

**Avaliação de Métodos de Determinação da  
Densidade de Solo em Amostras com Diferentes  
Atividades da Fração Argila Coletadas no  
Município de Rio Branco, Estado do Acre**



**OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL**

**15** VIDA  
TERRESTRE





**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Acre  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
62**

**Avaliação de Métodos de Determinação da  
Densidade de Solo em Amostras com Diferentes  
Atividades da Fração Argila Coletadas no  
Município de Rio Branco, Estado do Acre**

*Luciélío Manoel da Silva  
Rita de Kássia do Nascimento Costa  
Alderlândia Silva de Almeida  
Charles Henderson Alves de Oliveira  
Edson Alves de Araújo  
Orlando Carlos Huertas Tavares  
Marcos Gervasio Pereira  
Otavio Augusto Queiroz dos Santos*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Acre**  
Rodovia BR-364, km 14,  
sentido Rio Branco/Porto Velho  
Caixa Postal 321  
CEP 69900-970 Rio Branco, AC  
Fone: (68) 3212-3200  
Fax: (68) 3212-3285  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Acre

Presidente  
*Elias Melo de Miranda*

Secretário-Executivo  
*Claudia Carvalho Sena*

Membros  
*Carlos Mauricio Soares de Andrade, Celso Luis Bergo, Evandro Orfanó Figueiredo, Rivaldalve Coelho Gonçalves, Rodrigo Souza Santos, Romeu de Carvalho Andrade Neto, Tadário Kamel de Oliveira, Tatiana de Campos, Virgínia de Souza Álvares*

Supervisão editorial e revisão de texto  
*Claudia Carvalho Sena*  
*Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica  
*Renata do Carmo França Seabra*

Diagramação  
*Francisco Carlos da Rocha Gomes*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Foto da capa  
*Sérgio Shimizu*

**1ª edição**  
On-line (2020)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Acre

---

Avaliação de métodos de determinação da densidade de solo em amostras com diferentes atividades da fração argila coletadas no município de Rio Branco, estado do Acre / por Luciélio Manoel da Silva... [et al]. – Rio Branco, AC : Embrapa Acre, 2020.

21 p. : il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Acre, ISSN 0101-5516; 62).

1. Solo – Acre. 2. Solo – densidade – Rio Branco. 3. Argila – Acre. 4. Física do solo. 5. Método do torrão parafinado. 6. Método do anel volumétrico. I. Embrapa Acre. II. Série.

CDD (21.ed.) 631.43098112

## Sumário

---

Resumo .....	5
Abstract .....	7
Introdução.....	9
Material e Métodos .....	10
Resultados e Discussão .....	13
Conclusões.....	19
Referências .....	19



# Avaliação de Métodos de Determinação da Densidade de Solo em Amostras com Diferentes Atividades da Fração Argila Coletadas no Município de Rio Branco, Estado do Acre

Luciéllo Manoel da Silva<sup>1</sup>

Rita de Kássia do Nascimento Costa<sup>2</sup>

Alderlândia Silva de Almeida<sup>3</sup>

Charles Henderson Alves de Oliveira<sup>4</sup>

Edson Alves de Araújo<sup>5</sup>

Orlando Carlos Huertas Tavares<sup>6</sup>

Marcos Gervasio Pereira<sup>7</sup>

Otavio Augusto Queiroz dos Santos<sup>8</sup>

**Resumo** – No Acre, uma das características marcantes dos solos é a presença de minerais de argila do tipo 2:1, que confere padrões diferenciados de consistência em função do conteúdo de água. Esse comportamento implica em dificuldades no processo de amostragem e na avaliação de atributos físicos do solo, com destaque para a densidade do solo (Ds), atributo de grande relevância na avaliação do grau de compactação ou adensamento e componente do cálculo do estoque de nutrientes e carbono orgânico do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar os métodos do anel volumétrico e do torrão

---

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Biotecnologia e Biodiversidade, analista da Embrapa Acre, Rio Branco, AC.

<sup>2</sup> Engenheira-agrônoma, Cruzeiro do Sul, AC.

