



Variação espacial dos atributos físicos e estoques de carbono do solo em plantio de *Schizolobium amazonicum* na Amazônia

Geilton Costa ATAIDES¹, André Henrique Bueno NEVES², Cássio Marques Moquedace dos SANTOS³, Alaíde de Oliveira CARVALHO², Kenia Michele de Quadros TRONCO⁴, Rogerio Gonçalves TEIXEIRA⁴, Vinícius Lima PEREIRA⁴, Marta Silvana Volpato SCOTTI⁴, Fábio Régis de SOUZA⁴, Rafael Rodolfo de MELO⁵, Adriano Reis Prazeres MASCARENHAS^{4*}

¹Centro de Estudos Rioterra, Porto Velho, RO, Brasil.

²Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

³Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

⁴Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, RO, Brasil.

⁵Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil.

*E-mail: adriano.mascarenhas@unir.br

(ORCID: 0000-0002-8984-5573; 0000-0003-0764-9403; 0000-0002-7663-4524; 0000-0002-6993-0180; 0000-0003-0873-9582; 0000-0002-1838-4732; 0000-0001-8299-1765; 0000-0001-5979-3218; 0000-0002-5830-458X; 0000-0001-6846-2496; 0000-0002-7554-3590)

Submetido em 01/10/2022; Aceito em 07/12/2022; Publicado em 14/12/2022.

RESUMO: Plantios de árvores proporcionam aumento dos estoques de carbono do solo, mas estudos envolvendo espécies nativas da Amazônia são incipientes. Objetivou-se avaliar a variação espacial dos atributos físicos e estoque de carbono orgânico no solo em plantio de paricá. Na área de estudo, coletaram-se amostras de solo nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm e os parâmetros analisados foram: textura do solo, macroporosidade, microporosidade, densidade aparente do solo, resistência mecânica do solo à penetração, teores e os estoques de carbono orgânico do solo. Interpolou-se os dados pelo inverso do quadrado da distância. A variação espacial dos atributos físicos do solo no plantio foi influenciada pela textura. Houve baixa amplitude da variação espacial dos teores e estoques de carbono orgânico do solo. O plantio de paricá apresentou eficiência na fixação de carbono no solo em profundidade.

Palavras-chave: silvicultura; sequestro de carbono; física do solo; mudança climática.

Spatial variation of physical attributes and soil carbon stocks in a *Schizolobium amazonicum* plantation in the amazon

ABSTRACT: Tree plantations provide an increase in soil carbon stocks, but studies involving native Amazonian species are incipient. The objective was to evaluate the spatial variation of physical attributes and soil organic carbon stock in a paricá plantation. In the study area, soil samples were collected at depths of 0 to 20 cm and 20 to 40 cm and the parameters analyzed were: soil texture, macroporosity, microporosity, soil bulk density, mechanical soil resistance to penetration, and soil organic carbon content and stocks. The data were interpolated by the inverse of the square of the distance. The spatial variation of soil physical attributes at planting was influenced by texture. There was a low range of spatial variation in soil organic carbon content and stocks. Paricá planting was efficient in fixing soil carbon at depth.

Keywords: silviculture; carbon sequestration; soil physics; climate change.

1. INTRODUÇÃO

O avanço do desmatamento e o aumento da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera ressaltam a necessidade de reformulação do modelo tradicional de produção agropecuária. Com isso, pesquisas no setor florestal que visam o desenvolvimento de tecnologias para potencializar a capacidade de fixação de carbono na biomassa e no solo possuem grande destaque (MAYER et al., 2020).

Inserem-se nesse contexto os sistemas conservacionistas de produção como, os sistemas agroflorestais, sistema de plantio direto e o plantio de florestas. Esses sistemas baseiam-se nos princípios de manutenção dos mecanismos que potencializam a fixação de carbono (FORNARA et al., 2018). O solo é o sistema que mais armazena carbono, alcançando valores duas vezes maiores que a biomassa florestal (RUMPEL et al., 2020).

O carbono armazenado no solo encontra-se em diferentes frações com maiores e menores persistências a depender do manejo, essa dinâmica está relacionada à cobertura vegetal (SMITH, 2012). Cultivos que proporcionem a cobertura constante do solo e aporte periódico de material vegetal sob a superfície, ocasionam efeitos positivos na persistência do estoque de carbono orgânico do solo (SMITH et al., 2016). O cultivo de florestas é capaz de atender às expectativas de maiores aportes de carbono e manutenção da qualidade do solo (GOMES et al., 2019).

No Brasil, as florestas plantadas são majoritariamente representadas por espécies exóticas, principalmente, dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, cujas áreas plantadas são de 5,67 e 1,57 milhões de ha, respectivamente (IBÁ, 2021). Por consequência disso, poucas pesquisas trazem informações

voltadas ao cultivo de espécies tropicais nativas (ALBRECHT; KANDJI, 2003).

As espécies nativas, podem gerar maior valor agregado aos produtos e potencializar serviços ecossistêmicos, principalmente em ambientes tropicais, onde encontram-se as florestas mais biodiversas do mundo (STEEGE et al., 2016). O paricá (*Schizolobium amazonicum*) enquadra-se nessas características, pois é uma espécie nativa da Amazônia e vem ganhando espaço na silvicultura nacional, com aproximadamente 90 mil ha de área plantada (IBÁ, 2021).

O paricá possui rápido crescimento, alto potencial de produção, baixa exigência nutricional, alta adaptabilidade, além de ser excelente fonte de matéria-prima para confecção de painéis de madeira laminada (VIDAURRE et al., 2012). Porém, estudos voltados sobre a variação das propriedades físicas e estoque de carbono do solo em plantios dessa espécie são incipientes (NEVES et al., 2022).

Estudos voltados para essa espécie podem subsidiar tomadas de decisão referentes ao manejo do solo nesses plantios, contribuir no aumento de área plantada, incremento de sua produtividade e prestando serviços ambientais, por meio da fixação de carbono e melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CÂNDIDO et al.,

2015). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a variação espacial dos atributos físicos e estoques de carbono no solo em monocultivo de paricá com seis anos de idade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado em plantio comercial de paricá, localizado às margens da rodovia estadual RO-010 (Figura 1). O clima da região é do tipo Am, conforme a classificação de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013).

A pluviosidade anual situa-se entre 1900 e 2200 mm, a umidade relativa do ar entre 65 e 80% e temperatura média mensal entre 24 e 26 °C. O solo predominante na área é o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, bem drenado e com textura argilosa (SANTOS et al., 2018).

A área do plantio é de 42 ha e foi implantado no ano de 2012 por meio de semeadura em cova, no espaçamento de 3 x 3 m (1111 árvores ha⁻¹). Para o plantio do paricá, dessecou-se a pastagem presente, realizou-se subsolagem e aplicou-se adubação em cova, utilizando-se (g planta⁻¹): 213, 144 e 134 de N, P e K, respectivamente. Também se realizou calagem em área total, utilizando-se a dose de 1,5 ton ha⁻¹.

