

## Densidade do solo por pedotransferência em diferentes classes de solo de sistemas agroflorestais na Amazônia Sul Ocidental

Metodologias que se adequem a estimação da densidade do solo para os diversos tipos de solos e sistemas de uso da terra são importantes para gerar parâmetros confiáveis. Porém, muitas vezes a obtenção deste parâmetro é dispendioso, desde aspectos operacionais, financeiros e tempo investido. Equações de pedotransferência podem ser usadas para estimar a densidade do solo e consequentemente o estoque de carbono do solo, pois são de fácil aplicabilidade por utilizar atributos físicos e químicos obtidos com maior facilidade. Este trabalho foi conduzido com o objetivo avaliar e comparar a equação de PTF desenvolvida por Benites et al. (2007), para estimar densidade do solo com o método direto de obtenção da densidade do solo (Anel Volumétrico) em diferentes sistemas agroflorestais aos 28 anos de idade e floresta nativa adjacentes, em três classes de solo: Plintossolo Argilúvico Distrófico argissólico (FTd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico plintossólico (PVAd) e Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), no ramal Baixa Verde, Nova Califórnia (Rondônia). Em cada área foram abertas trincheiras de 1 x 1,5 x 1,5 m para descrição dos perfis e classificação dos solos e para coleta das amostras de solo. Na trincheira o solo foi coletado em seis profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. A densidade do solo foi calculada pelo método do anel volumétrico (MAV) e estimada pela equação de pedotransferência (PTF) proposta por Benites et al. (2007). A densidade estimada do solo por PTF não variou em comparação com a obtida pelo MAV, até 20 cm de profundidade.

**Palavras-chave:** Pedotransferência; Densidade do solo; Consórcio; Amazônia.

## Soil density by pedotransference in different soil classes of agroforestry systems in the Southwestern Amazon

Methodology are important for different soil density classes for different land use categories and systems are important for individual use parameters. However, this parameter is often expensive, from operational, financial and time invested aspects. Pedotransfer equations can be used to estimate soil density and consequently soil carbon stock, as they are easy to apply for the use of physical and chemical attributes obtained with greater ease. This work was carried out with the objective of evaluating and comparing the PTF equation developed by Benites et al. (2007), to estimate soil density with the direct method of obtaining soil density (Volume Ring) in different agroforestry systems at 28 years of age and adjacent native forest, in three classes of soil: Entisols Plinthic (FTd), Ultisols (PVAd) and Oxisols (LVd), in a country road called Baixa Verde, Nova Califórnia (Rondônia state, Brazil). In each area, an 1 x 1.5 x 1.5 m trench was opened to profile description, soil classification and to collect soil samples. In the trench the soil was collected at six depths of 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm. The soil density was calculated using the volumetric cylinder method (MAV) and estimated using pedotransfer (PTF) equation proposed by Benites et al. (2007). The estimated soil density by PTF did not vary compared to that obtained by MAV, up to 20 cm depth.


**Keywords:** Pedotransfer; Soil density; Consortium; Amazon.


Topic: Ciências do Solo


Received: 02/04/2022


Approved: 19/04/2022


Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Giordano Bruno da Silva Oliveira**   
Universidade Federal do Acre, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6921152217766876>  
<https://orcid.org/0000-0003-2642-711X>  
[giordano.silva@gmail.com](mailto:giordano.silva@gmail.com)

**Tadário Kamel de Oliveira**   
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1453828187382680>  
<https://orcid.org/0000-0003-3068-299X>  
[tadario.oliveira@embrapa.br](mailto:tadario.oliveira@embrapa.br)

**Nilson Gomes Bardales**   
Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4235213417465849>  
<https://orcid.org/0000-0001-8937-521X>  
[nilsonbardales@gmail.com](mailto:nilsonbardales@gmail.com)

**Maria Cristiana de Freitas da Costa**   
Instituto Federal de Rondônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5077293669107785>  
<https://orcid.org/0000-0001-7914-4987>  
[crisfreitascsz@gmail.com](mailto:crisfreitascsz@gmail.com)

**Eufra Ferreira do Amaral**   
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6968623829750832>  
<https://orcid.org/0000-0002-9745-2104>  
[eufra.amaral@embrapa.br](mailto:eufra.amaral@embrapa.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.004.0002

### Referencing this:

OLIVEIRA, G. B. S.; OLIVEIRA, T. K.; BARDALES, N. G.; COSTA, M. C. F.; AMARAL, E. F.. Densidade do solo por pedotransferência em diferentes classes de solo de sistemas agroflorestais na Amazônia Sul Ocidental. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.4, p.15-23, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.004.0002>

## INTRODUÇÃO

Os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera tem aumentado significativamente neste século, causando elevação da temperatura do planeta e conseqüentemente mudanças climáticas (JANSSON et al., 2020). Para até o final do século XXI, estima-se aumento da temperatura de 5 °C a 6 °C e redução do volume de chuvas de 40% a 45% na região Amazônica<sup>1</sup>.