<sup>3</sup> Engenheira-agrônoma, Cruzeiro do Sul, AC.

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação dos Serviços Ambientais, Rio Branco, AC.

<sup>5</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, professor da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, AC.

<sup>6</sup> Engenheiro-agrônomo, licenciado em Ciências Agrícolas, doutor em Fitotecnia, bolsista de Pós-Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, Seropédica, RJ.

<sup>7</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia – Ciência do Solo, professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

<sup>8</sup> Engenheiro-agrônomo, mestrando em Agronomia – Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

parafinado na determinação da  $D_s$  em solos que apresentam argilas 2:1, em comparação a um solo de natureza caulínica e oxidada, em horizontes superficiais e subsuperficiais. Não foi verificada diferença estatística para o valor de  $D_s$  entre o método do anel volumétrico e do torrão dentro de cada classe de solo. De maneira geral, o método do torrão parafinado resultou em maiores valores de  $D_s$  para os solos estudados, porém ambos os métodos podem ser empregados independente das particularidades dos solos.

**Termos para indexação:** solos do Acre, método do torrão parafinado, método do anel volumétrico.

## Evaluation of Methods of Determining Bulk Density in Samples with Different Activities of the Clay Fraction Collected in the Municipality of Rio Branco, State of Acre

**Abstract** – In Acre, one of the striking soil characteristics is the 2:1 clay mineral presence, which gives different consistency patterns depending on the water content. This pattern implies difficulties in the soil sampling process and the soil physical attributes evaluation, with emphasis on the bulk density (Bd), an attribute of great relevance in the compaction or densification evaluation degree and component of the soil nutrients and organic carbon calculation stock. The objective of this study was to evaluate the volumetric ring and the paraffined clod methods in determining the Bd in soils that present 2:1 clays, in comparison to a kaolinitic and oxydic soils, in samples collected to superficial and subsurface horizons. There was no statistical difference for the Bd value between the volumetric ring and the paraffined clod method within each soil class. In general, the paraffined clod method resulted in higher Bd values for the studied soils, however, both methods can be used regardless of the particularities of the studied soil.

**Index terms:** soil of Acre, paraffin clod method, volumetric ring method.



## Introdução

---

A densidade do solo ( $D_s$ ) pode ser definida como a relação massa do solo seco sobre o volume total (Almeida et al., 2017). É um atributo físico de grande relevância na avaliação da qualidade dos solos, principalmente na avaliação de sua qualidade física. É possível por meio da  $D_s$  avaliar o grau de compactação ou de adensamento, sendo também empregada nas equações para o cálculo dos estoques de nutrientes e carbono do solo, disponibilidade de água para as plantas e determinação da necessidade de irrigação (Al-Shammary et al., 2018). A  $D_s$  pode ser influenciada pela classe textural do solo, pelo conteúdo de matéria orgânica e pela mineralogia do solo.

No estado do Acre, uma das características marcantes dos solos é a presença de minerais de argila do tipo 2:1 (Anjos et al., 2013), que promove uma grande variação da consistência dos solos em função do conteúdo de água, sendo extremamente duros quando secos e plásticos e pegajosos quando molhados, o que dificulta a determinação da  $D_s$  pelo método do anel volumétrico, em razão da dificuldade de coleta e de incertezas devido à expansão e contração do material.

O anel volumétrico é considerado como um método padrão de amostragem para avaliação da  $D_s$  (Silva et al., 2000). Apesar de ser um método simples, se fazem necessários alguns cuidados na retirada da amostra para que não ocorra a sua deformação (Almeida et al., 2017). A presença de alguns corpos rígidos nos horizontes (raízes, concreções ferruginosas, veios de quartzo), por vezes, impede a inserção do cilindro, podendo fazer com que seja submetido a alterações ou até a própria amostra seja danificada. Além disso, a dificuldade da retirada do cilindro do solo pode ocasionar problemas com perda da amostra (Klein, 2012). Com essas restrições, se fazem necessários estudos e a viabilização de métodos alternativos para a obtenção de amostras de volume conhecido.