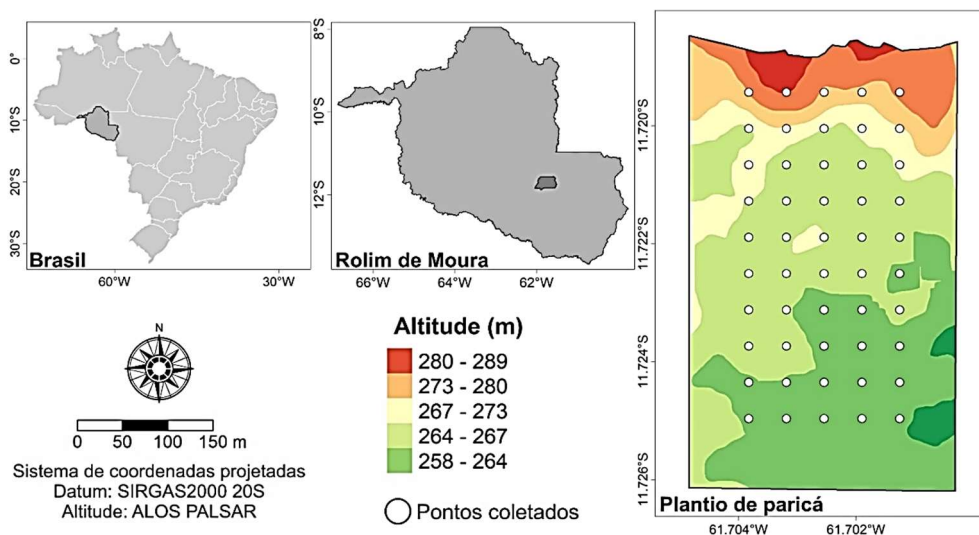


Figura 1. Localização, altitude e distribuição dos pontos de coleta do solo no plantio comercial de paricá (*Schizolobium amazonicum*), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

Figure 1. Location, altitude and distribution of soil collection points in the commercial plantation of paricá (*Schizolobium amazonicum*), Rolim de Moura, Rondônia, Brazil.

2.2. Amostragem do solo

Para amostragem do solo, demarcou-se, sistematicamente, 50 pontos com equidistância de 70 m (Figura 1). As amostras foram coletadas entre dezembro e janeiro de 2018. Para determinação das propriedades físicas e o carbono do solo, coletou-se amostras deformadas e indeformadas nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, empregando-se a metodologia descrita por Mascarenhas et al. (2017).

2.3. Atributos físicos do solo

A textura (teores de areia, silte e argila), macroporosidade do solo (MAP), microporosidade do solo (MIP) e densidade aparente do solo (DS) foram determinadas conforme as metodologias de Donagema et al. (2011) e Mascarenhas et al. (2017). Para obter a resistência mecânica do solo à penetração (RP), utilizou-se penetrômetro eletrônico, aplicando-se a

tensão sob velocidade constante. No momento deste ensaio, as umidades do solo nas camadas de 0 até 20 cm e de 20 até 40 cm, eram de 15,82 % e 16,03%, respectivamente.

Para ter parâmetros comparativos, foram coletadas amostras de solo em área de pastagem (*Brachiaria* sp.) e fragmento de floresta nativa, adjacentes à área de estudo, utilizando-se os mesmos procedimentos apresentados anteriormente.

2.4. Teores e estoques de carbono orgânico do solo

Para a determinação dos teores de carbono orgânico do solo (COS), empregou-se a metodologia adaptada para condições amazônicas de Rodrigues et al. (2016). A partir dos teores de COS e DS, foram calculados os estoques de carbono orgânico do solo (ECOS) para as camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, conforme as diretrizes apresentadas por Veldkamp (1994).

2.5. Variação espacial dos atributos físicos e estoque de COS

Com os dados dos atributos físicos e estoques de carbono do solo, foram gerados mapas para analisar sua distribuição espacial. Utilizou-se o software SIG ArcGIS Desktop versão 10.5, com licença educacional sob o número de registro EVA346750770 (ESRI, 2018). Os dados de textura, DS, MAP, MIP, RP, COS e ECOS foram interpolados pelo método IDW (inverso do quadrado da distância).

Distribuíram-se os dados em cinco classes com intervalos de 1/4 desvios-padrão, para facilitar a interpretação dos mapas. Os dados foram analisados com estatística descritiva e correlação de Pearson com teste de significância T student a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software livre R (R CORE TEAM, 2020).

3. RESULTADOS

Com base na análise granulométrica da área de estudo é possível classificar o solo como argiloso, pois os teores de argila situaram-se entre 35 e 60% nas profundidades de 0 até 20 cm e de 20 até 40 cm (Figura 2).

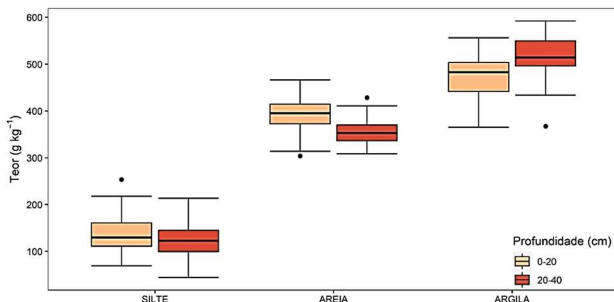


Figura 2. Textura do solo para o plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*) em diferentes profundidades, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

Figure 2. Soil texture for paricá (*Schizolobium amazonicum*) planting at different depths, Rolim de Moura, Rondônia, Brazil.

Em relação à macroporosidade do solo (MAP), nas diferentes profundidades os valores encontrados variaram ~30% entre os valores máximo e mínimo. Os menores valores foram obtidos na camada de 0 até 20 cm, enquanto que na camada de 20 até 40 cm a MAP foi 0,02 m³ m⁻³ menor do que na camada superior (Figura 3).

Os maiores valores para MIP na profundidade entre 0 e 20 cm estão localizados na região centro-nordeste e centro-oeste do plantio. Já na camada mais profunda (20 até 40 cm), os maiores valores foram encontrados na porção centro-norte da área do estudo (Figura 4). Observou-se diferenças pequenas entre os valores máximo e mínimo para MIP (<0,05 m³ m⁻³).

Ao comparar-se os valores de MAP e MIP obtidos no plantio de paricá com as análises realizadas em diferentes coberturas do solo, verificou-se que os valores de MAP apresentaram-se da seguinte maneira: floresta nativa > paricá > pastagem, isto indica a sensibilidade da MAP ao uso e manejo do solo (Figura 5).

Na área do plantio de paricá, observou-se que ao se aumentar a profundidade a densidade aparente do solo (DS) foi reduzida. A mesma tendência foi observada para resistência mecânica do solo à penetração (RP). Os maiores valores observados na camada de 0 até 20 cm se encontram na região sudoeste do plantio e os maiores valores de DS na profundidade de 20 até 40 cm, nas regiões sudeste do plantio (Figura 6).

As tendências apresentadas anteriormente também foram observadas para o solo de pastagem e de floresta natural. Comparando-se os resultados de DS da área do paricá com as demais áreas de referência (Figura 7), os valores observados na floresta nativa foram superiores na camada subsuperficial.

Sobre a resistência mecânica à penetração do solo (RP), o valor médio observado para a camada de 0 até 20 cm foi de 942,9 kPa enquanto que para camada de 20 até 40 cm, a média foi de 1413,5 kPa. Nas análises comparativas com pastagem e floresta nativa, os menores valores foram observados na floresta nativa e os maiores valores para área de pastagem.