Uma forma de mitigar o acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera é usar meios alternativos de produção, principalmente no setor agrícola que é responsável por 73% das emissões no país<sup>2</sup>. Diminuir a emissão de gases poluentes é importante para equilibrar as ações dos fatores externos que interagem diretamente no clima (BRIANEZI et al., 2014). Para isto, é fundamental a utilização de modelos alternativos de produção que tenham características de capturar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos principais gases causadores do efeito estufa.

Os sistemas agroflorestais (SAFs) se adequam como práticas de uso da terra, com perfil de assimilar carbono atmosférico, armazenando-o acima e abaixo do solo (XAVIER et al., 2011; PRADO et al., 2016, PAUDEL et al., 2017). São sistemas que integram sequencial ou simultaneamente espécies florestais com culturas agrícolas e/ou criações, aplicando técnicas de manejo ajustada as características locais (MACEDO et al., 2010), com produção diversificada e promotores de serviços ambientais (DALY et al., 2010; OLIVER et al., 2015).

Estudos sobre estoque de carbono, principalmente no solo, são importantes para mensurar níveis de acúmulo de carbono na biota terrestre (FLORENCE et al., 2021). As estimativas destes estoques estão diretamente ligadas a densidade do solo, que é fator importante para obtenção dos cálculos de carbono do solo (BENITES et al., 2006). Além disso, a densidade do solo determina a compactação e por seguinte massa do solo por área (TORRES et al., 2012).

O cálculo do estoque de carbono depende diretamente das variáveis carbono orgânico, espessura da camada e densidade do solo. A obtenção deste último parâmetro geralmente é onerosa, demanda de tempo árduo em campo e de rigor técnico na amostragem, muitas vezes gerando incertezas na estimativa do estoque carbono do solo (TAALAB et al., 2012). Por conta disso, dados de densidade do solo em camadas profundas são escassos (BENITES et al., 2007).

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de reduzir os custos da avaliação e garantir maior confiabilidade das estimativas de carbono estocado (BERNOUX et al., 1998; TOMASELLA et al., 1998; BENITES et al., 2007; CHAUDHARI et al., 2013). Para isso, são utilizadas funções preditoras que se adequam as características físicas, químicas e biológicas específicas do ambiente.

Bouma (1989) foi um dos primeiros a desenvolver funções de pedotransferência (PTF = Pedotransfer Function) capazes de gerar modelos matemáticos com objetivo de estimar atributos do solo de difícil determinação. Bernoux et al. (1998) propôs um dos primeiros modelos de PTF para estimar a densidade de solos tropicais, utilizando atributos físicos (textura, teor de carbono orgânico e tipo de solo).

<sup>1</sup> <http://www.pbmc.coppe.ufri.br/index.php/pt/>

<sup>2</sup> <https://www.researchgate.net/publication/345731156> Emissões do setor de Mudança de Uso da Terra

Benites et al. (2007) comparando diferentes modelos na literatura e aplicando técnicas de regressão, desenvolveu uma PTF da densidade do solo ajustada para a maior parte dos biomas brasileiros. Como parâmetros usou o teor de argila, carbono orgânico e soma de bases (SB).

Os principais métodos para gerar PTF são técnicas de regressão linear, redes neurais, modelos lineares entre outros. A geração destas funções depende de dados sólidos e confiáveis sobre levantamentos do solo da região específica para ter maior eficácia na função obtida (NEMES et al., 2010; PACHEPSKY et al., 2015). Entre os modelos propostos, aquele apresentado por Benites et al. (2007) é satisfatório para estimar a densidade de solos amazônicos, nas diversas classes de solo, por meio de atributos físicos e químicos (FIDALGO et al., 2007; GOMES et al., 2015, PEQUENO et al., 2018).