O método do torrão é a segunda técnica mais amplamente utilizada para medição da  $D_s$  (Al-Shammary et al., 2018) e apresenta resultados um pouco superior de  $D_s$  quando comparado ao método do anel volumétrico (Vanremortel; Shields, 1993). Esse padrão tem sido atribuído à pequena penetração da parafina nos interstícios do solo, ao arredondamento desse agregado, bem como à forma de obtenção do torrão que irá fraturar nos

pontos de menor resistência (Blake; Hartge, 1986; Kiehl, 1979). Contudo, uma das vantagens desse método é a melhor adaptação a solos com presença de cascalhos ou frações mais grossas (Blake; Hartge, 1986; Almeida et al., 2017).

Ao comparar diversos métodos na determinação da  $D_s$ , Pires et al. (2011) constataram que o método do anel volumétrico gera resultados diferentes estatisticamente em comparação ao do torrão em amostras provenientes de áreas de manejo convencional. Resultados semelhantes foram observados por Gonçalves et al. (2013), ao avaliarem amostras de solos sob diversos sistemas de manejo, concluindo que o método do anel volumétrico é mais sensível que o do torrão parafinado para detectar diferenças na  $D_s$  entre os sistemas de manejo.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a determinação da densidade do solo por meio dos métodos do anel volumétrico e do torrão parafinado em solos com argila de atividade alta e argila de atividade baixa.

Esta publicação está de acordo com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 15 (Vida Terrestre). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma coleção de 17 metas globais estabelecidas pela Assembleia Geral das Nações Unidas e que tem o apoio da Embrapa para que sejam atingidas.

## Material e Métodos

---

Para o estudo, foram selecionados solos de três diferentes classes: um de argila de atividade baixa (Tb), o Latossolo Vermelho Distrófico – coletado em área de seringal de cultivo do campo experimental da Embrapa e cuja descrição consta em Rodrigues et al. (2001); e dois de argila de atividade alta (Ta), o Plintossolo Argilúvico – coletado em área experimental da Embrapa com sistema agroflorestal (SAF) e descrito na IX RCC (Anjos et al., 2013), e o Argissolo Vermelho – utilizado com pastagem na Rodovia AC-090 (Acre, 2006). A caracterização de atributos físicos e químicos do horizonte A e do B diagnóstico dos solos mencionados consta na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos físicos e químicos dos solos estudados.

Horiz. <sup>(1)</sup>	Prof. (cm)	pH	H <sub>2</sub> O	KCl	Argila	Silte	Areia	g kg <sup>-1</sup> de solo		ADA	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> de solo		K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	CTC	CTCr
								Argila	ADA		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>				
<b>LATOSSOLO VERMELHO Distrófico<sup>(2)</sup></b>																
A	0-14	4,3	4,0	200	170	260	180	1,0	0,2	0,13	0,5	6,9	26,5			
Bw1	50-88	4,7	3,9	120	150	460	0	0,0	0,3	0,04	2,0	5,3	11,5			
<b>PLINTOSSOLO ARGILÚVICO<sup>(3)</sup></b>																
Ap	0-15	5,9	4,6	171	437	392	330	8,5	1,3	0,11	0,1	14,1	36,0			
Bt1	41-77	5,0	4,7	67	249	698	0	1,3	0,7	0,18	12,5	19,2	27,5			
<b>ARGISSOLO VERMELHO Ta<sup>(4)</sup></b>																
A	0-10	5,0	4,0	280	510	210	-	5,7	1,5	0,28	0,2	15,0	71,4			
Bt3	60-100	5,0	4,0	100	360	530	-	5,0	4,9	0,18	9,0	24,2	45,6			

<sup>(1)</sup>Horiz. = Horizonte. Prof. = Profundidade. ADA = Argila dispersa em água. CTC = Capacidade de troca catiônica. CTCr = Atividade da fração argila.

Fonte: <sup>(2)</sup>Rodrigues et al. (2001); <sup>(3)</sup>Anjos et al. (2013); <sup>(4)</sup>Acre (2006).

