

***Campus Colorado do Oeste***  
**Coordenação do Curso em Engenharia Agrônoma**

**KAREN ALVES DOS SANTOS SOARES**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM PLANOSSOLO EM FUNÇÃO DO CULTIVO DE  
ESPÉCIES FLORESTAIS E FORRAGEIRAS**

COLORADO DO OESTE

2024

**KAREN ALVES DOS SANTOS SOARES**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM PLANOSSOLO EM FUNÇÃO DO CULTIVO DE  
ESPÉCIES FLORESTAIS E FORRAGEIRAS**

Artigo científico entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharela em Engenharia Agrônômica, sob a orientação da professora Stella Cristiani Gonçalves Matoso.

COLORADO DO OESTE

2024

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Soares, Karen Alves dos Santos.

Atributos físicos de um Planossolo em função do cultivo de espécies florestais e forrageiras / Karen Alves dos Santos Soares, Colorado do Oeste-RO, 2025.  
20 f.

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Stella Cristiani Gonçalves Matoso.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste-RO, 2025.

1. Conservação do solo. 2. Qualidade do solo. 3. Silvicultura. I. Matoso, Stella Cristiani Gonçalves (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

**Bibliotecário(a) Responsável:** Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140 (Campus Colorado do Oeste)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus* Colorado do Oeste, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Autor: Karen Alves dos Santos Soares

Orientadora: Stella Cristiani Gonçalves Matoso

Situação: ( X ) Aprovado ( ) Reprovado

Aprovado em: 14/11/2024

Stella Cristiani Gonçalves Matoso

---

Orientador(a)

Leandro Cecilio Matte

---

Membro 1

Dany Roberta Marques Caldeira

---

Membro 2

## ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM PLANOSSOLO EM FUNÇÃO DO CULTIVO DE ESPÉCIES FLORESTAIS E FORRAGEIRAS

### PHYSICAL ATTRIBUTES OF A PLANOSSOLO IN FUNCTION OF THE CULTIVATION OF FOREST AND FORAGE SPECIES

KAREN ALVES DOS SANTOS SOARES<sup>1</sup>

STELLA CRISTIANI GONÇALVES MATOSO<sup>2</sup>

#### RESUMO

A avaliação dos parâmetros que definem a saúde e viabilidade do solo é crucial para estabelecer bases sólidas em direção à sustentabilidade na agricultura. O objetivo deste estudo foi analisar como o cultivo de diferentes espécies arbóreas e forrageiras afeta os atributos físicos de um Planossolo. O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados, seguindo um esquema fatorial de 6x2x2, que corresponde, ao cultivo de cinco espécies arbóreas (*Khaya senegalensis*, *Khaya grandifoliola*, *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis* e *Toona ciliata*) e uma pastagem composta por uma mistura de espécies forrageiras (*Urochloa ruziziensis* cv. MG5, *Panicum maximum*, *U. humidicola* cv. *humidicola* e *U. brizantha* cv. *marandu*); em duas profundidades de solo (0 a 10 e 10 a 30 cm) e duas épocas de coleta (maio e outubro de 2022), com quatro repetições. As variáveis analisadas incluíram C orgânico, granulometria, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total do solo, macroporos, microporos, argila dispersa em água e grau de floculação do solo. A análise estatística consistiu na análise de variância pelo Teste F, seguida do teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, aplicada a dados normais. Não foi observado efeito de interação entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) para a maior parte das variáveis analisadas. Os diferentes usos do solo afetaram ( $p < 0,05$ ) principalmente os teores das frações mais finas do solo. Menor conteúdo de silte foi observado no solo sob pastagem, enquanto menores médias de argila e argila dispersa em água foram verificadas no solo cultivado com *Toona ciliata*. Na camada 0 a 10 cm verificaram-se os maiores teores de C orgânico e de grau de floculação do solo e menores médias de argila dispersa em água, densidade de partículas e microporosidade ( $p < 0,05$ ). Menor conteúdo de C e maiores médias de grau de floculação e de argila ( $p < 0,05$ ) foram observadas na primeira coleta, realizada no final do período chuvoso (maio). Concluiu-se que todos os usos de solo resultam em boa qualidade física nas profundidades e épocas analisadas. No entanto, recomenda-se a implementação de práticas conservacionistas, especialmente no cultivo de pastagem e de *Toona ciliata*, para aumentar a macroporosidade do solo dessas áreas.

**Palavras-chave:** Conservação do solo. Qualidade do solo. Silvicultura.

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrônoma, IFRO - *campus* Colorado do Oeste, karen2alves.com@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia, Professora do Curso de Engenharia Agrônoma, IFRO - *campus* Colorado do Oeste, stella.matoso@ifro.edu.br.