Portanto, é importante a aplicação de PTF relacionadas as áreas para a qual foram desenvolvidas. Pois sua aplicação em locais distintos pode gerar erros na estimativa de densidade do solo ou de outro parâmetro a ser estimado.

Shammary et al. (2018) resumem que para estimativa da densidade do solo: "...métodos diretos incluem escavação e amostragem com cilindros ou torrão, enquanto os métodos indiretos incluem as abordagens de radiação e regressão. O método do anel volumétrico é mais amplamente usado, mas é demorado e difícil para amostragem em várias profundidades. O tamanho do cilindro usado, a experiência do operador, profundidade de amostragem e teor de umidade do solo *in-situ* afetam significativamente sua precisão. Os métodos de regressão são econômicos, pois podem fazer medições indiretas, mas estes dependem de dados de boa qualidade sobre a textura do solo e conteúdo de matéria orgânica...". Além disso, como a maioria das outras abordagens, sua precisão diminui com a profundidade de amostragem.

Portanto, pesquisas mais detalhadas sobre equações de pedotransferência para estimar a densidade do solo em diferentes tipos e níveis de profundidade, ainda são incipientes e carecem de informação direcionadas a ambientes específicos. Diante disso, o trabalho teve como objetivo avaliar e comparar a equação de PTF desenvolvida por Benites et al. (2007), para estimar densidade do solo com o método direto de obtenção da densidade do solo (Anel Volumétrico) em diferentes sistemas agroflorestais aos 28 anos de idade e floresta nativa, em três classes de solo, e níveis distintos de profundidade do solo na região Norte, extremo Oeste do Estado de Rondônia, no distrito de Nova Califórnia (Porto Velho-RO).

## **METODOLOGIA**

O estudo foi conduzido na Amazônia Sul-Ocidental, nos limites entre os Estados do Acre e de Rondônia, em oito áreas situadas em propriedades rurais no Distrito de Nova Califórnia-RO (município de Porto Velho). As áreas têm como rede viária principal a Rodovia Federal BR 364. O clima é do tipo Aw, quente e úmido, caracterizado por altas temperaturas, segundo classificação de Köppen. A área de floresta nativa utilizada foi classificada como Floresta Tropical Subperenifolia (COUTO, 2010).

Os sistemas agroflorestais foram implantados e conduzidos em áreas de produtores. Os SAFs na ocasião dos estudos possuíam 28 anos de idade, com composições similares na estrutura física. Os tratamentos culturais empregados são pequenas intervenções, geralmente restritos à roçagens eventuais, uma poda

anual e coleta de frutos (SILVA, 2018).

As coletas de solo foram realizadas nos meses de março a abril de 2019, com temperatura média de 25,5° C e precipitação de 250 mm no período (INPE, 2020). Oito áreas amostrais foram escolhidas, cinco sistemas agroflorestais e três florestas nativas adjacentes como referência. Em cada local foi selecionado, inteiramente ao acaso, três pontos para coleta do solo. Um ponto selecionado para abertura da trincheira e coletas de amostras deformadas e indeformada e outros dois pontos equidistantes a partir de 50 m, para coleta de amostras deformadas com trado holandês.

Para classificação e categorização das camadas do solo foi aberta uma trincheira nas dimensões 1 x 1,5 x 1,5 m. Após descrição do perfil fez-se amostragem indeformada utilizado anel volumétrico de aproximadamente 100 cm<sup>3</sup> para determinação da densidade do solo (EMBRAPA, 1997). A coleta do solo ocorreu também para fins de análise química, ambas em seis profundidades. O solo colhido foi armazenado em sacos plásticos com capacidade para 2 kg. Cada ponto de coleta foi considerado uma repetição e georreferenciado com GPS Garmin MAP 76CSx. As coletas foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Acre, Rio Branco - Acre e Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais para procedimento das análises físicas e químicas.

As áreas amostrais foram classificadas em três classes de solo. Para o Plintossolo Argilúvico Distrófico argissólico foi amostrado um SAF e uma área de Floresta Nativa. No Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico plintossólico e Latossolo Vermelho Distrófico típico foram amostradas duas áreas de SAFs e uma de Floresta Nativa em cada tipo de solo.

Os atributos físicos do solo foram determinados utilizando metodologia da Embrapa (1997). Foram obtidos resultados de cada amostra por meio da análise granulométrica (teores de argila, silte, areia fina e grossa) e da densidade do solo pelo método do anel volumétrico (MAV).