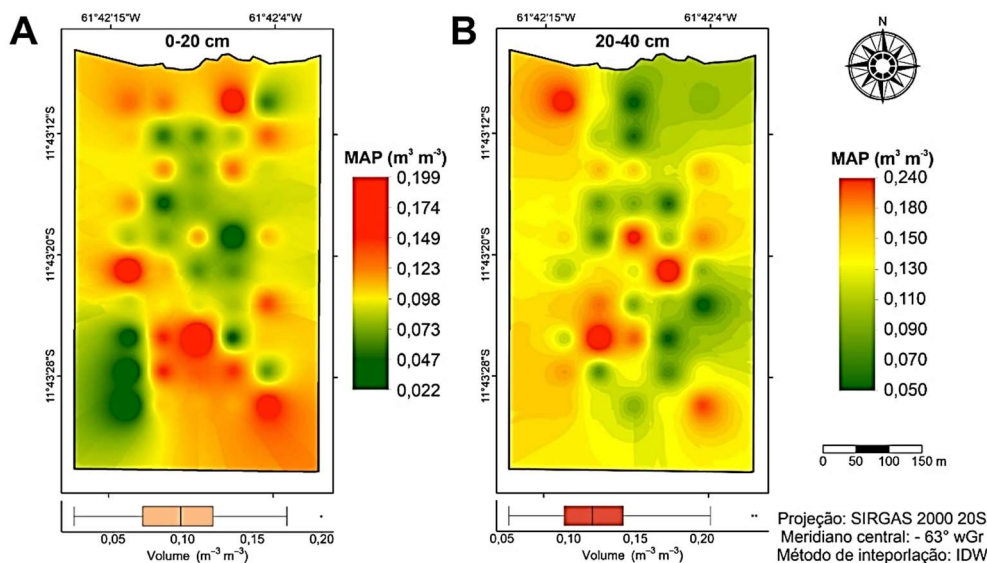


Figura 3. Distribuição espacial da macroporosidade do solo (MAP) em plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. A. Profundidade 0-20 cm. B. Profundidade 20-40 cm.

Figure 3. Spatial distribution of soil macroporosity (MAP) in a paricá (*Schizolobium amazonicum*) plantation, Rolim de Moura, Rondônia, Brazil. A. Depth 0-20 cm. B. Depth 20-40 cm.

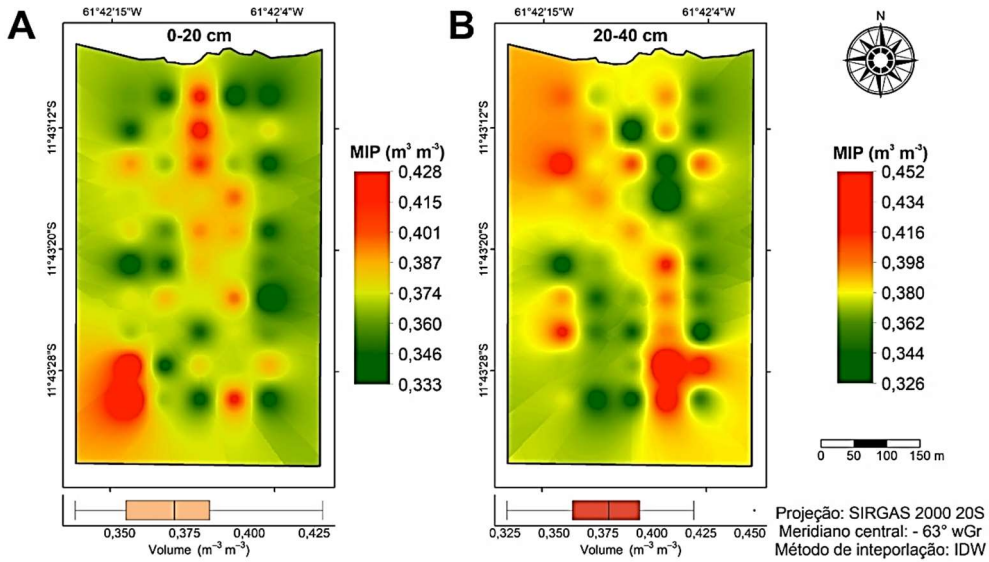


Figura 4. Distribuição espacial da microporosidade do solo (MIP) em plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. A. Profundidade 0-20 cm. B. Profundidade 20-40 cm.

Figure 4. Spatial distribution of soil microporosity (MIP) in a paricá (*Schizolobium amazonicum*) plantation, Rolim de Moura, Rondônia, Brazil. A. Depth 0-20 cm. B. Depth 20-40 cm.

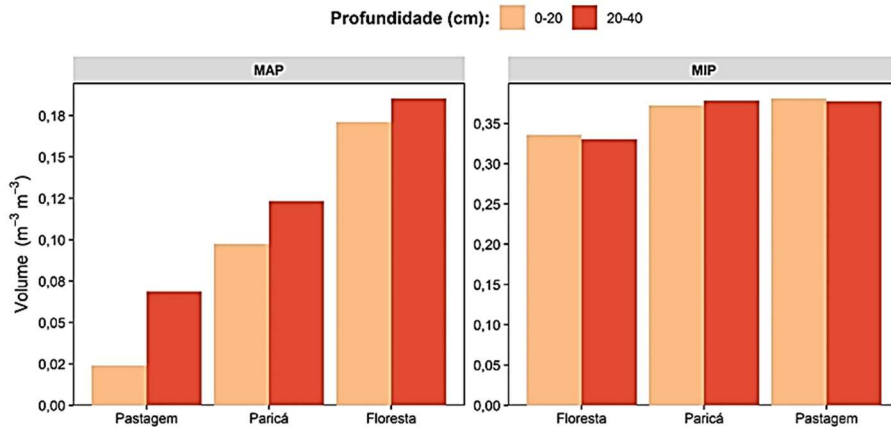


Figura 5. Macroporosidade do solo (MAP) e microporosidade do solo (MIP) para plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*), pastagem e floresta natural em diferentes profundidades, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

Figure 5. Soil macroporosity (MAP) and soil microporosity (MIP) for paricá (*Schizolobium amazonicum*) plantation, pasture and natural forest at different depths, Rolim de Moura, Rondônia, Brazil.

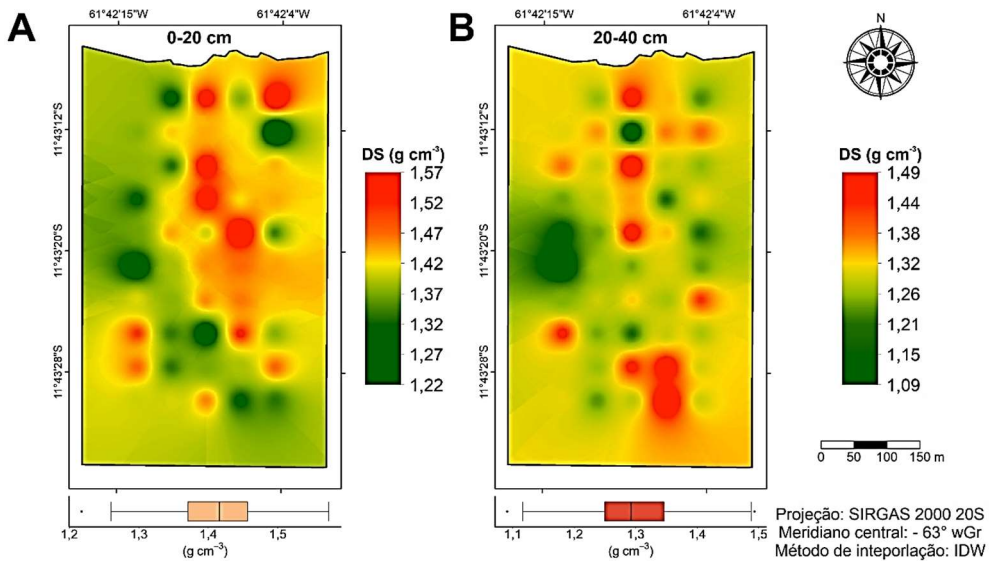


Figura 6. Distribuição espacial da densidade do solo (DS) em plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. A. Profundidade 0-20 cm. B. Profundidade 20-40 cm.

