77,09 a	85,54 a	1,55 a	78,21 a	86,07 a	1,48 a	77,95 a	81,42 a
30 anos V	1,46 a	77,15 a	84,38 a	1,53 a	76,19 a	86,30 a	1,41 b	75,03 b	76,70 b
Média	1,37	74,58	82,09	1,54	78,31	85,19	1,43	75,84	79,43
CV (%)	3,92	3,66	4,48	3,92	3,66	4,48	3,92	3,66	4,48

Médias acompanhadas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05)