A densidade do solo foi determinada pela equação de pedotransferência (PTF) proposta por Benites et al. (2007). Esta fórmula utiliza atributos do solo para prever a densidade do solo por meio do teor de argila, carbono orgânico e soma de bases, conforme equação 1.

$$DS = 1,56 - (0,0005 \times \text{Argila}) - (0,01 \times C) + (0,0075 \times S)$$

Onde: DS é a densidade do solo em g.cm<sup>-3</sup>; Argila é o conteúdo de argila em g.kg<sup>-1</sup>; C é o conteúdo de carbono orgânico em g.kg<sup>-1</sup>; e S é a soma de cátions (Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>) cmol<sub>c</sub>.cm<sup>-3</sup>. A densidade do solo por meio do anel volumétrico (MAV) e de pedotransferência (PTF), foram determinados para seis camadas: 0-10; 10-20; 20- 40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm de profundidade.

Foram verificados os pressupostos da análise de variância: a normalidade dos resíduos verificadas pelo teste de Shapiro e Wilk (1965) e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene (1960). Quando os pressupostos não foram atendidos foi aplicado teste de Whitney (1947) ou teste t de Student.

Inicialmente, realizou-se análise de variâncias para a densidade do solo obtida pelos métodos MAV e PTF, nos usos SAFs e floresta, em cada camada de solo até 1 metro de profundidade. Para comparação de médias aplicou-se o teste Tukey (1953) a 5% de probabilidade (nas camadas de 0 a 60 cm) e quando não se observou distribuição normal dos resíduos (camadas 60-80 cm e 80-100 cm), aplicou-se o teste de Whitney

(1947).

## RESULTADOS

A densidade do solo apresentou-se estatisticamente igual até os 20 cm de profundidade. A partir dessa profundidade houve diferença significativa entre os métodos de estimativa de densidade e diferença entre os tipos de solo (Tabela 1). Nas camadas de 20-40 cm e 40-60 cm, o método do anel volumétrico (MAV) apresentou sempre maiores valores de densidade que pela função de pedotransferência (PTF). E ainda solo mais denso no FTd e PVAd.

A densidade MAV obtida de 60 cm até um metro de profundidade e a PTF não apresentaram normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ) e as médias foram analisadas pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney. Ao comparar os dois métodos de determinação da densidade verificou-se que a densidade do solo pelo MAV foi superior a PTF nas camadas mais profundas (60 até 100 cm de profundidade), conforme pode ser observado na figura 1.

**Tabela 1:** Densidade do solo ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) obtida por meio do método do (MAV) e da função de pedotransferência (PTF), em áreas de Floresta e SAFs, sobre três classes de solo, em camadas até um metro de profundidade, em Nova Califórnia, município de Porto Velho-RO

Camadas de solo (cm)	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80 **	80-100 **
<b>Métodos</b>						
MAV	1,18	1,26	1,33 A	1,39 A	1,43	<b>1,43</b>
PTF	1,19	1,23	1,23 B	1,23 B	1,22	<b>1,22</b>
<b>Usos da terra</b>						
Floresta	1,14	1,24	1,29	1,32	1,32	<b>1,32</b>
SAFs	1,21	1,25	1,26	1,30	1,32	<b>1,33</b>
<b>Classes de solo</b>						
FTd	1,18	1,31	1,34 A	1,38 A	1,38	<b>1,38</b>
LVd	1,14	1,18	1,20 B	1,20 B	1,22	<b>1,23</b>
PVAd	1,23	1,24	1,30 AB	1,35 A	1,37	<b>1,37</b>
CV (%)	<b>11,12</b>	<b>9,64</b>	<b>7,64</b>	<b>7,05</b>	<b>8,06</b>	<b>8,77</b>

FTd: Plintossolo Argilúvico Distrófico; LVd: Latossolo Vermelho Distrófico; PVAd: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico plintossólico. Médias seguidas pela mesma letra em cada método, uso da terra e classes de solo são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). \*\*De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, a distribuição dos resíduos não pode ser considerada normal. Portanto, os dados foram submetidos a outros testes ao invés da análise de variâncias