Para a determinação da  $D_s$ , foram coletadas amostras nos horizontes superficiais e subsuperficiais. Foram feitas coletas de amostras indeformadas utilizando o método do anel volumétrico e do torrão (Almeida et al., 2017), com três repetições cada. A coleta das amostras foi realizada no final de maio de 2013, período de verão amazônico. Nos horizontes superficiais, as amostras foram coletadas nas profundidades de 0 cm–5 cm e 5 cm–10 cm, e, em subsuperfície, nos horizontes diagnósticos de 60 cm–80 cm (Latossolo), 40 cm–77 cm (Plintossolo) e 32 cm–69 cm (Argissolo). Também foram coletadas amostras deformadas para a determinação da densidade de partículas ( $D_p$ ) pelo método do balão volumétrico, conforme Teixeira et al. (2017).

Após a coleta, as amostras foram levadas para laboratório e submetidas a diferentes procedimentos. Para a determinação da  $D_s$  pelo método do anel volumétrico em laboratório, retirou-se o solo do anel, sendo transferido para recipiente metálico e posteriormente para estufa a 105 °C por 24h. Após esse período, as amostras foram pesadas para a determinação da massa seca do solo. Com os valores obtidos, realizou-se o cálculo da  $D_s$  para cada amostra, conforme a equação:

$$D_s = M_s/V_s$$

Em que:

$D_s$  = densidade do solo ( $Mg\ m^{-3}$ )

$M_s$  = massa do solo seco

$V_s$  = volume do anel

A determinação da  $D_s$  pelo método do torrão parafinado consistiu na quantificação da massa do torrão em condições de campo, seguida da impermeabilização com parafina fundida à temperatura entre 60 °C e 65 °C, determinação da massa desse conjunto, imersão em água e medição da massa do volume ocupado pelo torrão parafinado.

Logo após, retirou-se toda parafina e uma subamostra de cada torrão analisado foi utilizada para determinar a massa do torrão seco a 105 °C. De posse dos resultados, foram calculados o volume e a densidade pela seguinte equação:

$$VP = (MTSP - MTS)/DP$$

Em que:

VP = volume da parafina (dm<sup>3</sup>)

MTSP = massa do torrão seco parafinado (kg)

MTS = massa do torrão seco (kg)

DP = densidade da parafina na média 0,9 kg dm<sup>-3</sup>

Em seguida realizou-se o cálculo da densidade do solo, utilizando a mesma equação já apresentada no método do anel volumétrico. A partir dos dados obtidos de D<sub>s</sub> e D<sub>p</sub>, foi calculada a porosidade total usando os valores da D<sub>s</sub> determinada pelo método do anel volumétrico.

O conjunto de dados foi apresentado por meio da forma alternativa Boxplot. Foi realizada a análise de correlação de Pearson e a significância da relação verificada pelo teste t. Um procedimento de modelo linear generalizado (GLM) de análise de variância (ANOVA) foi usado para avaliar os prováveis efeitos do confundimento entre método, grupo de solo, horizonte e a interação, por meio do teste F. Em seguida, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). As análises dos dados foram realizadas no software R (R core team, 2019).

