

## CERA DE CARNAÚBA COMO IMPERMEABILIZANTE E TAMANHO DO TORRÃO NA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO

PABLO FERNANDO SANTOS ALVES<sup>1\*</sup>, SUERLANI APARECIDA FERREIRA MOREIRA<sup>1</sup>, PAULO AUGUSTO PEREIRA LOPES<sup>1</sup>, MARCOS KOITI KONDO<sup>1</sup>

Recibido: 26/01/2018

Recibido con revisiones: 27/03/2018

Aceptado: 11/06/2018

### RESUMO

A escolha do material impermeabilizante na análise da densidade do solo é uma etapa fundamental quando se opta pela sua realização pelo método do torrão impermeabilizado. Objetivou-se com a realização deste trabalho verificar se a cera de carnaúba pode ser utilizada como impermeabilizante de torrões na determinação da densidade do solo e determinar qual o tamanho do torrão apropriado para análise, comparando os resultados com a estimativa pelo método do anel volumétrico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial  $2 \times 2 + 1$ , com quatro repetições, sendo dois impermeabilizantes, dois diâmetros médios de torrão, e um tratamento controle, densidade do solo pelo método do anel volumétrico. Para análise foram coletadas amostras em três classes de solos no município de Janaúba, estado de Minas Gerais, Brasil, sendo um Typic Eustrustox (Latosolo Vermelho eutrófico), um Haplustalf (Nitossolo Vermelho eutrófico) e um Albaqualf (Planossolo Háplico). Verificou-se que a cera de carnaúba pode ser utilizada como impermeabilizante de torrões na análise de densidade do solo. Com exceção do Albaqualf, o uso de torrões com diâmetro médio de 6 cm impermeabilizados com cera de carnaúba permite uma estimativa da densidade do solo similar àquela obtida pelo método do anel volumétrico.

**Palavras-chave:** *Copernicia cerifera*, atributos físicos, análise de solo, segurança do trabalho.

## CARNAUBA WAX AS WATERPROOFING AND CLOD SIZE IN THE DETERMINATION OF BULK DENSITY

### ABSTRACT

The choice of waterproofing material in the analysis of bulk density is a fundamental step when it opts for its realization by the waterproofed clod method. The objective of this work verify that the carnauba wax can be used as waterproofing clods in the determination of soil density and determine the size of the clod appropriate for analysis, comparing the results with the estimate by the volumetric ring method. The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement  $2 \times 2 + 1$ , with four replications, two waterproofing, two average diameters of nougat, and a control treatment, soil density by volumetric ring method. To analyze samples were collected in three soil classes in the Janaúba county, Minas Gerais State, Brazil, being the Typic Eustrustox (eutrophic Red Latosol), Haplustalf (eutrophic Red Nitosol) and Albaqualf (Haplic Planosol). It was found that carnauba wax can be used as waterproofing of lumps in the bulk density analysis. Aside from Albaqualf, the use of clods with an average diameter of 6 cm waterproofed with carnauba wax allows an estimate of soil density similar to that obtained by the volumetric ring method.

**Key words:** *Copernicia cerifera*, physical attributes, soil analysis, workplace safety.

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Montes Claros, Campus Janaúba-MG. Departamento de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido.

\* Autor de contacto: agrotecnico10@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

Os atributos físicos do solo tem influência direta no desenvolvimento radicular das culturas e, conseqüentemente, nas suas produtividades. Entre esses atributos, a densidade do solo é um parâmetro considerado como indicador de qualidade física do solo (Lima *et al.*, 2014; Boldaji & Keller, 2016), tendo amplo uso prático na agricultura tal como a conversão da umidade base massa para umidade volumétrica para fins de cálculo da lâmina de irrigação (Gonçalves *et al.*, 2011), na estimativa do conteúdo e disponibilidade de nutrientes no do solo (Costa *et al.*, 2009), na predição das condições favoráveis ao ataque de pragas de solo (Sousa *et al.*, 2014), entre outros.

Não obstante, a determinação da densidade do solo nem sempre é fácil de ser realizada, haja vista que solos distintos podem apresentar características peculiares que podem inviabilizar a determinação por um método ou outro.

Os métodos convencionais para determinação da densidade do solo são o método do torrão parafinado e anel volumétrico, pois possuem a vantagem de serem mais baratos e acessíveis que outros métodos existentes, tais como os métodos nucleares (tomografia computadorizada, atenuação gama, utilização de sondas de superfície nêutron-gama). Porém, possuem como desvantagem o fato de serem invasivos e ocasionarem alterações na estrutura do solo dependendo dos procedimentos e ferramentas utilizadas na amostragem, bem como as dimensões das amostras coletadas (Pires *et al.*, 2010).