## ABSTRACT

Assessing the parameters that define soil health and viability is crucial to establishing solid foundations toward sustainability in agriculture. The objective of this study was to analyze how the cultivation of different tree and forage species affects the physical attributes of a Planossolo. The experiment was conducted in a randomized block design, following a 6x2x2 factorial scheme, which corresponds to the cultivation of five tree species (*Khaya senegalensis*, *Khaya grandifoliola*, *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis*, and *Toona ciliata*) and a pasture composed of a mixture of forage species (*Urochloa ruziziensis* cv. MG5, *Panicum maximum*, *U. humidicola* cv. Humidicola, and *U. brizantha* cv. *marandu*), in two soil depths (0 to 10 and 10 to 30 cm) and two collection times (May and October 2022), with four repetitions. The variables analyzed included organic C, particle size, particle density, soil bulk density, total soil porosity, macropores, micropores, clay dispersed in water and degree of soil flocculation. Statistical analysis consisted of analysis of variance using the F Test, followed by Tukey's mean test at a 5% probability level applied to normal data. No interaction effect was observed between treatments ( $p > 0.05$ ) for most of the variables analyzed. The different land uses affected ( $p < 0.05$ ) mainly the contents of the finer soil fractions. Lower silt content was observed in the soil under pasture, while lower averages of clay and clay dispersed in water were observed in the soil cultivated with *Toona ciliata*. In the 0 to 10 cm layer, there were the highest levels of organic C and degree of soil flocculation, and the lowest averages of clay dispersed in water, particle density and microporosity ( $p < 0.05$ ). Lower C content and higher mean flocculation and clay levels ( $p < 0.05$ ) were observed in the first collection, carried out at the end of the rainy season (May). It was concluded that all soil uses result in good physical quality at the depths and times analyzed. However, it is recommended to implement conservation practices, especially in the cultivation of pasture and *Toona ciliata*, to increase soil macroporosity in these areas.

**Keywords:** Soil conservation. Soil quality. Forestry.

## 1 INTRODUÇÃO

O solo, com sua complexidade e dinamismo, constitui a base fundamental que sustenta a vida em nosso planeta, desempenhando um papel crucial, pois fornece suporte físico, nutrientes e habitat para uma ampla variedade de organismos (Bernardi, 2024). Além disso, o solo atua no ciclo da água e na regulação do clima e, portanto, a preservação e o incremento da qualidade do solo são imperativos essenciais para garantir a saúde e o equilíbrio do ecossistema global (Nunes; Rezende, 2015).

Os solos são um grande reservatório global de carbono, armazenando mais carbono orgânico do que a vegetação (Bernardi, 2024). O cultivo de gramíneas forrageiras e espécies arbóreas são considerados mais conservacionistas do que o cultivo de culturas anuais, principalmente quando cultivadas em sistema de plantio convencional (Matoso et al., 2012; Martinkoski et al., 2017; Freitas et al., 2020).

Analisar atributos indicadores da qualidade do solo permite a identificação do nível de conservação, degradação ou recuperação de determinado solo, terra ou paisagem (Vezzani; Mielniczuk, 2009). Os atributos indicadores da qualidade do solo são características que determinam seu comportamento em relação à água, ao ar, às plantas e à atividade biológica, que consistiram em: carbono orgânico total do solo (COT), teor total de areia, silte e argila; argila dispersa em água (ADA); grau de flocculação do solo (GF); densidade de partículas (DP); densidade do solo (DP); porosidade total do solo (PT); macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi).

A partir dessa análise, interpretações agronômicas e ambientais são possíveis, pois a qualidade física do solo está relacionada com o bom funcionamento de processos de armazenamento de água no solo, qualidade estrutural do solo, de escoamento superficial e de erosão hídrica, afetando não só o desenvolvimento das culturas, mas também a qualidade da água do entorno (Nunes; Rezende, 2015; Silva, 2020; van Lier, 2020).

Com base no exposto, objetivou-se analisar a influência do cultivo de diferentes espécies arbóreas e forrageiras sobre os atributos físicos do solo em uma área de Planossolo.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *campus* Colorado do Oeste (Figura 1). O clima da região é denominado como AW segundo classificação de Köppen, caracterizado como quente úmido com a estação definida

chuvosa no verão e seco no inverno (Beck et al., 2018). A região está inserida em um ecótono de transição entre Cerradão tropical subperenifólio e Floresta tropical subperenifólia (Santos et al., 2015).