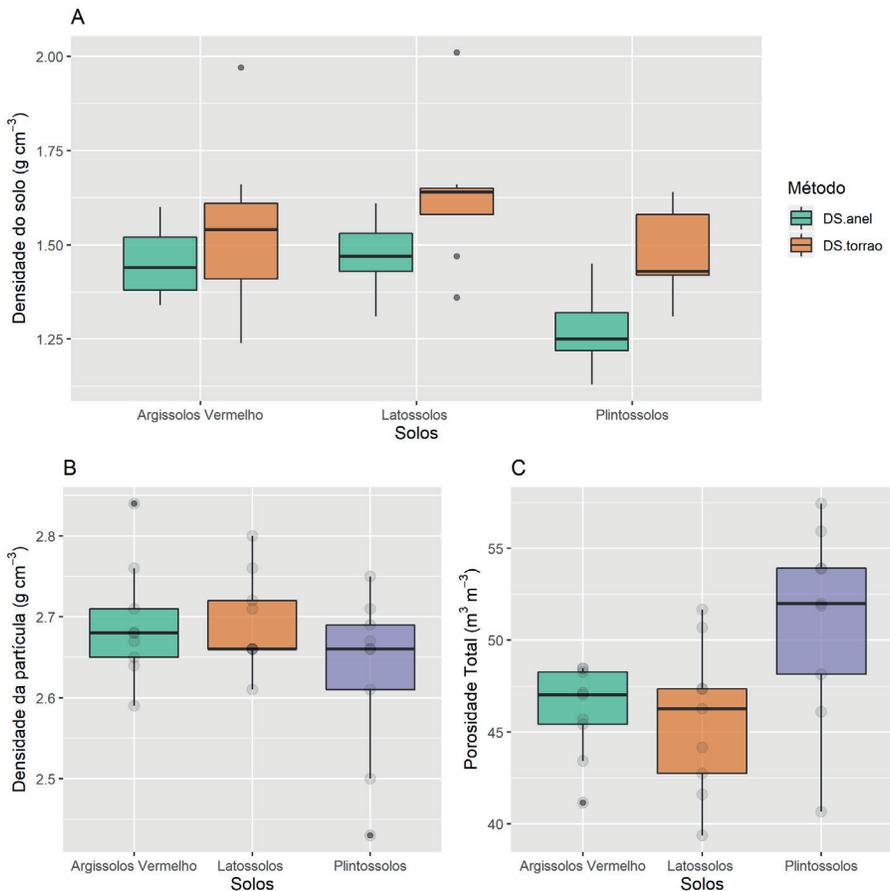
## Resultados e Discussão

---

Os dados descritivos dos atributos densidade do solo (D<sub>s</sub>), densidade de partículas (D<sub>p</sub>) e porosidade total do Argissolo Vermelho, Latossolo e Plintossolo são apresentados na Figura 1. Os valores da D<sub>s</sub> obtidos pelo método do anel volumétrico foram bastante homogêneos em função dos diferentes solos, sendo mais simétricos e sem *outliers* (Figura 1A). Por outro lado, os valores da D<sub>s</sub> obtidos pelo método do torrão foram bastante variáveis, especialmente no Argissolo Vermelho e no Latossolo, que apresentaram assimetria (com a mediana concentrada em um dos quartis da caixa) e dados discrepantes, e com os *outliers* evidenciando a grande variabilidade dos dados por esse método (Figura 1A). Porém os métodos não diferiram

quando comparados dentro de cada solo, uma vez que não houve interação significativa na análise de variância (Tabela 2).

Em relação aos solos, o Argissolo Vermelho e o Latossolo apresentam Ds similar, sendo maior quando comparada à do Plintossolo, que apresentou a menor mediana. A Dp foi similar entre os diferentes solos (Figura 1B). Por outro lado, os valores da porosidade total foram similares no Argissolo Vermelho e no Latossolo e maiores no Plintossolo (Figura 1C).



**Figura 1.** Boxplot das variáveis densidade do solo (Ds), obtida pelo método do anel e do torrão (A), densidade da partícula (B) e porosidade total (C) de Argissolo Vermelho, Latossolo e Plintossolo.

**Tabela 2.** Análise de variância da densidade do solo (Ds), obtida pelos métodos do anel volumétrico e do torrão parafinado, classe de solo e profundidades.