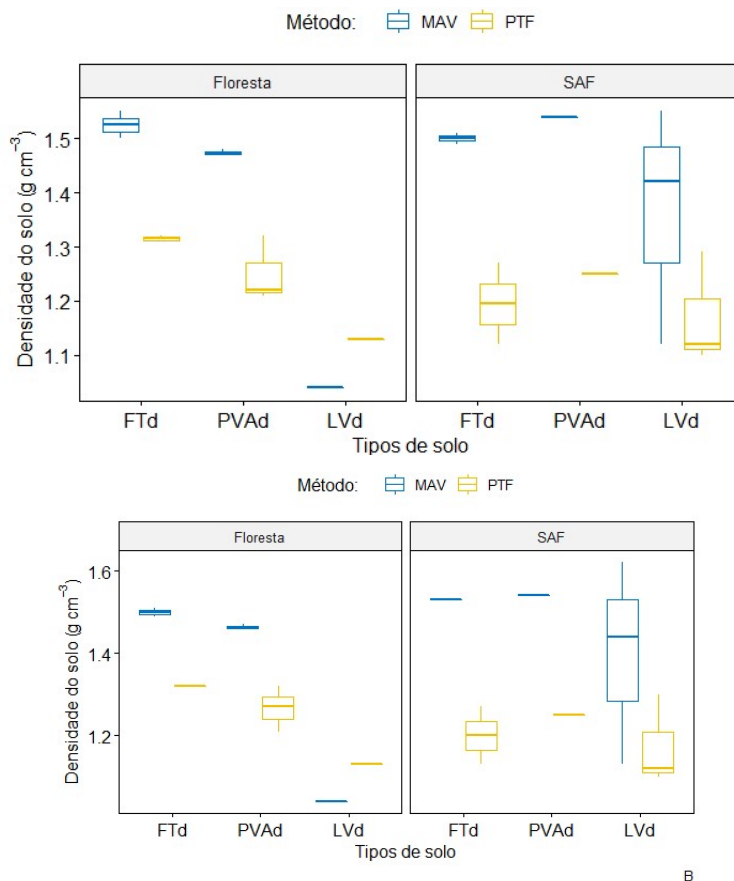
De forma geral, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as densidades estimadas por meio de pedotransferência (PTF), entre os usos SAFs e Floresta. Maior destaque dá-se ao tipo de solo, onde os SAF1 LVd e Floresta LVd não diferiram entre si e apresentaram menor densidade estimada do solo em relação as demais áreas (Figura 2). A amplitude de valores foi de 1,04 a 1,33  $\text{g.cm}^{-3}$  para os SAFs e 1,03 a 1,33  $\text{g.cm}^{-3}$  para as áreas de floresta.

Nos sistemas SAF 1 e 2 sobre Latossolo (LVd), SAF 1 PVAd e Floresta PVAd não houve significância ( $p > 0,05$ ) entre as camadas. O destaque ocorreu para o SAF sobre Plintossolo (FTd), que obteve variação acentuada na camada de 10-20 cm e o SAF 2 PVAd que também apresentou maior densidade até 40 cm e menor nas camadas inferiores (Figura 2).

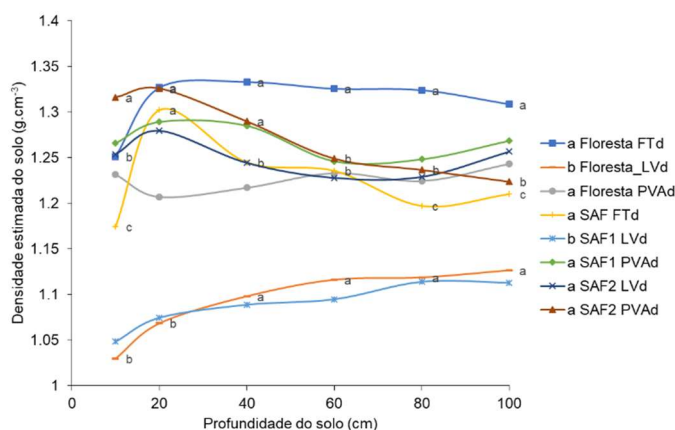
## DISCUSSÃO

Ribon et al. (2014) e Ramos (2017) afirmam que funções de pedotransferências são métodos que

apresentam boa acurácia na geração de atributos físicos do solo para classes de LATOSSOLO e ARGISSOLO. Gomes et al. (2015), comparando diversos modelos de pedotransferência, verificaram que o método proposto por Benites et al. (2007), tende a subestimar valores da densidade do solo em comparação com a densidade medida em campo. E ressaltam da importância de modelos simplificados com o mínimo de variáveis, a fim de minimizar os erros, e com equações que se adequem as características locais.