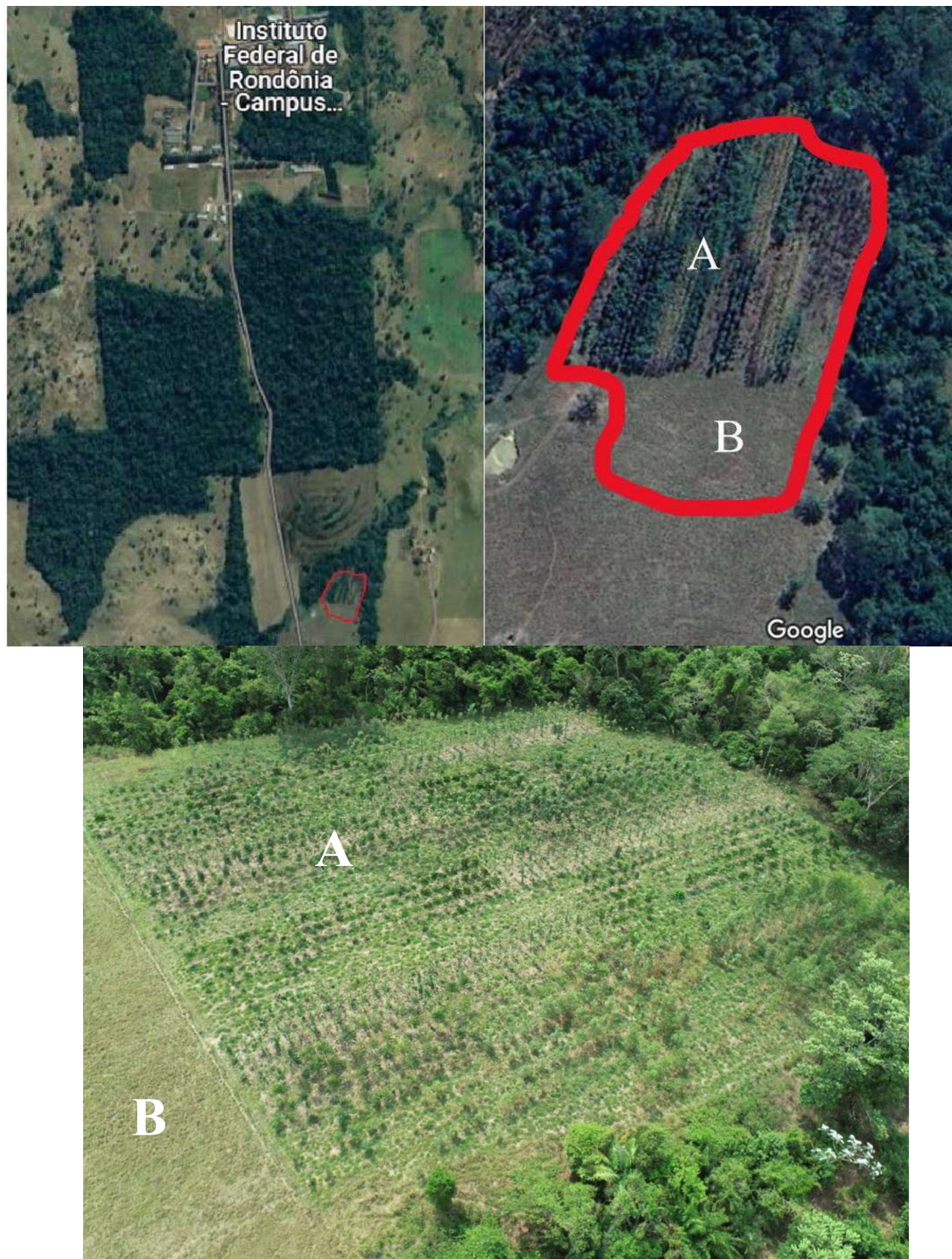


Figura 1 – Localização da área experimental. A: área de cultivo das espécies florestais; B: área de cultivo da pastagem

O solo do local foi classificado como Planossolo Háptico Distrófico gleissólico, textura média/argilosa, A moderado, endoálico, Tb, fase floresta equatorial subperenifólia, relevo plano (Lumbreras et al., 2019).

Para realização do estudo foi utilizada uma área experimental de outro projeto de pesquisa que se encontrava em andamento, o qual foi institucionalizado pelo Edital nº 2/2021/REIT - PROPESP/IFRO. O presente estudo foi implantado em um delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições e seis tratamentos, que correspondem a diferentes espécies arbóreas (*Swietenia macrophylla*, *Khaya senegalensis*, *Khaya grandifoliola*, *Tectona grandis*, *Toona ciliata* e uma pastagem, composta por uma mistura de espécies forrageiras - *Urochloa ruziziensis* cv. MG5, *Panicum maximum*, *U. humidicola* cv. *humidicola* e *U. brizantha* cv. *marandu*).

O plantio das espécies arbóreas foi realizado em 22 dezembro de 2020, em área anteriormente coberta por pastagem (*Urochloa brizantha* cv. *marandu* e *U. humidicola* cv. *humidicola*). Ao lado do plantio florestal uma área de pastagem foi reformada em 2018, implantando-se a mistura de espécies forrageiras citadas. Esta área de pastagem foi dividida em quatro blocos alinhados com a área de plantio florestal, sendo utilizada como o sexto tratamento deste experimento.

Inicialmente, realizou-se uma análise de solo na área experimental (Tabela 1). Para o preparo do terreno foi feita a dessecação da forrageira com o herbicida sistêmico glifosato e a remoção de resíduos vegetais de maior porte. As espécies florestais foram plantadas em espaçamento 3 m x 1,8 m.

Tabela 1 – Resultados da análise de solo realizado na área experimental.

pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H
H <sub>2</sub> O	g dm <sup>-3</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----			
5,1	31	7	136	8	1,3	0,2	0,4	4,7

As mudas foram retiradas dos tubetes e mergulhadas em solução com 233 ml de fipronil, 10 L de água e 150 g de monofosfato de amônio (MAP), a fim de prevenir contra o ataque de cupins e formigas, além de assegurar a adubação fosfatada de arranque.

A aplicação do calcário filler foi realizada durante o plantio, na dose de 200 g cova<sup>-1</sup>. A adubação fosfatada foi dimensionada em 174 g cova<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, entretanto a aplicação foi realizada em filete contínuo com 12 kg linha<sup>-1</sup>. O nitrogênio e o potássio foram fornecidos na forma de ureia e cloreto de potássio, com a aplicação fracionada em três etapas de 46 g e 37 g,

respectivamente. Realizou-se também uma aplicação única de 5 g de boro.

Após o plantio das mudas efetuou-se o controle de plantas espontâneas com a aplicação do herbicida a base de oxyfluorfen, que se trata de um herbicida de contato indicado para o controle de plantas de folha larga e de folha estreita, em aplicações de pré emergência. Como tratos culturais, foram realizados o combate inicial a formigas cortadeiras e roçadas após o plantio.

No mês de maio de 2022 (final do período chuvoso), aproximadamente 16 meses após o plantio, o solo foi amostrado na profundidade de 0 a 10 e 10 a 30 cm. Em cada bloco retirou-se uma amostra composta de três amostras simples deformadas. Realizou-se também a coleta de três amostras simples indeformadas por bloco em três profundidades (0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm), com o uso de trado e anel volumétrico. No mês de outubro de 2022 (final do período seco), aproximadamente 21 meses após o plantio, realizou-se nova coleta de solo, seguindo a mesma metodologia.

A ocorrência pluviométrica em Colorado do Oeste, Rondônia, entre maio e outubro de 2022 apresentou um padrão típico de estiagem no período seco da região amazônica, com acúmulo de 316 mm (Clima Tempo, 2022).

A coleta de solo foi realizada na projeção de 1 m da copa das espécies arbóreas, foram realizadas de forma criteriosa, garantindo que o material coletado represente restrições às condições do solo sob a influência da árvore (Figura 2).

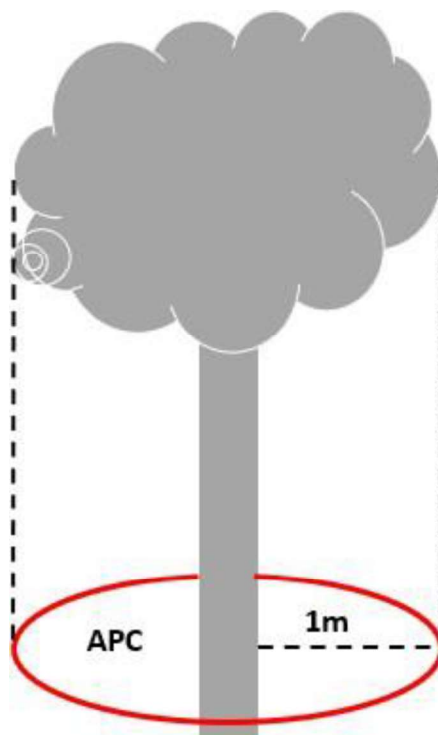


Figura 2 – Area da projeção da copa (APC).

As amostras de solo compostas e deformadas foram secas ao ar, destorroadas e tamisadas em malha de 2mm, preparando-se a terra fina seca ao ar (TFSA), em seguida foram armazenadas em sacos plásticos até o momento das análises de COT, granulometria, ADA e DP (Teixeira et al., 2017).

As variáveis do experimento consistiram em: carbono orgânico total do solo (COT); teor total de areia, silte e argila; argila dispersa em água (ADA); grau de flocculação do solo (GF); densidade de partículas (DP); densidade do solo (DP); porosidade total do solo (PT) (Teixeira et al., 2017); macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi) (Stolf et al., 2011).

O COT foi determinado pelo método de oxidação via úmida. Separou-se uma quantidade de 20 g de TFSA, que em seguida, foi triturada em gral com o auxílio de um pistilo por aproximadamente 1 min, passando-se a amostra triturada por uma peneira de 80 mesh. Utilizando uma balança analítica, foram aferidos 0,25 g de cada amostra triturada, acondicionando-as em tubos de ensaio. Em seguida, pipetou-se 10 mL da solução de dicromato de potássio e adicionou-se às amostras de solo e a uma prova em branco. Os tubos de ensaio foram aquecidos em uma chapa aquecedora que se encontrava dentro de uma capela de fluxo contínuo, até uma fervura branda, mantendo-se essa condição por 5 min. Ao final do aquecimento a prova em branco apresentou uma cor amarelo-castanho e as amostras de solo apresentaram tons mais escuros.

Aguardou-se, então, que as amostras atingissem a temperatura ambiente. E logo, foram transferidas para erlenmeyer de 250 mL, adicionando 80 mL de água deionizada, com o auxílio de proveta, 2 mL de ácido ortofosfórico e 3 gotas de indicador. A titulação foi realizada com solução de sulfato ferroso amoniacal, até o momento em que a cor azul desaparece, deixando a cor verde predominante, anotando-se o volume gasto em cada amostra. O teor de COT foi então calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{COT} = 0,003 \times \text{Vd} (40 - \text{Va}) \times 40 / \text{Vb} \times 10 / \text{m}$$

onde: COT = concentração de carbono orgânico no solo, em  $\text{g kg}^{-1}$ , Vd volume total da solução de dicromato de potássio adicionado na digestão da amostra, em mL, Va = volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra, em mL, Vb = volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco aquecido, em mL, m = massa da amostra de solo, em g.