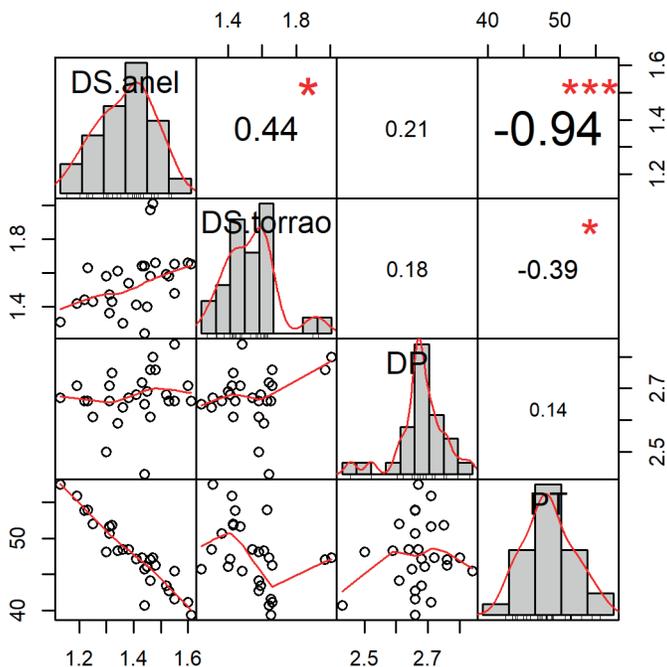
FV <sup>(1)</sup>	GL	SQ	QM	F-valor	p-valor
Método	1	0,2870	0,28704	17,357	0,000185***
Solo	2	0,2525	0,12624	7,634	0,001723**
Profundidade (Prof.)	2	0,1079	0,05397	3,263	0,049835*
Método:Solo	2	0,0281	0,01404	0,849	0,436232 <sup>ns</sup>
Método:Prof.	2	0,0523	0,02614	1,581	0,219816 <sup>ns</sup>
Solo:Prof.	4	0,1300	0,03250	1,965	0,120801 <sup>ns</sup>
Método:Solo:Prof.	4	0,0855	0,02137	1,292	0,291291 <sup>ns</sup>
Resíduos	36	0,5953	0,01654		

<sup>(1)</sup>FV = Fator de variação. GL = Grau de liberdade. SQ = Soma dos quadrados. QM = Quadrado médio.

\*\*\*, \*\* e \*Significativo a 0,001; 0,01 e 0,05, respectivamente. <sup>ns</sup>Não significativo.

A análise de correlação dos atributos do solo e as respectivas significâncias são apresentadas na Figura 2. A Ds entre os métodos do anel e torrão apresentou correlação positiva ( $r = 0,44$ ) e significativa ( $p < 0,05$ ). Vanremortel e Shields (1993) verificaram coeficiente de correlação bastante alto ( $r = 0,98$ ) para a relação entre os valores de Ds obtidos por esses dois métodos, enquanto foi obtido um  $r = 0,63$  altamente significativo em Silva et al. (2000), indicando grande dispersão dos dados, como observado neste estudo.

Em ambos os métodos, a Ds apresentou correlação negativa e significativa com a porosidade total, sendo o método do anel volumétrico aquele com maior associação ( $r = -0,94$ ). Esses resultados indicam que a Ds determinada pelo método do anel apresenta maior relação com a porosidade (Pt) quando comparada à Ds avaliada pelo método do torrão. Entretanto, a densidade de partículas (Dp) não apresentou relação com nenhuma das variáveis (Figura 2).



**Figura 2.** Matrix de correlação de Pearson entre as variáveis densidade do solo, obtida pelo método do anel (Ds.anel) e do torrão (Ds.torrão), densidade de partículas (Dp) e porosidade total (Pt) de Argissolo Vermelho, Latossolo e Plintossolo.

Teste t (\*p < 0,05 e \*\*\*p < 0,001).

De acordo com os resultados obtidos pelo GLM, foi observado efeito significativo para os fatores individualizados (método, solo, profundidade) (Tabelas 2 e 3), mas não para as interações (método x solo, método x profundidade, solo x profundidade e método x solo x profundidade). De maneira geral, o resumo estatístico mostra que o torrão apresenta alta significância para a diferença quando comparado ao anel. Além disso, os solos diferiram quanto as suas densidades, com o menor valor para o Plintossolo, e também quanto à profundidade, sendo constatado o maior valor na segunda e o menor na primeira profundidade (Tabela 3). Padrões distintos têm sido observados por diversos autores em outros estudos (Blake; Hartge, 1986; Vanremortel; Shields, 1993; Silva et al., 2000; Pires et al., 2011; Gonçalves et al., 2013).