**Figura 1:** Distribuição das médias de densidade do solo pelo método do anel volumétrico (MAV) e função de pedotransferência (PTF) em três classes de solo sob floresta e SAF, nas camadas de 60-80 cm (A) e 80-100 cm de profundidade (B), em Nova Califórnia, município de Porto Velho-RO.



**Figura 2:** Densidade do solo estimada por meio de pedotransferência (PTF) em diferentes sistemas de uso da terra e profundidades do solo, no distrito de Nova Califórnia, Rondônia. Letras iguais no gráfico para camadas e na legenda para usos não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p > 0,05$ ).

Embora a densidade por PTF apresente estimativa de valores menores que pelo MAV, é possível aplicar o método PTF para comparar os efeitos de classes de solos e usos da terra neste atributo do solo.

Deve-se considerar este fato para camadas de 20 cm até 1 m de profundidade. Nas camadas superficiais (até 20 cm) os métodos de determinação da densidade do solo MAV e PTF são equivalentes.

Destaca-se pelos resultados apresentados na tabela 12, que independentemente do método de determinação e das classes de solo, os valores de densidade do solo foram estatisticamente iguais para áreas de floresta e de sistemas agroflorestais.

A similaridade entre as densidades no SAF e na Floresta possivelmente está associada a baixa atividade de manejo e tratos culturais e ao tempo de 28 anos de estabelecimento dos sistemas agroflorestais. Os LATOSSOLOS sob floresta e SAFs eram mais desenvolvidos e estruturados que os solos nas demais áreas de estudo.

Em geral os LATOSSOLOS são bastante uniformes em todo o perfil, principalmente quanto a atributos como cor e textura e os ARGISSOLOS, embora com diferenças entre as camadas superficiais e subsuperficiais (ANJOS et al., 2013), neste caso foram uniformes.

Locatelli et al. (2016), constataram diferenças entre SAFs e florestas nativas somente na camada inicial de 0 a 5 cm, 1,1 a 0,7 g.cm<sup>-3</sup>, respectivamente. Silva et al. (2011), avaliando a densidade do solo entre sistemas agroflorestais e floresta nativa, constataram diferenças significativas entre usos e camadas iniciais, atribuindo às práticas de manejo empregadas nos SAFs como indicadores de compactação do solo nas primeiras camadas.

## CONCLUSÕES

A equação de pedotransferência (PTF) desenvolvida por Bentis et al. (2007), como alternativa para determinação da densidade do solo pelo método do anel volumétrico (MAV) é viável na estimativa da densidade do solo, para os três tipos de solo analisado, três SAF e áreas de florestas nativas até 20 centímetros de profundidade.

Para camadas superiores a 60 cm a PTF não pode ser utilizada como alternativa de determinação da densidade do solo nos três tipos de solo analisados (LVd, FTd e PVAd). Porém, para emprego da equação entre os usos da terra (SAF e Floresta) não há diferença entre as camadas do solo até 1 metro. O Latossolo Vermelho (LVd) têm melhor empregabilidade da função PTF em relação aos três SAF e área de floresta nativa.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.; WADT, P. G. S.; LUMBRERAS, J. F.; PEREIRA, M. G.. **Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e correlação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013.

BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; FIDALGO, E. C. C.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E.. Pedotransfer functions for estimating bulk density of Brazilian soils. **Geoderma**, v.139, n.1/2, p.90-97, 2007.

BOUMA, J.. Using soil survey data for quantitative land evaluation. **Advances in Soil Science**, v.9, p.177-213, 1989.

BRIANEZI, D.. Balanço de emissões e remoções de gases de efeito estufa no campus da Universidade Federal de Viçosa. **Floresta e Ambiente**. v.21, n.2, p.181-191, 2014.

CHAUDHARI, P. R.. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore Soil. **Int. J. Sci. Res. Pub.**, n.3, p.1-8, 2013.

COUTO, W. H.. **Indicadores edáficos e potencial agrícola em áreas do Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) na Amazônia Ocidental**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

DALY, H. E.; FARLEY, J.. **Ecological economics: principles and applications**. 2 ed. Washington: Island Press, 2010.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997

FIDALGO, R. G. C.; BENITES, V. de M.; MACHADO, P. I. O. de A.; MADARI, B. E.; COELHO, M. R.; MOURA, I. B.; LIMA, C. X.. **Estoque de carbono nos solos do Brasil**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2007.

FLORENCE, E. A. S.; CAIONE, G.; SCHONINGER, E. L.; FERREIRA, F. M.; SEBEN JUNIOR, G. F.. Estoque de carbono e atributos físicos do solo, sob diferentes usos em pastagens na Amazônia Norte mato-grossense. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.4, n.2, p.1902-1909, 2021.

GOMES, A. S.; FERREIRA, A. C. S.; ANTUNES, M. A. H.; CEDDIA, M. B.; ANJOS, L. H. C.. Função de pedotransferência para estimativa da densidade do solo na Região Norte Fluminense (RJ). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35, **Anais**. Natal, 2015.

JANSSON, J. K.; HOFMOCKEL, K. S.. Soil microbionics and climate change. **Nat. Rev. Microbiol**, v.18, p.35-46, 2020.

JOSE, S.. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v.76, p.1-10, 2009.

LEVENE, H.. Robust Tests for the equality of variance. In: Olkin, I.. **Contributions to probability and statistics**. Palo Alto: Stanford University Press, 1960. p.278-292.

LOCATELLI, M.. Densidade do solo em sistema agroflorestal com castanheira-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Machadinho do Oeste, Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 10. **Anais**. Cuiabá, 2016.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIN, N.. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R.. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annals of Mathematical Statistics**, v.18, n.1, p.50-60, 1947.

NEMES, A.; QUEBEDEAUX, B.; TIMLIN, D. J.. Ensemble approach to provide uncertainty estimates of soil bulk density. **Soil Science Society of America Journal**, v.74, n.6, p.1938-1945, 2010.

PACHEPSKY, Y.; RAJKAI, K.; TÓTH, B.. Pedotransfer in soil physics: trends and outlook: a review. **Agrokemia es Talajtan**, v.64, n.2, p.339-360, 2015.

PAUDEL, D.. Agroforestry system: na opportunity for

carbono sequestration and climate change adaptations in the mid-hills of Nepal. **Octa Journal of Environmental Research**, v.5, n.1, p.22-31, 2017.

PEQUENO, P. L. L.. Uso de funções de pedotransferências para estimativa da retenção de água em um LATOSSOLO no estado de Rondônia. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.14, n.2, p.229-239, 2018.

PRADO, M. R. V.. Organic carbono and total nitrogen in the densimetric fractions of organic matter under diferente soil management. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.29, n.2, p.263-273, 2016.

RAMOS, H. M. M.. **Funções de pedotransferência para estimativa da densidade e atributos físico-hídricos de solos do estado do Piauí**. Tese (Doutorado em Agronomia-Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

RIBON, A. A.; TAVARES, J. F.; FERNANDES, K. L.; HEMÓGENES, V. T. L.. Seleção de método estatístico para modelos de estimativa da qualidade física de solos argilosos. **Revista de Agricultura**, v.89, n.1, p.29-40, 2014.

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, 2018.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B.. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Boston, v.52, n.3-4, p.591-611, 1965.

SILVA, D. C.. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de estudos ambientais**, v.13, n.1, p.77- 86, 2011.

SILVA, D. V.. **Caracterização de consórcios, variabilidade de atributos do solo e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais no Projeto RECA**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2018.

TAALAB, K. P.; CORSTANJE, R.; CREAMER, R.; WHELAN, M. J.. Modeling soil bulk density at the landscape scale and its contributions to C stock uncertainty. **Biogeosci. Disc.**, v.9, p.18831-18864, 2012.

TOMASELLA, J.; HODNETT, M. G.. Estimating soil water retention characteristic from limited data in Brazilian Amazonia. **Soil Sci.**, n.163, p.190-202, 1998.

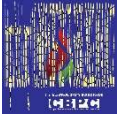
TORRES J. L. R.. Resistência à penetração em área de pastagem de capim Tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Bioscience Journal**, v.28, n.1, p.232-239, 2012.

XAVIER, F. A. S.; MENDONÇA, E. S.. Agroforestry for recovering soil organic matter: a brazilian perspective. **Dynamic Soil, Dynamic Plant**, v.5, n.1, p.45-51, 2011.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.





Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157819796476133377/>