Para a análise granulométrica, 20 g de cada amostra foram dispersas com 25 mL de solução de hexametáfosfato de sódio  $0,038 \text{ mol L}^{-1}$  + hidróxido de sódio  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  por 16 h em agitador rotativo tipo Wagner a 50 rpm. Com o emprego de água destilada realizou-se a separação da fração areia (tamis de malha de 0,053 mm), transferindo-se as frações silte e argila

para uma proveta de 1000 mL. Após a lavagem, a fração areia retida na peneira foi transferida para um recipiente de alumínio e acondicionada em estufa de ventilação forçada a 105 °C, até atingir massa constante, aferindo-se, em seguida, a massa desse material em balança analítica de precisão.

As amostras (silte + argila) acondicionadas em proveta de 1000 mL foram agitadas com um bastão por 1 min e, em seguida, realizou-se a coleta de 25 mL da amostra com pipetador automático, acondicionando o extrato em cadinho de porcelana, para posteriormente ser levado para estufa a 105 °C. A partir da temperatura da solução, calculou-se o tempo necessário para a completa sedimentação da fração silte e realizou-se nova coleta de 25 mL da amostra com o uso de pipeta automática, transferindo-se todo o conteúdo para o cadinho e levando-o para estufa a 105 °C. Após atingir massa constante aferiu-se a massa de todas as amostras coletadas. Foram realizadas duas provas em branco para cada batelada de amostras. O teor de areia, silte e argila foram determinados por meio de cálculos e corrigidos pelo fator de umidade residual.

A ADA foi obtida a partir agitação de 20 g da amostra de TFSA e água destilada em agitador tipo Wagner, a 50 rpm, seguida de decantação das frações mais grosseiras em proveta de 1000 mL e coleta de 25 mL da amostra com pipetador automático, acondicionados em cadinho para posteriormente serem levados para estufa a 105 °C. Foram realizadas duas provas em branco para cada batelada de amostras. O teor de ADA foi determinado por meio de cálculos e corrigido pelo fator de umidade residual.

A partir dos dados do teor de argila e da ADA, calculou-se o GF pela seguinte equação.

$$GF = (AT - ADA / AT) \times 100$$

onde: GF = grau de flocculação do solo (%), AT = teor de argila total do solo ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e ADA = argila dispersa em água ( $\text{g kg}^{-1}$ ).

A DP foi obtida pelo método do balão volumétrico, acondicionando-se aproximadamente 20 g de solo seco a 105 °C em balões volumétricos de 50 mL. Em seguida completou-se o volume do com álcool etílico (96°), expulsando-se completamente o ar da amostra. Efetuou-se então, o seguinte cálculo:

$$DP = ms / (50 - Va)$$

onde: DP = densidade de partículas ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), ms = massa do solo seco a 105 °C (kg) e Va = volume de álcool utilizado para completar o balão ( $\text{dm}^3$ ).

A densidade do solo (DS) foi obtida pelo método do anel volumétrico (Teixeira et al., 2017). As amostras indeformadas ( $100 \text{ cm}^3$ ) foram transferidas para sacos de papel e levadas para estufa a temperatura a 105 °C até massa constante, após a secagem foi aferida a massa do solo seco e realizou-se o cálculo da DS, pela seguinte fórmula:

$$DS = ms/V$$

onde: DS = densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), ms = massa do solo seco a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  (kg) e V = volume ( $\text{dm}^3$ ).

Como foram coletadas amostras indeformadas em três profundidades de solo, realizou-se o cálculo da média das camadas de 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

A porosidade total (PT) foi obtida pela seguinte equação:

$$PT = 1 - DS / DP$$

onde: PT = porosidade total do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), DS = densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) e DP = densidade de partículas ( $\text{kg dm}^{-3}$ ).

A macroporosidade foi obtida por meio da equação de pedotransferência proposta por Stolf et al. (2011):

$$Ma = 0,693 - 0,465 \times DS + 0,212 \times TA$$

onde: Ma = teor de macroporos do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), DS = densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) e TA = teor de areia do solo ( $\text{dg kg}^{-1}$ ).

A microporosidade foi, então, determinada pela diferença entre a PT e a Ma. Também foram obtidas a densidade do solo limite (DSL) e a densidade do solo máxima (DSM) para cada profundidade analisada, pelas equações propostas por Stolf et al. (2011):

$$DSL (Ma = 0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}) = 1,275 + 0,456 \times TA.$$

$$DSM (Ma = 0,0 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}) = 1,490 + 0,456 \times TA.$$

onde: DSL = densidade do solo limite ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), DSM = densidade do solo máxima ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) e TA = teor de areia do solo ( $\text{dg kg}^{-1}$ ).

A análise estatística consistiu na verificação de dados discrepantes pelo teste de Grubbs, seguida dos testes de homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett) e de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro Wilk). Os dados de GF foram transformados ( $y = \sqrt{x}$ ). A partir de dados normais efetuou-se a análise de variância pelo teste F. Para comparar o efeito das diferentes espécies empregou-se o teste de médias de Tukey. Todos os testes foram realizados considerando o nível de 5% de probabilidade com uso dos softwares Excel e ActionStat.

## RESULTADOS

Não foi observado efeito de interação entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) para os atributos COT, areia, silte, argila, DP, ADA, GF e Mi. Portanto, as médias referentes aos tratamentos isolados estão detalhadas nas Tabelas 2, 3 e 4. Em relação à DS, PT e Ma, houve efeito

significativo de interação entre a profundidade do solo e a época de coleta ( $p < 0,05$ ), conforme apresentado na Tabela 5.

Os diferentes usos do solo não obtiveram efeito significativo sobre os teores de COT, GF, DS, DP e porosidade (PT, Ma e Mi) (Tabela 2). No entanto, houve influência ( $p < 0,05$ ) sobre os teores das frações granulométricas mais finas do solo (silte e argila) (Tabela 2). O solo cultivado com pastagem apresentou a menor média ( $p < 0,05$ ) de silte, sem diferir significativamente do cultivo de *Swietenia macrophylla*, *Khaya grandifoliola* e *Toona ciliata* (Tabela 2). Quanto às frações de argila e de ADA, as maiores médias foram registradas no solo sob pastagem, enquanto as menores foram observadas no solo cultivado com *Toona ciliata*. No entanto, esses dois tratamentos não apresentaram diferença significativa em relação às demais espécies silvícolas (Tabela 2).

As profundidades do solo resultaram em diferença estatística para COT, ADA, GF, DP e Mi (Tabela 3). Na camada mais superficial analisada (0 a 10 cm) verificaram-se os maiores de COT e GF e menores de ADA, DP e Mi ( $p < 0,05$ ).

As diferentes épocas de coleta influenciaram ( $p < 0,05$ ) apenas o COT, teor de argila e de GF, sendo que menor conteúdo de COT e maiores médias de argila e de GF foram observadas na primeira coleta, realizada no final do período chuvoso (maio de 2022) (Tabela 4).

A DS foi maior ( $p < 0,05$ ) na profundidade de 10 a 30 cm tanto em maio, quanto em outubro, porém nesta última coleta a DS da camada de 0 a 10 cm superou ( $p < 0,05$ ) a média de maio (Tabela 5). Para PT não houve diferença entre as profundidades nas duas épocas de coleta, contudo, na camada de 0 a 10 cm, maior ( $p < 0,05$ ) teor dessa variável foi observado em maio (Tabela 5). A Ma foi mais elevada ( $p < 0,05$ ) na camada de 0 a 10 cm em relação a profundidade de 10 a 30 cm nas duas coletas, porém em maio verificou-se maior ( $p < 0,05$ ) teor dessa variável do que em outubro na camada de 0 a 10 cm (Tabela 5).

Tabela 2 – Médias de atributos químicos e físicos de um Planossolo obtidas em função dos diferentes usos de solo, Colorado do Oeste, RO, 2022

Uso do solo	Idade	COT	Areia	Silte	Argila	ADA	GF	DS	DP	PT	Ma	Mi
<i>Swietenia macrophylla</i>	21	9,96a	593,30a	290,96ab	115,74ab	85,82b	25,21a	1,38a	2,55a	0,46a	0,18a	0,28a
<i>Khaya senegalensis</i>	21	9,32a	561,20a	319,86a	118,94ab	93,49ab	20,56a	1,43a	2,54a	0,44a	0,15a	0,29a
<i>Khaya grandifoliola</i>	21	9,83a	562,36a	316,2ab	121,40ab	99,04ab	18,22a	1,39a	2,53a	0,45a	0,17a	0,28a
<i>Tectona grandis</i>	21	9,97a	573,44a	304,60a	121,96ab	95,14ab	20,87a	1,37a	2,55a	0,46a	0,18a	0,29a
<i>Toona ciliata</i>	21	9,50a	594,08a	302,46ab	103,45b	83,92b	18,75a	1,41a	2,56a	0,45a	0,16a	0,29a
Pastagem	58	9,73a	597,51a	269,31b	133,19a	108,92a	18,23a	1,46a	2,55a	0,43a	0,14a	0,29a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Médias de atributos químicos e físicos de um Planossolo obtidas em diferentes profundidades, Colorado do Oeste, RO, 2022

Profundidade (cm)	COT	Areia	Silte	Argila	ADA	GF	DP	Mi
			g kg <sup>-1</sup>			%	kg dm <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
0 a 10	13,42a	584,20a	298,23a	117,57a	88,50b	23,96a	2,52b	0,28b
10 a 30	6,01b	576,43a	302,91a	120,66a	100,28a	16,65b	2,57a	0,30a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Médias de atributos químicos e físicos de um Planossolo obtidas em diferentes épocas de coleta, Colorado do Oeste, RO, 2022

Época de coleta	COT	Areia	Silte	Argila	ADA	GF	DP	Mi
			g kg <sup>-1</sup>			%	kg dm <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
Maio	9,32b	577,45a	298,62a	123,93a	94,12a	23,55a	2,53a	0,28a
Outubro	10,12a	583,18a	302,53a	114,30b	94,66a	17,06b	2,56a	0,29a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Médias de densidade do solo (DS), porosidade total (PT) e macroporosidade (Ma) em função da interação entre profundidade do solo e época de coleta, Colorado do Oeste, RO, 2022

Profundidade do solo (cm)	Época de coleta	
	Maio	Outubro
DS (kg dm <sup>-3</sup> )		
0 a 10	1,30bB	1,39bA
10 a 30	1,45aA	1,48aA
PT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		
0 a 10	0,48aA	0,45aB
10 a 30	0,43aA	0,43aA
Ma (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		
0 a 10	0,21aA	0,17aB
10 a 30	0,14bA	0,13bA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 6 observa-se que as médias de DS não ultrapassaram a DSL (calculada para Ma igual a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e a DSM (calculada para Ma igual  $0,0 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) em nenhum dos tratamentos.

Tabela 6 – Médias de densidade do solo (DS), densidade do solo limite (DSL) e densidade do solo máxima (DSM) para os diferentes usos do solo, profundidades e épocas de coleta, Colorado do Oeste, RO, 2022

Uso do solo	DS	DSL	DSM	DS>DSL	DS>DSM
	-----kg dm <sup>-3</sup> .....				
<i>Swietenia macrophylla</i>	1,38	1,55	1,76	Falso	Falso
<i>Khaya senegalensis</i>	1,43	1,53	1,75	Falso	Falso
<i>Khaya grandifoliola</i>	1,39	1,53	1,75	Falso	Falso
<i>Tectona grandis</i>	1,37	1,54	1,75	Falso	Falso
<i>Toona ciliata</i>	1,41	1,55	1,76	Falso	Falso
Pastagem	1,46	1,55	1,76	Falso	Falso
Profundidade (cm)					
0 a 10	1,35	1,54	1,76	Falso	Falso
10 a 30	1,47	1,54	1,75	Falso	Falso
Época de coleta					
Maio	1,38	1,54	1,75	Falso	Falso
Outubro	1,44	1,54	1,76	Falso	Falso

DSL calculada para  $Ma = 0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ; DSM calculada para  $Ma = 0,0 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

## DISCUSSÃO

O principal efeito dos diferentes usos do solo foi observado sobre o teor de argila e de ADA. As menores médias dessas variáveis foram observadas no solo cultivado com espécies florestais (Tabela 2). A perda de argila nas primeiras camadas do solo pode ocorrer devido a processo de erosão seletiva, que acontece com maior frequência em solos descobertos. O período inicial de cultivo das espécies florestais pode resultar em pouca cobertura de solo (Stavi; Argaman, 2016).

É válido destacar que para o GF, a DS e a porosidade (PT, Ma e Mi) não houve alteração pelos diferentes usos do solo, mesmo havendo diferença nos teores de argila e de ADA. Esses resultados se devem à manutenção dos teores de COT (Tabela 2). O teor de C encontra-se em

sua grande maioria na forma de matéria orgânica. No entanto, o acréscimo de matéria orgânica é um procedimento lento que demanda práticas conservacionistas de longo prazo (Brito et al., 2018). Considerando o tempo de cultivo das árvores, não houve um aumento significativo nas variáveis de COT (Tabela 2).

De acordo com Lima et al. (2007), a porosidade do solo é considerada como ideal quando compõe  $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  do volume total do solo, no qual a  $M_i$  variaria entre  $0,25$  e  $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , e a  $M_a$  ficaria entre  $0,17$  e  $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Assim, observa-se que os valores de  $M_i$  dos diferentes usos do solo encontram-se na faixa relatada como ideal, porém as médias de  $M_a$  estão próximas ou abaixo dos valores considerados como adequados, comprometendo também os valores de PT. Entretanto, o valor de  $M_a$  de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  tem sido considerado por diversos autores como valor crítico para aeração do solo (Stolf et al., 2011; van Lier, 2020), logo, constatou-se que apesar da  $M_a$  e PT poderem ser melhoradas, o processo de aeração do solo não se vê comprometido.

Na Tabela 6 encontram-se os índices calculados de DS no limite de  $M_a$  de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (DSL) e de  $0,0 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (DSM). Assim, verificou-se que os tratamentos em que a DS está mais próxima da DSL são a pastagem e o cultivo de *Toona ciliata*. Como esses sistemas de uso do solo não envolvem revolvimento, práticas de manejo que incrementem a matéria orgânica do solo e a fertilidade devem ser adotadas, pois o efeito de agregação da matéria orgânica e a atividade biológica podem reduzir a DS e elevar a porosidade do solo (Bettioli et al., 2023; Ojo et al., 2020). Na área de pastagem, a taxa de lotação de animais e a altura de corte da forragem também são fatores importantes a serem controlados, pois essas práticas quando realizadas de forma inadequadas contribuem para a redução da qualidade estrutural do solo (Silva et al., 2014)

A DP variou de  $2,52$  a  $2,57 \text{ kg dm}^{-3}$ , dentro dos limites de  $2,3$  e  $2,9 \text{ kg dm}^{-3}$ , descritos por van Lier (2020). Este é um resultado coerente, uma vez que, o experimento foi instalado em um mesmo tipo de solo, e que a DP é afetada, principalmente, pela composição mineral do solo (van Lier, 2020). A matéria orgânica do solo possui menor densidade de partículas, entre  $1,2$  e  $1,5 \text{ kg dm}^{-3}$ , sendo sua média estimada normalmente em  $1,4 \text{ kg dm}^{-3}$  (van Lier, 2020). Portanto, o maior teor de COT na camada de  $0$  a  $10 \text{ cm}$  resultou em menor DP (Tabela 3).

O menor teor de COT na camada de  $10$  a  $30 \text{ cm}$  (Tabela 3) foi acompanhado de maior DS (Tabela 5), esse resultado é explicado pela menor DP da matéria orgânica do solo (van Lier, 2020). Porém, o aumento da DS não reduziu a PT, mas afetou a distribuição do tamanho de poros (Tabelas 3 e 5). Desse modo, observou-se que apesar da camada superficial do solo ( $0$  a  $10 \text{ cm}$ ) apresentar maior  $M_a$  que a camada subsuperficial ( $10$  a  $30 \text{ cm}$ ), em ambas as profundidades o processo de aeração do solo não está comprometido, pois as médias de  $M_a$  são

superiores a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (Tabela 5) e, conseqüentemente, a DS é menor que DSL (Tabela 7).

## CONSIDERAÇÕES

Todos os usos do Planossolo estudado (diferentes espécies florestais e pastagem) apresentam boa qualidade física nas camadas de 0 a 10 e 10 a 30 cm, nas duas épocas analisadas (final do período chuvoso e final do período seco), porém deve-se incrementar práticas conservacionistas, principalmente, no cultivo de pastagem e de *Toona ciliata* (cedro), a fim de aumentar a macroporosidade.

Alguns métodos eficazes a conservação do solo sobpastagem são: adubação e calagem, que são práticas que corrigem a acidez do solo e repõem elementos essenciais; e o controle de lotação animal para ajustar o número de animais por área a fim de evitar o sobrecarregamento do solo e esgotamento da vegetação

Na área florestal, como medida conservacionista, pode ser realizada a manutenção de resíduos florestais no solo, como as folhas, galhos e cascas, atuando como camada protetora, evitando erosão e evaporação de água e incorporando matéria orgânica. Outro método indicado é o uso de plantas de cobertura e adubação verde, com culturas que aumentem a matéria orgânica e a fertilidade do solo e melhorem a estrutura do solo, protegendo-o contra os processos erosivos. Como exemplo, tem-se a crotalaria, feijão de porco, feijão guandu, amendoim forrageiro etc.

Ademais, o monitoramento das propriedades físicas do solo deve ser realizado ao longo de mais anos de cultivo a fim de verificar se há efeito sazonal nos teores de argila do solo, ou se está ocorrendo um processo seletivo de erosão linear dessa fração granulométrica.

## REFERÊNCIAS

BERNARDI, A. **Por que o solo é tão importante quanto a água e o ar?** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57867457/artigo-por-que-o-solo-e-tao-importante-quanto-a-agua-e-o-ar>>. Acesso em: 28 maio 2024.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, 180214, p.12, 2018.

BETTIOL, W. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 788 p.

BRITO, M. R.; SIQUEIRA, F. L. T.; DE SOUZA, I. J. A.; de SOUZA, R. N. Estoque de carbono no solo sob diferentes condições de Cerrado. **Revista Desafios**, v. 5, n. Especial,

p. 114-124, 2018.

**Climatempo**. Disponível em:

<<https://www.climatempo.com.br/climatologia/337/coloradodoeste>>. Acesso em: 16 dez. 2024.

FREITAS, D. A.; FREITAS, I. C. de; FRAZÃO, L. A.; ARAÚJO, N. C. A.; SILVA, L. R. D.; SANTOS, M. V. Atributos físicos do solo sob diferentes usos da terra do Cerrado de Minas Gerais. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3867-3882, 2020.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1233-1244, 2007.

LUMBRERAS, J. F.; SILVA, L. M. da; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; WADT, P. G. S.; PEREIRA, M. G.; DELARMELINDA-HONORÉ, E. A.; BURITY, K. T. L. **Guia de campo da XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Rondônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F.; JADOSKI, S. O.; WATZLAWICK, L. F. Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e20160282, 2017.

MATOSO, S. C. G.; SILVA, A. N.; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; COLETA, Q. P.; MAIA, E. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 42, p. 231- 240, 2012.

NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Org.). **Recurso solo: propriedades e usos** São Carlos, SP: Editora Cubo, 2015. 832 p.

OJO, A. O.; ALIKU, O.; ALADELE, S. E.; OSHUNSANYA, S. O.; OLUBIYI, M. R.; OLOSUNDE, A. A.; AYANTAYO-OJO, V. I.; ALOWONLE, A. A. Impacts of land-use types on soil physical quality: A case study of the National Centre for Genetic Resources and Biotechnology (NACGRAB), Nigeria. **Environmental Challenges**, n. 7, 100510, 2022.

SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 7. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 102 p.

SILVA, A. S.; SILVA, I. de F. da; BANDEIRA, L. B.; DIAS, B. de O.; SILVA NETO, L. de F. da. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 10, p. 1783-1789, 2014.

SILVA, L. de C. M. da. **Qualidade física do solo, armazenamento de água e erosão hídrica em sistemas de produção de grãos na região central de Minas Gerais**. 2020. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2020.

STAVI, I.; ARGAMAN, E. Soil quality and aggregation in runoff water harvesting forestry systems in the semi-arid Israeli Negev. **Catena**, v. 146, p. 88-93, 2016.

STOLF, R.; THURLER, A. DE M.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT, K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 447-459, 2011.

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

van LIER, Q. de J. **Física do solo baseada em processos**. Piracicaba, SP: Edição do autor, 2020. 413 p.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.