**Tabela 3.** Resumo estatístico da densidade do solo (Ds), obtida pelos métodos do anel volumétrico e do torrão parafinado, nas diferentes classes de solo e profundidades de coleta.

Fator	F <sup>(1)</sup>	p-value	Média	Faixa de valores		IQ			CV (%)
			Ds (Mg dm <sup>-3</sup> )	Mín.	Máx.	Q25	Q50	Q75	
Anel	17,36	0,00018	1,40b	1,14	1,61	1,31	1,44	1,48	9,07
Torrão			1,54a	1,24	2,01	1,42	1,58	1,64	11,60
Argissolo	7,63	0,0017	1,49a	1,24	1,97	1,38	1,47	1,58	11,18
Latossolo			1,54a	1,31	2,01	1,46	1,54	1,63	10,55
Plintossolo			1,38b	1,14	1,64	1,26	1,41	1,44	10,60
P1	3,26	0,049	1,42b	1,14	1,66	1,30	1,43	1,56	10,83
P2			1,53a	1,32	1,66	1,45	1,55	1,61	6,87
P3			1,46ab	1,20	2,01	1,32	1,44	1,48	15,21

<sup>(1)</sup>F = Teste F. IQ = Intervalo interquartil. CV = Coeficiente de variação. Q25 = Primeiro quartil. Q50 = Segundo quartil. Q75 = Terceiro quartil. P = Profundidade 1, 2 e 3, respectivamente.

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Embora não exista interação significativa entre os fatores, as médias obtidas com o emprego de cada método são elucidativas (Tabela 4). Os maiores valores da Ds foram observados no método do torrão comparado ao do anel, porém não foram diferentes estatisticamente (Tabela 4). De maneira geral, as médias da Ds pelo método do torrão parafinado foram maiores, considerando todas as profundidades e classes de solo, excetuando o Argissolo em superfície (0 cm–5 cm). Esse padrão também foi observado para o horizonte A de solos da série Craven (Vanremortel; Shields, 1993).

Para o Argissolo, verifica-se um aumento da Ds em profundidade, que foi mais perceptível por meio da análise desse atributo pelo método do torrão (Tabela 4). Esse padrão está relacionado à translocação de argila para os horizontes subsuperficiais, promovendo o adensamento e o entupimento dos poros. Esse fato foi identificado no campo, pelo aumento do conteúdo de argila em profundidade e também pela presença de mosqueados de coloração amarelada, o que indica a dificuldade de movimentação da água ao longo do perfil. Vale salientar que a coleta das amostras com o uso de anel volumétrico foi de extrema dificuldade em razão da tenacidade do solo,

o que pode comprometer a retirada da amostra, sendo o método do torrão, em função da sua praticidade, o mais indicado nessa situação.

**Tabela 4.** Média da densidade do solo considerando os métodos do anel volumétrico e do torrão parafinado, densidade de partículas e porosidade total em cada classe de solo nas três profundidades.

Solo	Profundidade cm	Densidade			Porosidade total m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
		Anel	Torrão	Partícula	
		----- Mg dm <sup>-3</sup> -----			
Argissolo Vermelho	0–5	1,40	1,32	2,65	0,47
	5–10	1,50	1,60	2,68	0,44
	32–69	1,45	1,69	2,73	0,47
Latossolo Vermelho	0–5	1,45	1,63	2,69	0,46
	5–10	1,56	1,63	2,66	0,41
	60–80	1,36	1,61	2,72	0,50
Plintossolo Argilúvico	0–5	1,22	1,51	2,61	0,53
	5–10	1,40	1,49	2,62	0,46
	40–77	1,22	1,43	2,66	0,54

Em relação ao Latossolo, devido à distribuição mais uniforme do teor de argila em profundidade e à composição mineralógica (minerais de argila 1:1 e óxidos) (Acre, 2006), observou-se uma maior uniformidade dos dados de Ds, quando avaliados pelo método do torrão (Tabela 4). No entanto, para o método do anel volumétrico, observou-se um pequeno incremento, porém não significativo, da Ds em profundidade. Destaca-se que esse solo possui a estrutura bem desenvolvida no horizonte diagnóstico, do tipo granular e grau forte, conforme constatado a campo e apresentado na descrição morfológica (Rodrigues et al., 2001). De maneira similar ao discutido anteriormente para o Argissolo, como não foi observada diferença significativa entre os métodos, pode ser utilizado aquele que apresenta maior praticidade.