Em relação ao método do torrão impermeabilizado, a escolha da substância a ser utilizada como revestimento é de fundamental importância, haja vista que a mesma não pode adentrar-se nos poros do torrão no processo de impermeabilização e nem permitir o umedecimento do torrão no processo de determinação do volume do solo.

Tradicionalmente, a resina Saran ou a parafina, ambos produtos sintéticos derivados do petróleo, têm sido utilizadas como revestimento de torrões de solo (Embrapa, 2011). Entretanto, a falta de padronização ou a dificuldade em obtenção desses produtos tem evidenciado atualmente a busca pelo uso de substâncias alternativas que permitam

a obtenção de resultados satisfatórios e que, além disso, demandem em seu processo de produção métodos menos agressivos ao ambiente. Além disso, alguns produtos quando aquecidos liberam gases tóxicos oferecendo riscos para as pessoas que manipulam tais substâncias, assim como a parafina, produto esse que conforme o anexo 13 da Norma Regulamentadora nº 15 (Atividades e operações insalubres - Agentes Químicos) (Brasil, 2009) determina que nos estabelecimentos que fazem manipulação de parafina líquida, seja atribuída insalubridade de grau máximo por tratar-se de substância altamente cancerígena.

Nesse sentido, Silva *et al.* (2003) testaram o uso da cera de abelhas na determinação da densidade do solo e verificaram a possibilidade dessa substância substituir a parafina na impermeabilização de torrões.

Outro produto com características físicas semelhantes à parafina, o que inclui, por exemplo, o ponto de fusão e viscosidade é a cera de carnaúba (Ourique *et al.*, 2015), entretanto sua utilização como impermeabilizante de torrões na análise de densidade do solo é desconhecida. A cera de carnaúba se forma nas folhas e frutos das palmeiras de carnaúba (*Copernicia cerifera*) e seu emprego industrial abrange diversas áreas devido às características da cera, a qual após ser refinada pode ser utilizada na produção de produtos farmacêuticos, cosméticos, filmes plásticos e fotográficos, entre outros (Carvalho & Gomes, 2008).

Diante do exposto o objetivo desse trabalho foi verificar se a cera de carnaúba pode ser utilizada como impermeabilizante de torrões na determinação da densidade do solo e, considerando a economia de materiais e eficiência da análise, determinar qual o tamanho do torrão apropriado para análise, comparando os resultados com a estimativa pelo método do anel volumétrico.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras com estrutura indeformada (torrões com aproximadamente 10 cm de diâmetro e amostras em anéis volumétricos de 115 cm<sup>3</sup>) em horizontes superficiais e sub-superficiais de três classes de solo de ocorrência no município de Janaúba-MG, classificados con-

**Tabela 1.** Atributos físicos dos diferentes horizontes dos solos utilizados no experimento.**Table 1.** Physical attributes of the different soil horizons used in the experiment.

Classe de solo	Horizonte	Areia	Silte	Argila	Ds	Dp	VTP
		---- dag kg <sup>-1</sup> ----			- g cm <sup>-3</sup> -		cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>
Typic Eustrustox	A	516	269	215	1,43	2,55	0,44
Typic Eustrustox	Bw	332	298	370	1,54	2,58	0,40
Haplustalf	A	109	228	663	1,34	2,67	0,50
Haplustalf	Brítico	106	253	641	1,30	2,66	0,51
Albaqualf	A	719	222	59	1,47	2,63	0,44
Albaqualf	Bt	189	466	345	1,51	2,38	0,37

Volume total de Poros (VTP), obtido pela equação  $VTP = \frac{Dp}{Ds}$ ; Densidade de Partículas (Dp); Densidade do solo (Ds).

forme o Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999) e mencionada classificação brasileira correspondente (Embrapa, 2013), cujos atributos físicos apresentam ampla variação, conforme verifica-se na **Tabela 1**.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial  $(2 \times 2) + 1$  com quatro repetições. Sendo utilizados dois impermeabilizantes (parafina e cera de carnaúba) e torrões de dois tamanhos médios (diâmetro de 4 e 6 cm, o que equivale o volume aproximado de 33,51 e 113,51 cm<sup>3</sup>, respectivamente) na análise de densidade do solo pelo método do torrão (Embrapa, 2011). Além disso foi realizada a comparação com a densidade obtida pelo método do anel volumétrico (controle) (Grossman & Reinsch, 2002). Os torrões de 4 e 6 de diâmetro foram obtidos por meio da modelagem manual dos torrões em formato esférico, com o auxílio de faca e um paquímetro para realização das medições.

A cera de carnaúba e a parafina foram colocadas em recipientes de alumínio e em seguida fundidas e mantidas em temperatura de  $64 \pm 2$  °C com o auxílio de bloco de aquecimento.

Por ocasião da etapa de fundição foram retiradas alíquotas de 50 ml de cada substância (cera de carnaúba e parafina), as quais após resfriamento permitiram a determinação da densidade específica. Para isso foi utilizado o mesmo princípio empregado para determinação da densidade do solo (princípio de Arquimedes). Os valores de densidade específica obtidos foram 0,7472 g cm<sup>-3</sup> para a parafina e 0,7878 g cm<sup>-3</sup> para a cera de carnaúba.

Para avaliar a espessura da camada de revestimento, utilizou-se a relação volume total do torrão impermeabilizado/volume do revestimento (VTi/Vr), calculada conforme equações a seguir:

*Equação 1:*

$$VTi = \frac{(PTi \text{ ao ar}) - (PTi \text{ na água})}{Da}$$

VTi: Volume total do torrão impermeabilizado

PTi: Peso do torrão impermeabilizado

Da = Densidade específica da água ( $\approx 0,99$  g cm<sup>-3</sup>)

*Equação 2:*

$$Vr = \frac{(PTi \text{ ao ar}) - (PT \text{ ao ar})}{Di}$$

Vr = Volume do revestimento

PTi = Peso do torrão impermeabilizado

PT = Peso do torrão sem impermeabilizante

Di = Densidade específica do revestimento (0,7472 g cm<sup>-3</sup> para a parafina e 0,7878 g cm<sup>-3</sup> para a cera de carnaúba).

Os dados foram submetidos à análise de variância, optando-se por realizar o desdobramento de todas as interações pelo teste F ao nível de 5% de significância. Além disso, foi realizado o teste de Dunnett ao nível de 5% de significância para comparação das médias dos tratamentos com o controle (método do anel volumétrico). Cada horizonte foi comparado separadamente dentro das respectivas classes de solo. Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o programa SAS® v.9.0 (Sas Institute, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Confome observa-se na **Tabela 2**, de maneira geral não foram observadas diferenças no valor de densidade do solo (Ds) em função dos dois

**Tabela 2.** Médias de densidade do solo (Ds) em função da utilização de diferentes produtos para impermeabilização do torrão e comparação com o método do anel volumétrico em solos de ocorrência no município de Janaúba-MG.

**Table 2.** Bulk density (Ds) as a function of the use of different products for waterproofing of the clod and comparison with the volumetric ring method in soils occurring in the municipality of Janaúba-MG.

Horizonte	Diâmetro médio do torrão (cm)	Densidade do Solo (g cm <sup>-3</sup> )		Anel Volumétrico
		Impermeabilizante		
		Parafina	Cera de Carnaúba	
Typic Eutruxox				
A	4	1,64 aA*	1,57 aA*	1,43
	6	1,62 aA*	1,56 aA	1,43
Bw	4	1,60 aA	1,57 aA	1,54
	6	1,58 aA	1,61 aA	1,54
Haplustalf				
A	4	1,38 aA	1,37 aA	1,34
	6	1,36 aA	1,35 aA	1,34
B nítico	4	1,33 aA	1,34 aA	1,30
	6	1,33 aA	1,27 aA	1,30
Albaqualf				
A	4	1,64 aA*	1,61 aA*	1,47
	6	1,66 aA*	1,59 aA	1,47
Bt	4	1,73 aA*	1,71 aA*	1,51
	6	1,81 aA*	1,73 aB*	1,51

Para classes de solo e horizontes distintos, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância. Médias de Ds seguidas de asterisco diferem do tratamento controle (determinação da Ds pelo método do anel volumétrico) pelo teste Dunnett ao nível de 5% de significância.

impermeabilizantes e tamanhos dos torrões para os diferentes horizontes dos solos estudados. A única exceção a estes resultados correspondeu ao horizonte Bt do Albaqualf, onde foi verificado que a densidade do solo quando se utilizou o diâmetro médio de 6 cm e a cera de carnaúba como impermeabilizante foi 4,4% menor comparativamente ao uso da parafina. Possivelmente esses resultados decorrem de possíveis pontos de fratura do impermeabilizante, não percebidas na etapa de impermeabilização, que resultam da menor capacidade de aderência da parafina no torrão em relação à cera de carnaúba, sobretudo em pontos com a presença de arestas mais evidentes. Isso é causado pelo forte grau de desenvolvimento da estrutura que dificulta a moldagem manual dos torrões.

A ocorrência de pontos de fratura no impermeabilizante pode permitir a entrada de água no

torrão durante a etapa de pesagem do torrão na água, contribuindo dessa forma para uma subestimativa do volume do torrão e, como a densidade de qualquer substância é inversamente proporcional ao seu volume, tem-se a obtenção de resultados maiores e equivocados de densidade do solo. Teoricamente, esse problema seria contornado na etapa seguinte quando se faz a remoção do impermeabilizante e procede-se a determinação da umidade do torrão, todavia ressalta que na prática é quase impossível que a remoção do impermeabilizante também não acarrete em remoção de partes das camadas superficiais do torrão, que são justamente as camadas mais propensas ao umedecimento quando o torrão é mergulhado na água.

Na **Tabela 2**, foi possível verificar também que os horizontes A do Typic Eutruxox e do Albaqualf apresentaram Ds superior ao tratamento controle

quando se utilizou os torrões de 4 e 6 cm impermeabilizados com parafina e os torrões de 4 cm impermeabilizados com cera de carnaúba. No horizonte Bt do Albaqualf, a parafina e a cera de carnaúba aumentaram a Ds nos dois tamanhos de torrão, em relação ao anel volumétrico.

O fato do método do torrão indicar valores mais elevados de densidade do solo que o método controle pode estar associado à penetração de parafina em fendas existentes no torrão e posteriormente nos macroporos da amostra de solo, acarretando em maiores valores de densidade, sobretudo em classes de solo ou horizontes com textura mais arenosa tais como os horizontes A do Typic Eustrtox e Albaqualf, corroborando com Silva *et al.* (2000). Folegatti *et al.* (2001), estudando as diferenças entre os valores de densidade do solo obtidos pelo método do anel, descrevem que estes metodológicos podem influenciar os resultados em solos de diferentes texturas, sendo esses erros relacionados principalmente ao processo de amostragem, porém se os anéis forem cravados no solo respeitando-se certos padrões, tais erros são considerados incipientes ou mesmo nulos.

Segundo Siqueira *et al.* (2008) há uma diminuição das estimativas de densidade do solo quando se aumenta o tamanho do torrão, o que explicaria também o fato dos torrões de 6 cm de diâmetro apresentarem menor valor de Ds quando se utilizou a cera de carnaúba nas condições deste trabalho. Todavia, de acordo Embrapa (2011) torrões com diâmetro muito pequenos apresentam o inconveniente de apresentarem dificuldade no manuseio, o que contribui para erros na estimativa da Ds, entretanto, o uso de torrões muito grandes contribui para um gasto excessivo de material impermeabilizante que nem sempre corresponderá a melhor acurácia nos resultados.

A relação volume total do torrão impermeabilizado/volume do revestimento (VTi/Vr) expressa o volume de um torrão que foi impermeabilizado por uma certa quantidade de material, neste caso, considerando dois torrões de mesmo volume, uma maior VTi/Vr indicaria maior espessura da camada impermeabilizante. Dessa forma é possível observar (**Tabela 3**) que quando se utilizou a cera de carnaúba como impermeabilizante, os

torrões de 6 cm do horizonte Bw (LV) apresentaram maior VTi/Vr, de maneira semelhante ocorreu quando se utilizou a parafina para os horizontes A e Bt do Albaqualf.

**Tabela 3.** Relação volume total do torrão impermeabilizado/volume do impermeabilizante em função da utilização de parafina e cera de Carnaúba com dois tamanhos do torrão de 3 solos de ocorrência no município de Janaúba-MG.

**Table 3.** Total volume ratio of the waterproofed clod / volume of the waterproofing agent due to the use of different products for waterproofing the clod of different soils occurring in the municipality of Janaúba-MG.

Relação Volume total do torrão/volume do impermeabilizante (VTi/Vr)			
Horizonte	Diâmetro médio do torrão (cm)	Impermeabilizante	
		Parafina	Cera de Carnaúba
Typic Eustrtox			
A	4	6,58 aA	6,69 aA
	6	8,46 aA	7,51 aA
Bw	4	7,94 aA	6,85 bA
	6	7,36 aA	8,82 aA
Haplustalf			
A	4	7,03 aA	6,87 aA
	6	6,92 aA	6,64 aA
B nítico	4	7,35 aA	8,00 aA
	6	7,80 aA	8,54 aA
Albaqualf			
A	4	7,00 bA	5,97 aA
	6	9,16 aA	5,77 aB
Bt	4	7,19 bA	6,62 aA
	6	9,29 aA	7,78 aA

Para classes de solo e horizontes distintos, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

De acordo Silva *et al.* (2003) espera-se que quanto mais delgada for a espessura da camada de revestimento, mais precisos sejam os resultados e mais econômica se torne a determinação. Nesse sentido, considerando que de maneira geral não houve interferência nos valores de densidade do solo em função dos impermeabilizantes e tamanhos dos torrões, as pequenas diferenças notadas no que diz respeito a relação VTi/Vr foram considerados de pouca relevância para a maioria dos solos testados no presente trabalho A única ponderação a ser feita ser dá em relação ao horizonte Bt do Albaqualf, onde esse incremento

na relação  $V_{Ti}/V_r$  pode ter contribuído para que o uso da parafina em torrões com 6 cm de diâmetro médio contribuíssem para incremento na estimativa da densidade do solo, conforme demonstrado anteriormente.

## CONCLUSÕES

A cera de carnaúba pode ser utilizada como impermeabilizante de torrões na análise de densidade do solo.

Com exceção do Albaqualf, o uso de torrões de diâmetro médio de 6 cm impermeabilizados com cera de carnaúba permite uma estimativa da densidade do solo similar àquela obtida pelo método do anel volumétrico.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e CAPES pela concessão de bolsas. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## BIBLIOGRAFIA

- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. 2009. Portaria 3.214 de 08 de julho 1978. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO13.pdf> Acesso em: 10 mar de 2016.
- Boldaji, NM & T Keller. 2016. Degree of soil compactness is highly correlated with the soil physical quality index S. *Soil Tillage Res* 159:41-46.
- Carvalho FPA de & JMA Gomes. 2008. Eco-eficiência na produção de cera de Carnaúba no município de Campo Maior, Piauí, 2004. *Rev. Econ. Sociol. Rural* 46(2):421-453.
- Costa JPV da; NF de Barros; AL Bastos & AW de Albuquerque. 2009. Fluxo difusivo de potássio em solos sob diferentes níveis de umidade e de compactação. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 13(1):56-62.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 2011. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 230pp.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília. 353pp.
- Folegatti MV; RPC do Brasil & FF Blanco. 2001. Sampling equipment for soil bulk density determination tested in a Kandicudalfic Eutrudox and a Typic Hapludox. *Sci. agric.* 58(4):833-838.
- Grossman RB & TG Reinsch. 2002. Bulk density and linear extensibility. In: Dane, JH & C Topp, eds. *Methods of soil analysis: Physical methods*. Madison, Soil Sci Soc Am J, 4:201-228.
- Lima HV de; ÁP da Silva; NFB Giarola & S Imhoff. 2014. Index of soil physical quality of hardsetting soils on the Brazilian coast. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 38(6):1722-1730.
- Ourique PA; RCD Cruz & JE Zorzi. 2015. Influência da cera de carnaúba no comportamento reológico de misturas usadas na moldagem por injeção em baixa pressão. *Cerâmica* 61(357):71-76.
- Pires LF; JAR Borges; OOS Bacchi & K Reichardt. 2010. Twenty-five years of computed tomography in soil physics: A literature review of the Brazilian contribution. *Soil Tillage Res*, 110(2):197-210.
- Sas Institute. 2000. SAS user's guide: statistics, version 9.0. Cary: SAS Institute.
- Silva EMB, Silva TJA, Oliveira LB, Mélo RF, Jacomine PKT. 2003. Utilização de cera de abelhas na determinação da densidade do solo. *Rev. Bras Ciênc. Solo* 27(5):955-959.
- Silva VR da & DJRJM Reichert. 2000. Comparação entre os métodos do cilindro e do torrão na determinação da porosidade e da densidade do solo. *Cienc. Rural* 30(6):1065-1068.
- Siqueira GM; SR Vieira & MB Ceddia. 2008. Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. *Bragantia* 67(1):203-211.
- Soil Survey Staff. 1999. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. *Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 2.ed. Washington. 870pp. (USDA. Agriculture Handbook, 436)
- Sousa CCM de; EMR Pedrosa; MM Rolim; JV Pereira Filho & MALM de Souza. 2014. Influência da densidade do solo infestado por nematoide no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 18(5):475-479.