Figure 6. Spatial distribution of soil density (DS) in a paricá (*Schizolobium amazonicum*) plantation, Rolim de Moura, Rondônia, Brazil. A. Depth 0-20 cm. B. Depth 20-40 cm.

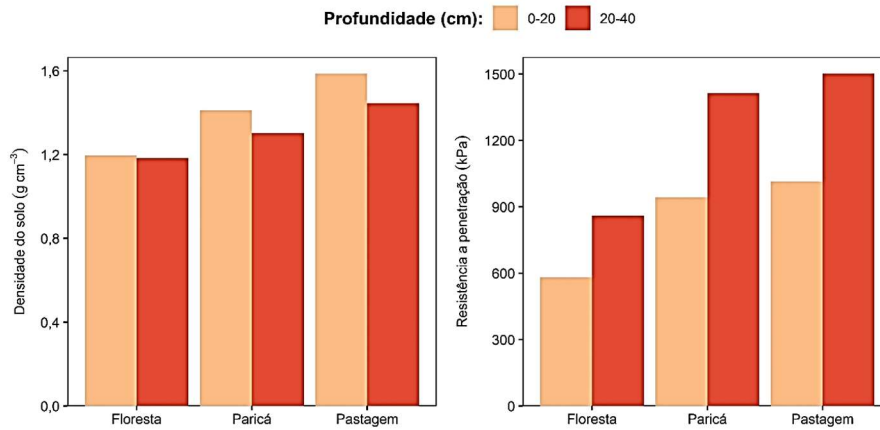


Figura 7. Densidade do solo (DS) e resistência mecânica do solo à penetração (RP) para o plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*), pastagem e floresta natural em diferentes profundidades, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.
 Figure 7. Soil density (DS) and mechanical soil resistance to penetration (RP) for paricá (*Schizolobium amazonicum*) plantation, pasture and natural forest at different depths, Rolim de Moura, Rondônia, Brazil.

Na Figura 8, encontram-se os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas. As correlações inversamente proporcionais mais fortes foram observadas entre MAP, porosidade total (PT) e DS, e entre teor de areia e DS foi observada a correlação diretamente proporcional mais forte. Também foi observada forte correlação entre os valores de RP e teores de argila. As correlações entre RP, DS e teores de areias foram fracas (< 0,5).

Os valores de COS foram muito próximos entre as profundidades analisadas (Figura 9). Em relação ao estoque de carbono no solo (ECOS), os resultados encontrados na

área de estudo apresentaram, entre as camadas analisadas, decréscimos por volta de 20% e 30% da superfície para subsuperfície nos teores de COS e ECOS, respectivamente.

Ao se comparar os resultados do plantio de paricá com as áreas de pastagem e floresta natural, foi possível observar que os valores de COS e COT foram maiores, independentemente da camada analisada. No entanto, considerando apenas as camadas em cada ambiente, os valores de COS e COT foram ligeiramente maiores na camada de 0 até 20 cm (Figura 10).

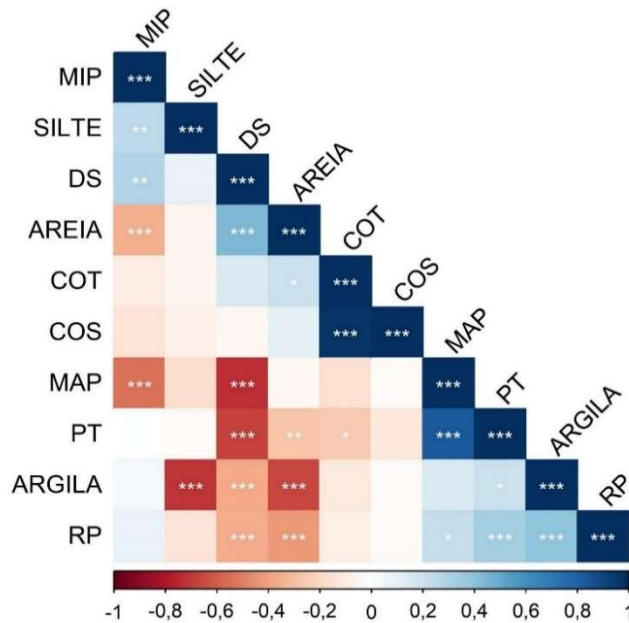


Figura 8. Matriz de correlação de Pearson entre os atributos físicos, teor e estoque de carbono orgânico do solo, em plantio comercial de paricá (*Schizolobium amazonicum*), em Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

Figure 8. Pearson's correlation matrix between physical attributes, content and stock of soil organic carbon, in a commercial plantation of paricá (*Schizolobium amazonicum*), in Rolim de Moura, Rondônia, Brazil.

MIP = Microporosidade do solo; DS = Densidade do solo; ECOS = Estoque de carbono orgânico do solo; COS = Teor de carbono orgânico do solo; MAP = Macroporosidade do solo; PT = Porosidade total do solo; RP = Resistência mecânica do solo a penetração; *, **, *** = Significante a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste de T student, respectivamente.

MIP = Soil microporosity; DS = Soil density; ECOS = Soil organic carbon stock; COS = Soil organic carbon content; MAP = Soil macroporosity; PT = Total soil porosity; RP = Soil mechanical resistance to penetration; *, **, *** = Significant at 5%, 1% and 0.1% probability by T student test, respectively.

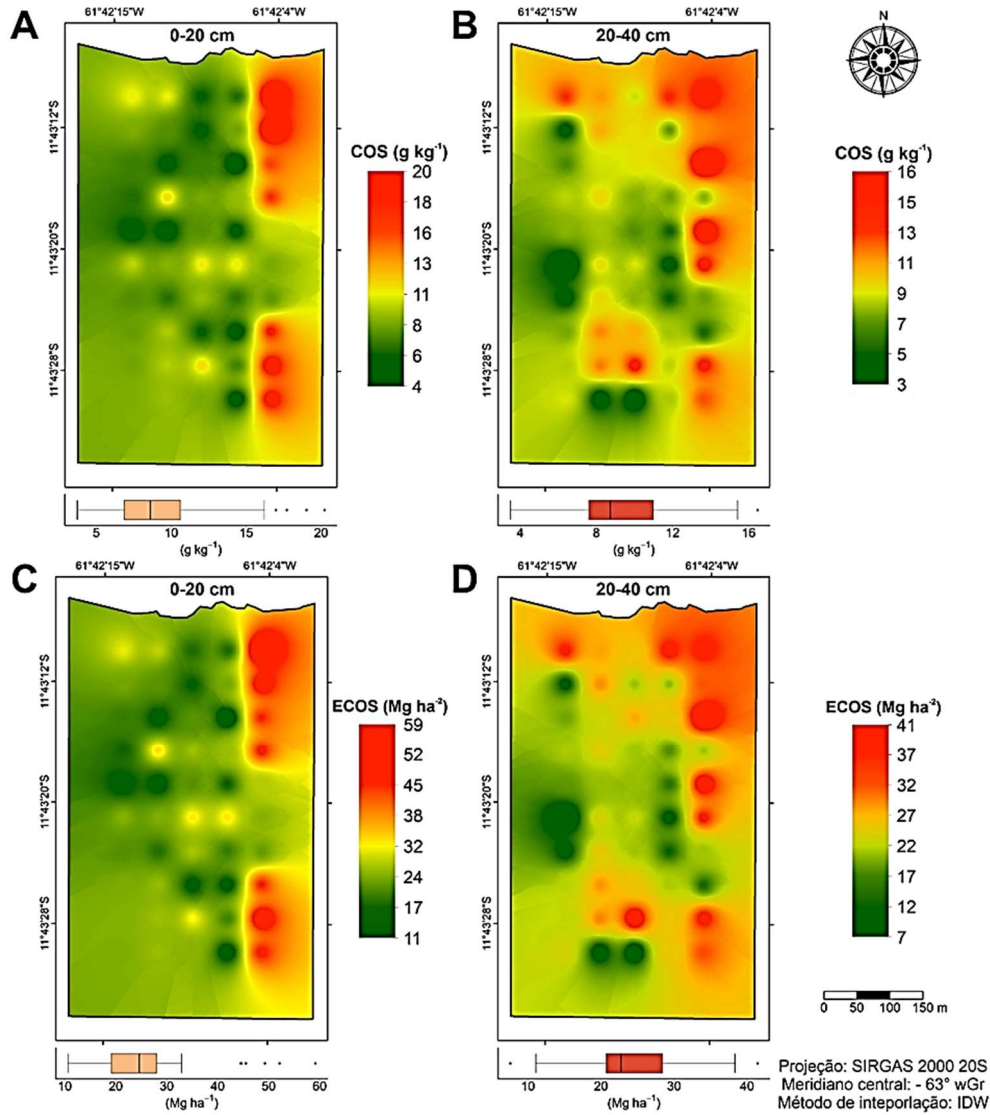


Figura 9. Distribuição espacial e vertical dos teores de carbono orgânico do solo (COS) e estoques de carbono orgânico do solo (ECOS) em plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*), Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. A e C. Profundidade 0-20 cm. B e D. Profundidade 20-40 cm.

Figure 9. Spatial and vertical distribution of soil organic carbon (COS) contents and soil organic carbon stocks (ECOS) in a paricá (*Schizolobium amazonicum*) plantation, Rolim de Moura, Rondônia, Brazil. A and C. Depth 0-20 cm. B and D. Depth 20-40 cm.

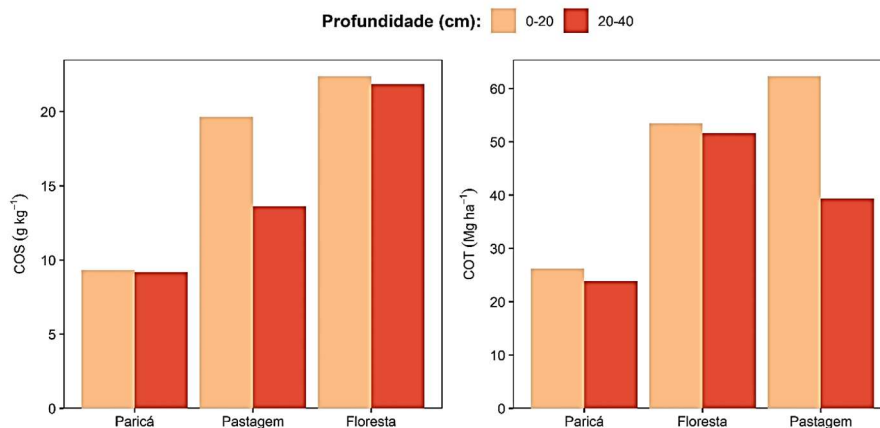


Figura 10. Teor de carbono orgânico do solo (COS) e estoque de carbono orgânico do solo (ECOS) para plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum*), pastagem e floresta natural em diferentes profundidades, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

Figure 10. Soil organic carbon content (COS) and soil organic carbon stock (ECOS) for paricá (*Schizolobium amazonicum*) plantation, pasture and natural forest at different depths, Rolim de Moura, Rondônia, Brazil.

4. DISCUSSÃO

As pequenas variações observadas para os parâmetros de textura entre as duas camadas analisadas estão dentro do esperado, pois as frações granulométricas do solo diferem em profundidade (Thomas et al., 2021). A leve redução dos teores de areia e silte e o ligeiro aumento do teor de argila em profundidade ocorrem por ação da água pluviométrica, que dispõe essas partículas em suspensão arrastando-as para camadas mais profundas (RENNE et al., 2019). Esses processos são intensificados na região do estudo, pois o índice pluviométrico anual é superior 2100 mm (ALVARES et al., 2013).

A textura do solo da área estudada apresenta características favoráveis ao crescimento do paricá, pois a espécie expressa bom crescimento em solos argilosos, com maior capacidade para armazenar água (GOMES et al., 2010). Verificou-se também que a distribuição espacial da textura no solo é homogênea em relação aos teores de argila, exceto nas regiões localizadas a noroeste e sudeste do plantio.

Esses resultados estão atrelados aos teores de areia encontrados, uma vez que as regiões do plantio onde existem maiores quantidades de macroporos coincidiram com as mesmas regiões que expressaram maiores teores de areia. As partículas de areia possuem maior granulometria e seu arranjo no solo tende a aumentar a macroporosidade (GALDOS et al., 2019). Os valores de MAP observados na área de estudo, em ambas as camadas, estão próximos aos limites considerados críticos para o desenvolvimento radicular das plantas que é de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (SILVA et al., 2005). Em regiões com clima tropical existe maior consumo de O_2 , por isso é sugerido que valores de MAP sejam próximos de $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (JONG VAN LIER, 2001).

Em solos argilosos, sob condições adequadas de manejo, é desejável que MAP esteja situada entre $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Em solos submetidos às práticas de manejo e conservação ineficientes (intensa utilização e exposição do solo e intenso tráfego de máquinas agrícolas), os valores de MAP podem sofrer reduções drásticas (ZHANG; SCHAAP, 2019).

Em relação à MIP, Mascarenhas et al. (2017), Kimura et al. (2017) e Spliethoff et al. (2022) observaram aspectos semelhantes aos do presente trabalho em seus estudos. Os autores reportaram que a MIP é influenciada por processos de formação do solo e material de origem. No entanto, salientaram que as práticas de manejo e conservação do solo podem aumentar a proporção de microporos devido à redução de macroporos induzida pelo aumento da densidade.

A MIP está diretamente relacionada com a retenção de água no solo (AULER et al., 2017). Maiores valores de microporos somados à textura argilosa encontrada no estudo, são os principais fatores de armazenamento e disponibilidade de água para as plantas em épocas de seca ou de estresse hídrico.

A distribuição da porosidade considerada ideal deve conter 33,33% de macroporos e 66,66% de microporos (PHAM et al., 2019). Na área de estudo, os valores encontrados foram 78,72% de MIP e 21,28% de MAP na camada de 0 a 20 cm. Para profundidade entre 20 e 40 cm, a proporção entre MIP e MAP foi de 76 e 24%, respectivamente.

A área de pastagem considerada como parâmetros de comparação é de pecuária extensiva desde a década de 1970, e, conforme relatos dos proprietários, em seu manejo não

foram executadas ao longo dos anos práticas de conservação para manutenção da qualidade dos atributos físicos do solo.

Devido ao pisoteio animal, ocorre a compactação do solo, diminuição da MAP e redução da infiltração de água no perfil. Esses fatores aumentam o escoamento superficial e intensificam o processo de erosão do solo (BONETTI et al., 2018), indicando que o plantio de paricá contribui positivamente para conservação do solo.

Os resultados encontrados para DS estão abaixo dos valores considerados críticos para solos argilosos, pois podem ser considerados restritivos para o desenvolvimento radicular das plantas quando acima de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$ (SUZUKI et al., 2012). Conforme apresentado, a área de estudo era ocupada por pastagens e durante o preparo para o plantio de paricá ocorreu o revolvimento do solo. Isso, provavelmente, ocasionou a ruptura da compactação na subsuperfície que, consequentemente, refletiu na redução de DS na camada de 20 até 40 cm (TORMENA et al., 2002). Este resultado também explica a maior porosidade observada para esta camada.

Os maiores valores de DS observados na camada de 20 até 40 cm estão relacionados aos maiores teores de areia, mesmo existindo aporte constante de material orgânico por meio da folhagem, galhos e troncos da vegetação nativa (MARCOLIN; KLEIN, 2011). Além disso, para a pastagem, os menores valores de DS também estão vinculados às características do sistema radicular fasciculado das gramíneas. Estudos relatam que em profundidades superiores a 40 cm, plantas de *Brachiaria* sp. apresentam crescimento agressivo e grande volume de rizosfera, esses fatores contribuem para redução da densidade do solo e aumento da macroporosidade (LOUW-GAUME et al., 2017; HUOT et al., 2020).

A DS e RP são consideradas as propriedades com maior importância para o manejo e estudos de qualidade física do solo (BENEVENUTE et al., 2020), visto que se correlacionam com a textura, umidade, matéria orgânica, macroporosidade e microporosidade (ARÉVALO-HÉRNANDEZ et al., 2019). Esse comportamento também foi observado na área de estudo, conforme apresentado na Figura 8. Esse efeito restringe o desenvolvimento radicular das plantas e reduzem a aeração do solo, pois há diminuição dos poros maiores e redução da capacidade de armazenamento e infiltração de água, causando murcha permanente nas plantas (SCHJØNNING et al., 2016).

Os resultados encontrados para RP na área de estudo estão abaixo dos valores considerados críticos para desenvolvimento radicular. Oliveira et al. (2015) indicaram que valores de RP acima de 2000 kPa podem oferecer limitação ao crescimento e desenvolvimento radicular. A RP é diretamente proporcional aos teores de argila, ou seja, quando se aplica pressão em solos argilosos, a transmissão da resistência à penetração é maior nas camadas mais profundas (DUARTE et al., 2020). A estrutura do solo influencia nos valores de RP, sendo assim, solos argilosos com estrutura adequada, tendem a apresentar melhores condições para o desenvolvimento radicular, com menores valores de DS e RP (CORTEZ et al., 2018). Espera-se que os maiores valores de COS estejam localizados nas camadas mais superficiais do solo e diminuam com o aumento da profundidade (DENARDIN et al., 2014), explicando os resultados apresentados na Figura 10.

Por outro lado, os valores médios dos ECOS evidenciam mais carbono em subsuperfície, que pode ser explicado pelo preparo da área para plantio, pois, houve revolvimento do

solo. Dessa forma, é possível que a fitomassa presente anteriormente tenha sido incorporada nas camadas mais profundas do solo. Além disso, o sistema radicular do paricá é superficial (MASCARENHAS et al., 2021), acarretando maior acúmulo de carbono no solo por meio das raízes secundárias (VICENTE et al., 2016).

Acrescenta-se ainda que os ECOS em camadas mais profundas do solo são de elevada importância devido às suas características perenes, pois maiores ECOS em camadas profundas, são geralmente representadas por carbono orgânico associado aos minerais e protegidos fisicamente por agregados (THAKUR; GEISEN, 2019), essa persistência, contribui de forma direta com a mitigação das mudanças climáticas (JANSSON; HOFMOCKEL, 2020).

Registrou-se para COS e ECOS, baixa correlação com os demais atributos analisados (Figura 8). Sabe-se que o carbono influencia na qualidade do solo, principalmente na formação de agregados (ZHOU et al., 2020). Comparando-se os resultados, observou-se que COS e ECOS seguiram o seguinte comportamento: floresta nativa > pastagem > plantio de paricá (Figura 10). Os menores valores encontrados no plantio de paricá, podem estar conectados às características da espécie.

O paricá é uma leguminosa, geralmente essas plantas estabelecem baixa relação C/N no solo, facilitando a decomposição do material orgânico pela biota (ROSSI et al., 2020; SABAGH et al., 2020). Isso acelera o processo de ciclagem e reciclagem, reduzindo o volume de serrapilheira depositado na superfície do solo (GUÉBRÉ et al., 2020). Mesmo assim, os valores encontrados estão em consonância com a literatura. Por exemplo, Lemos et al. (2016) estudando o efeito do cultivo de paricá em solo na região amazônica, encontraram teores de COS entre 5,3 e 14 g kg⁻¹.

O acúmulo de fitomassa na cobertura do solo é dificultado na região Amazônica, devido às altas temperaturas e umidade relativa o processo de decomposição do material orgânico é acelerado, dificultando o acúmulo de COS (KESKIN et al., 2019). Áreas recém convertidas para outros sistemas de manejo, com histórico de pastagens degradadas, necessitam de períodos mais longos para elevar o COS a valores próximos de florestas nativas, dependendo da influência da qualidade e quantidade de material orgânico fornecido pelas plantas e as características climáticas (IWATA et al., 2012).

A explicação para os teores de COS na pastagem terem sido maiores que os encontrados no plantio de paricá, está relacionada ao sistema radicular das gramíneas que se renova intensamente nas camadas superficiais, proporcionando maior acúmulo de matéria orgânica do solo (GAZOLLA et al., 2015). É comum que esses teores estejam associados ao carbono de baixa massa molecular, com cadeias mais simples e menos perenes no solo, evoluindo com facilidade para CO₂ (KIM et al., 2016).

Os altos valores de COS e ECOS encontrados na floresta nativa já eram esperados, pois, o aporte vegetal biodiverso sob a superfície do solo favorece a diversidade de toda cadeia trófica, equilibrando o ecossistema e armazenando carbono no perfil do solo (THAKUR; GEISEN, 2019).

Com base nos resultados, pode-se observar que o plantio de florestas com espécies nativas é benéfico do ponto de vista da fixação de carbono no solo especialmente em subsuperfície. Durante o cultivo o revolvimento do solo é mínimo e aporte de biomassa é constante, por meio de podas e desbastes, renovação de folhas e crescimento radicular.

Além disso, mesmo após a colheita das árvores ao final do ciclo de produção, este efeito perdura, pois, os resíduos florestais como tocos e raízes permanecem no solo para serem convertidos em carbono fixado durante a decomposição.

5. CONCLUSÕES

A variação espacial da microporosidade, macroporosidade e densidade do solo no plantio de paricá foi influenciada pela variação da textura do solo. Os parâmetros físicos apresentaram-se adequados ao crescimento do paricá, quando comparado com a floresta nativa e a pastagem, em escala de qualidade.

A variação espacial dos teores e estoques de carbono orgânico do solo no plantio de paricá em cada camada analisada foi pequena. Os resultados demonstraram que o plantio de paricá é eficiente na fixação de carbono em profundidade no solo. Recomenda-se o aprofundamento de pesquisas com o uso do paricá em sistemas integrados de produção agropecuária visando maior entendimento desta prática na prestação de serviços ambientais e diversificação de renda dos produtores rurais na Amazônia.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Lano da Amazônia LTDA pela disponibilidade da área e pelo fornecimento de árvores para desenvolvimento deste estudo. Agradecemos também à Universidade Federal de Rondônia pela disponibilização de insumos, equipamentos, infraestrutura e recursos humanos.

7. REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 99, n. 1, p. 15-27, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00138-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00138-5)
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ARÉVALO-HERNÁNDEZ, C. O.; CONCEIÇÃO PINTO, F.; SOUZA JÚNIOR, J. O.; QUEIROZ PAIVA, A.; BALIGAR, V. C. Variability and correlation of physical attributes of soils cultivated with cacao trees in two climate zones in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 3, p.793-802, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0176-4>
- AULER, A. C.; PIRES, L. F.; PINEDA, M. C. Influence of physical attributes and pedotransfer function for predicting water retention in management systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 11, p.746-751, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n11p746-751>
- BENEVENUTE, P. A. N.; MORAIS, E. G.; SOUZA, A. A.; VASQUES, I. C. F.; CARDOSO, D. P.; SALES, F. R.; SEVERIANO, E. C.; HOMEM, B. G. C.; CASAGRANDE, D. R. SILVA, B. M. Penetration resistance: An effective indicator for monitoring soil compaction in pastures. **Ecological Indicators**, v. 117, e106647, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106647>

- BONETTI, J. A.; ANGHINONI, I.; GUBIANI, P. I.; CECAGNO, D.; TUZZIN MORAES, M. Impact of a long-term crop-livestock system on the physical and hydraulic properties of an Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 186, p. 280-291, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.11.003>
- NEVES, A. H. B.; OLIVEIRA, A. C.; ATAIDES, G. C.; SANTOS, C. M. M.; PEREIRA, V. L.; AQUINO, L. F. P.; SCCOTTI, M. S. V.; TRONCO, K. M. Q.; MELO, R. R.; MASCARENHAS, A. R. P. Biomassa e carbono em plantio comercial de paricá na Amazônia. **Nativa**, v. 10, n. 2, p. 154-162, 2022. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i2.13330>
- CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FREITAS, D. A. F.; MINCATO, R. L.; FERREIRA, M. M. Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p.589-597, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140363>
- CORTEZ, J. W.; MATOS, W. P. S.; ARCOVERDE, S. N. S.; CAVASSINI, V. H.; VALENTE, I. Q. M. Spatial variability of soil resistance to penetration in no tillage system. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 5, p. 697-704, 2018. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n5p697-704/2018>
- DENARDIN, R. B. N.; MATTIAS, J. L.; WILDNER, L. P.; NESI, C. N.; SORDI, A.; KOLLING, D. F.; BUSNELLO, F. J.; CERUTTI, T. (2014). Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó - SC. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 59-69, 2104. <https://doi.org/10.5902/1980509813323>
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa Solos-Documents, 2014. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/>. Acesso em: 03 Jul 2022.
- DUARTE, T. F.; SILVA, T. J. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; FENNER, W. Resistance of a red latosol to penetration: Comparison of penetrometers, model adjustment, and soil water content correction. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 4, p. 462-472, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n4p462-472/2020>
- ESRI Environmental Systems Research Institute. **Software ArcGis Desktop, version 10.5**. Disponível em: <http://www.desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/get-started/setup/arcgis-desktop-quick-start-guide.htm>. Acesso em: 20 out 2018.
- FORNARA, D. A.; OLAVE, R.; BURGESS, P.; DELMER, A.; UPSON, M. M.; CADAM, J. Land use change and soil carbon pools: evidence from a long-term silvopastoral experiment. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 4, p.1035-1046, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0124-3>
- GALDOS, M. V.; PIRES, L. F.; COOPER, H. V.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A.; MOONEY, S. J. Assessing the long-term effects of zero-tillage on the macroporosity of Brazilian soils using X-ray Computed Tomography. **Geoderma**, v. 337, n. 1, p. 1126-1135, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.11.031>
- GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; PEREIRA, M. G.; ROSSI, C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 693, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p693>
- GOMES, J. M.; PEREIRA CARVALHO, J. O.; GOMES SILVA, M.; NARA, D.; NOBRE, V.; TAFFAREL, M.; EVANDRO, J.; FERREIRA, R.; NONATO, R.; SANTOS, J. (2010). Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 171-178, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100022>
- GOMES, L. C.; FARIA, R. M.; SOUZA, E.; VELOSO, G. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FILHO, E. I. F. Modelling and mapping soil organic carbon stocks in Brazil. **Geoderma**, v. 340, p. 337-350, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.007>
- GUÉBRÉ, D.; TRAORÉ, S.; HIEN, E.; SOMÉ, D.; BATIONO, B. A.; WIESMEIER, M. Soil macrofaunal activity, microbial catabolic limitations and nutrient cycling in cropping systems amended with woody residues and nitrogen inputs. **Pedobiologia**, v. 83, p. e150686, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2020.150686>
- HUOT, C.; ZHOU, Y.; PHILP, J. N. M.; DENTON, M. D. Root depth development in tropical perennial forage grasses is related to root angle, root diameter and leaf area. **Plant and Soil**, v. 456, n. 2, p. 145-158, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04701-2>
- IBÁ_Indústria brasileira de árvores. **Relatório Anual 2021**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>. Acesso 03 abr 2022.
- IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700005>
- JANSSON, J. K.; HOFMOCKEL, K. S. Soil microbiomes and climate change. **Nature Reviews Microbiology**, v. 18, n. 1, p. 35-46, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0265-7>
- JONG VAN LIER, Q. Oxigenação do sistema radicular: uma abordagem física. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 233-238, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000100025>
- KESKIN, H.; GRUNWALD, S. HARRIS, W. G. Digital mapping of soil carbon fractions with machine learning. **Geoderma**, v. 339, p. 40-58, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.037>
- KIM, D. G.; KIRSCHBAUM, M. U. F.; BEEDY, T. L. Carbon sequestration and net emissions of CH₄ and N₂O under agroforestry: Synthesizing available data and suggestions for future studies. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 226, p. 65-78, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.011>
- KIMURA, A.; BAPTISTA, M. B.; SCOTTI, M. R. Soil humic acid and aggregation as restoration indicators of a seasonally flooded riparian forest under buffer zone system. **Ecological Engineering**, v. 98, p. 146-156, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.054>
- LEMOS, E. C. M.; VASCONCELOS, S. S.; SANTIAGO, W. R.; OLIVEIRA JUNIOR, M. C. M. C. M. The responses

- of soil, litter and root carbon stocks to the conversion of forest regrowth to crop and tree production systems used by smallholder farmers in eastern Amazonia. **Soil Use and Management**, v. 32, n. 4, p. 504-514, 2016. <https://doi.org/10.1111/sum.12308>
- LOUW-GAUME, A. E.; SCHWEIZER, N.; RAO, I. M.; GAUME, A. J.; FROSSARD, E. Temporal differences in plant growth and root exudation of two *Brachiaria grasses* in response to low phosphorus supply. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 5, n. 3, p. 103-116, 2017. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(5\)103-116](https://doi.org/10.17138/TGFT(5)103-116)
- MARCOLIN, C. D.; KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 349-354, 2011. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.6120>
- MASCARENHAS, A. R. P.; VOLPATO SCCOTI, M. S.; MELO, R. R.; CORRÊA, F. L. D. O.; SOUZA, E. F. M.; ANDRADE, R. A.; BERGAMIN, A. C.; MÜLLER, M. W. Atributos físicos e estoques de carbono do solo sob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 89, p. 19-27, 2017. <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.89.1295>
- MASCARENHAS, A. R. P.; SCCOTI, M. S. V.; MELO, R. R.; CORRÊA, F. L. O.; SOUZA, E. F. M.; PIMENTA, A. S. Characterization of wood from *Schizobolium parabyba* var. *amazonicum* Huber × *Ducke* trees from a multi-stratified agroforestry system established in the Amazon rainforest. **Agroforestry Systems**, v. 95, p. 475-486, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00576-5>
- MAYER, M.; PRESCOTT, C. E.; ABAKER, W. E. A.; AUGUSTO, L.; CÉCILLON, L.; FERREIRA, G. W. D.; JAMES, J.; JANDL, R.; KATZENSTEINER, K.; LACLAU, J. P.; LAGANIÈRE, J.; NOUVELLON, Y.; PARÉ, D.; STANTURF, J. A.; VANGUELOVA, E. I.; VESTERDAL, L. Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. **Forest Ecology and Management**, v. 466, e118127, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118127>
- OLIVEIRA, B. S.; CARVALHO, M. A. C.; LANGE, A.; DALLACORT, R.; SILVA, V. P. Resistência do Solo à Penetração em Áreas sob o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Amazônica. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 3678-3689, 2015. https://doi.org/10.18677/enciclopedia_biosfera_2015_255
- PHAM, B. T.; NGUYEN, M. D.; DAO, D.; PRAKASH, I.; LY, H. B.; LE, T. T.; HO, L. S.; NGUYEN, K. T.; NGO, T. Q.; HOANG, V.; SON, L. H.; NGO, H. T. T.; TRAN, H. T.; DO, N. M.; LE, H.; HO, H. L.; TIEN BUI, D. Development of artificial intelligence models for the prediction of Compression Coefficient of soil: An application of Monte Carlo sensitivity analysis. **Science of the Total Environment**, v. 679, p. 172-184, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.061>
- R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. In R Foundation for Statistical Computing (Vol. 2, p. <https://www.R-project.org>). <http://www.r-project.org>
- RENNE, R. R.; BRADFORD, J. B.; BURKE, I. C.; LAUENROTH, W. K. Soil texture and precipitation seasonality influence plant community structure in North American temperate shrub steppe. **Ecology**, v. 100, n. 11, e02824, 2019. <https://doi.org/10.1002/ecy.2824>
- RODRIGUES, M. J. M.; SILVA, L. M.; MARCHÃO, R. L.; SOUZA, A. M.; WADT, P. G. S.; OLIVEIRA, L. C. Espectroscopia no Infravermelho Próximo para a Quantificação de Carbono em Solos da Bacia do Acre. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 1, p. 119-124, 2016. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n1p119-124>
- ROSSI, L. M. W.; MAO, Z.; MERINO-MARTÍN, L.; ROUMET, C.; FORT, F.; TAUGOURDEAU, O.; BOUKCIM, H.; FOURTIER, S.; DEL REY-GRANADO, M.; CHEVALLIER, T.; CARDINAEL, R.; FROMIN, N.; STOKES, A. Pathways to persistence: plant root traits alter carbon accumulation in different soil carbon pools. **Plant and Soil**, v. 452, n. 2, p. 457-478, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04469-5>
- RUMPEL, C.; AMIRASLANI, F.; CHENU, C.; GARCIA CARDENAS, M.; KAONGA, M.; KOUTIKA, L.-S.; LADHA, J.; MADARI, B.; SHIRATO, Y.; SMITH, P.; SOUDI, B.; SOUSSANA, J.-F.; WHITEHEAD, D.; WOLLENBERG, E. The 4p1000 initiative: Opportunities, limitations and challenges for implementing soil organic carbon sequestration as a sustainable development strategy. **Ambio**, v. 49, n. 1, p. 350-360, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01165-2>
- SABAGH, A.; HOSSAIN, A.; ISLAM, M. S.; FAHAD, S.; RATNASEKERA, D.; MEENA, R. S.; WASAYA, A.; YASIR, T. A.; IKRAM, M.; MUBEEN, M.; FATIMA, M.; NASIM, W.; ÇİĞ, A.; ÇİĞ, F.; ERMAN, M.; HASANUZZAMAN, M. Nitrogen Fixation of Legumes Under the Family Fabaceae: Adverse Effect of Abiotic Stresses and Mitigation Strategies. In: **The Plant Family Fabaceae**. Springer Singapore, 2020. p. 75-111. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4752-2_4
- SANTOS, H. G.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHVA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 355p.
- SCHJØNNING, P.; LAMANDÉ, M.; MUNKHOLM, L. J.; LYNQVIG, H. S.; NIELSEN, J. A. Soil precompression stress, penetration resistance and crop yields in relation to differently-trafficked, temperate-region sandy loam soils. **Soil and Tillage Research**, v. 163, p. 298-308, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.07.003>
- SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 719-730, 2005. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542005000400003>
- SMITH, P. Soils and climate change. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 5, p. 539-544, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.06.005>
- SMITH, P.; DAVIS, S. J.; CREUTZIG, F.; FUSS, S.; MINX, J.; GABRIELLE, B.; KATO, E.; JACKSON, R. B.; COWIE, A.; KRIEGLER, E.; VAN VUUREN, D. P.; ROGELJ, J.; CIAIS, P.; MILNE, J.; CANADELL, J. G.; MCCOLLUM, D.; PETERS, G.; ANDREW, R.; KREY, V.; YONGSUNG, C. Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 1, p. 42-50, 2016. <https://doi.org/10.1038/nclimate2870>

- SPLIETHOFF, J.; RAMPIM, L.; POTT, C. A.; VIDIGAL, J. C. B.; NETO, E. G. Development and validation of a hydraulic sampler for collection of undisturbed soil samples. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 68, p. 431-446, 2022. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1839057>
- STEEGE, H.; VAESSEN, R. W.; CÁRDENAS-LÓPEZ, D.; SABATIER, D.; ANTONELLI, A.; OLIVEIRA, S. M.; PITMAN, N. C. A.; JØRGENSEN, P. M.; SALOMÃO, R. P. The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. **Scientific Reports**, v. 6, n. 8, 29549, 2016. <https://doi.org/10.1038/srep29549>
- SUZUKI, L. E. A. S.; LIMA, C. L. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; PILLON, C. N. Condição estrutural de um argissolo no Rio Grande do Sul, em floresta nativa, em pastagem cultivada e em povoamento com eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 833-843, 2012. <https://doi.org/10.5902/198050987564>
- THAKUR, M. P.; GEISEN, S. Trophic Regulations of the Soil Microbiome. **Trends in Microbiology**, v. 27, n. 9, p. 771-780, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2019.04.008>
- THOMAS, C. L.; HERNANDEZ-ALLICA, J.; DUNHAM, S. J.; MCGRATH, S. P.; HAEFELE, S. M. A comparison of soil texture measurements using mid-infrared spectroscopy (MIRS) and laser diffraction analysis (LDA) in diverse soils. **Scientific Reports**, v.11, n. 1, 16, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79618-y>
- TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 4, p. 795-801, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000400026>
- VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 1, p.175-180. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800010025x>
- VICENTE, L. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Soil carbon stocks of Ultisols under different land use in the Atlantic rainforest zone of Brazil. **Geoderma Regional**, v. 7, n. 3, p. 330-337, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2016.06.003>
- VIDAURRE, G. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000200018>
- ZHANG, Y.; SCHAAP, M. G. Estimation of saturated hydraulic conductivity with pedotransfer functions: A review. **Journal of Hydrology**, v. 575, p. 1011-1030, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.058>
- ZHOU, M.; LIU, C.; WANG, J.; MENG, Q.; YUAN, Y.; MA, X.; LIU, X.; ZHU, Y.; DING, G.; ZHANG, J.; ZENG, X.; DU, W. Soil aggregates stability and storage of soil organic carbon respond to cropping systems on Black Soils of Northeast China. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 265, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57193-1>