Para o Plintossolo, observa-se padrão similar ao verificado no Argissolo, em função de sua gênese, cujos processos de formação estão relacionados aos ciclos de umedecimento e secagem para a formação da plintita, e

também da translocação da argila (Santos et al., 2018). Verifica-se também uma diferença marcante na profundidade de 40 cm a 77 cm entre os valores obtidos pelo método do anel volumétrico (1,22 Mg m<sup>-3</sup>) e do torrão (1,51 Mg m<sup>-3</sup>). É possível que esse padrão esteja associado à natureza expansiva do material de solo, o que pode ter dificultado a realização da amostragem com o emprego do anel volumétrico, como observado durante a coleta das amostras.

Os valores médios de Dp praticamente não variaram (Tabela 4), sendo um reflexo da textura e mineralogia desses horizontes. A porosidade total variou de 0,41 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> a 0,54 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, tendendo a aumentar paralelamente ao decréscimo da Ds (Tabela 3). Em seus estudos, Silva et al. (2000) observaram que a porosidade total apresentou menor variação quando determinada pelo método do anel em relação ao do torrão.

A escolha do método para determinação da Ds deve se basear nas vantagens e desvantagens de acordo com a classe de solo, principalmente quanto à facilidade de coleta das amostras no campo.

## Conclusões

---

Não foi verificada diferença estatística para o valor de Ds entre o método do anel volumétrico e o do torrão dentro de cada classe de solo, podendo ser empregados independente das particularidades dos solos estudados.

## Referências

---

ACRE (Estado). **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE/AC 2a fase**. Rio Branco, AC: SECTMA, 2006. 356 p.

ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.; WADT, P. G. S.; LUMBRERAS, J. F.; PEREIRA, M. G. (Org.). **Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2013. 204 p.

ALMEIDA, B. G.; VIANA, J. H. M.; TEXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. Densidade do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 65-75.

- AL-SHAMMARY, A. A. G.; KOUZANI, A. Z.; KAYNAK, A.; KHOO, S. Y.; NORTON, M.; GATES, W. Soil bulk density estimation methods: a review. **Pedosphere**, v. 28, n. 4, p. 581-596, Aug. 2018.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. *In*: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: part 1 – physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison, WI: ASA/SSSA, 1986. p. 363-375. (Agron. Monogr., 9).
- GONÇALVES, F. C.; MARASCA, I.; SOUZA, S. F. G.; TAVARES, L. A. F.; SILVA, P. R. A. Métodos de determinação da densidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Energia na Agricultura**, v. 28, n. 3, p. 165-169, jul./set. 2013.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo – planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.
- KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo, RS: Universidade de Passo Fundo, 2012. 212 p.
- LMATISHI, A.; BEARD, K. H. Reducing sampler error in soil research. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 36, p. 383-385, Feb. 2004.
- RODRIGUES, T. E.; SILVA, J. M. L. da; CORDEIRO, D. G.; GOMES, T. C. de A.; CARDOSO JÚNIOR, E. Q. **Caracterização e classificação dos solos do Campo Experimental da Embrapa Acre**. Rio Branco, Estado do Acre. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 43 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 122).
- PIRES, L. F.; ROSA, J. A.; TIMM, L. C. Comparação de métodos de medida da densidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 161-170, jan./mar. 2011.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2019.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. (E-book).
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Comparação entre os métodos do cilindro e do torrão na determinação da porosidade e da densidade do solo. **Ciência Rural**, v. 30, n. 6, p. 1065-1068, nov./dez. 2000.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

VANREMORTEL, R. D.; SHIELDS, D. A. Comparison of clod and core methods for determination of soil bulk density. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 24, n. 17-18, p. 2517-2528, 1993.

**Embrapa**

---

*Acre*

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL