

**IMPACTOS NA QUALIDADE FÍSICA DE SOLOS ARENOSOS: AVALIAÇÃO  
COMPARATIVA EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO**

**IMPACTOS EN LA CALIDAD FÍSICA DE SUELOS ARENOSOS: EVALUACIÓN  
COMPARATIVA EN DIFERENTES SISTEMAS DE USO Y MANEJO**

**IMPACTS ON THE PHYSICAL QUALITY OF SANDY SOILS: COMPARATIVE  
EVALUATION IN DIFFERENT SYSTEMS OF USE AND MANAGEMENT**

Apresentação: Comunicação Oral

Gabrielle do Carmo Vitalino<sup>1</sup>; Ana Beatriz Gonçalves Rodrigues<sup>2</sup>; Hian Arantes Izzo<sup>2</sup>; Maria Clara Peixoto Lopes<sup>2</sup>;  
Wagner Henrique Moreira<sup>3</sup>

DOI: [DOI :https://doi.org/10.31692/VCIAGRO.0120](https://doi.org/10.31692/VCIAGRO.0120)

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi estudar os impactos causados pelos sistemas de uso e manejo do solo na qualidade física de um solo arenoso. Foi realizada avaliação de atributos de qualidade física do solo arenoso nos sistemas de uso e manejo: mata nativa (MN); sistema de plantio convencional (SPC), com revolvimento anual; sistema de semeadura direta (SSD); e, sistema agroflorestal (SAF). Foram avaliadas: a resistência do solo à penetração (RP), a densidade do solo (Ds), o teor de água do solo ( $\theta$ ), a textura do solo, a qualidade estrutural do solo através do diagnóstico rápido da estrutura do solo (DRES) e a qualidade do solo através do guia prático de avaliação participativa da qualidade do solo (APQS). O presente trabalho teve como princípios básicos as metodologias apresentadas por Grossman e Reinsch (2002) e Santos et al. (2018), utilizando as técnicas de avaliação, bem como os modelos matemáticos para a obtenção de indicadores. As avaliações sugerem que a MN se destaca nos atributos Ds, PT,  $\theta$ , Ea e RP, apresentando melhores valores, enquanto o SAF promove melhorias entre 0,05 – 0,20 m, porém a partir de 0,21 – 0,60 m, o SAF apresenta resultados inferiores a SSD. O SPC, apresentou dados iguais ao SAF na superfície para vários atributos, e iguais a SSD em subsuperfície, não se destacando positivamente em relação a SAF e SSD simultaneamente. Na camada de 0-0,1 m, não ocorreram diferenças para as variáveis Ds, Ea, PT e  $\theta$ . Para 0,1-0,2 m, a Ds foi menor na MN em relação a SSD e SPC, SAF teve menor  $\theta$  que SPC, MN teve maior PT que SSD e SPC, MN teve maior Ea que SPC e os outros resultados foram intermediários e sem diferença estatística. No geral, os atributos indicaram melhores resultados de MN em relação a SPC e SSD, mas sem diferenças significativas para SAF. Os valores indicaram melhor qualidade física no SAF em relação ao SPC, enquanto SSD foi similar a ambos. Tais resultados indicam que pode ocorrer melhoria nos atributos físicos do solo em função da utilização de técnicas conservacionistas, porém, há necessidade de utilização de formas de manejo que busquem a conservação a longo prazo para que seja possível verificar alterações no solo em curto prazo. A MN apresentou resultados melhores que os outros sistemas de uso e manejo estudados, continuando a ser a referência.

**Palavras-Chave:** Qualidade física do solo, sistemas de manejo, solo arenoso.

**RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue estudiar los impactos de los sistemas de uso y manejo del suelo en la calidad física de un suelo arenoso. Se evaluaron los atributos de calidad física del suelo en cuatro sistemas: bosque nativo (BN); sistema de labranza convencional (SLC), con laboreo anual; sistema de siembra directa (SSD); y sistema agroforestal (SAF). Los atributos evaluados fueron: resistencia del suelo a la penetración (RP), densidad del suelo (Ds), contenido de agua del suelo ( $\theta$ ), textura del suelo, calidad estructural del suelo

<sup>1</sup> Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, [gabrielle.vitalino@estudante.ifms.edu.br](mailto:gabrielle.vitalino@estudante.ifms.edu.br)

<sup>2</sup> Técnico Integrado em Agropecuária, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, [ana.rodrigues16@estudante.ifms.edu.br](mailto:ana.rodrigues16@estudante.ifms.edu.br); [hian.izzo@estudante.ifms.edu.br](mailto:hian.izzo@estudante.ifms.edu.br); [maria.lopes14@estudante.ifms.edu.br](mailto:maria.lopes14@estudante.ifms.edu.br)

<sup>3</sup> Doutor, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, [wagner.moreira@ifms.edu.br](mailto:wagner.moreira@ifms.edu.br)

mediante el diagnóstico rápido de la estructura del suelo (DRES) y calidad del suelo según la guía práctica de evaluación participativa de la calidad del suelo (APQS). Este trabajo se basó en las metodologías de Grossman y Reinsch (2002) y Santos et al. (2018), utilizando técnicas de evaluación y modelos matemáticos para obtener indicadores. Las evaluaciones sugieren que el BN se destaca en los atributos Ds, PT,  $\theta$ , Ea y RP, mostrando mejores valores. El SAF mejora entre 0,05 y 0,20 m, pero de 0,21 a 0,60 m, sus resultados son inferiores al SSD. El SLC presentó datos similares al SAF en la superficie y al SSD en la subsuperficie, sin destacarse positivamente en comparación con SAF y SSD simultáneamente. En la capa de 0-0,1 m, no hubo diferencias para Ds, Ea, PT y  $\theta$ . Para 0,1-0,2 m, la Ds fue menor en el BN en comparación con el SSD y SLC; el SAF tuvo menor  $\theta$  que el SLC; el BN tuvo mayor PT que el SSD y SLC; y el BN tuvo mayor Ea que el SLC. Los otros resultados fueron intermedios y sin diferencias significativas. En general, los atributos indicaron mejores resultados en el BN en comparación con el SLC y SSD, pero sin diferencias significativas con el SAF. Los valores indicaron mejor calidad física en el SAF respecto al SLC, mientras que el SSD fue similar a ambos. Estos resultados indican que las técnicas conservacionistas pueden mejorar los atributos físicos del suelo, pero es necesario un manejo que busque la conservación a largo plazo para verificar cambios en el corto plazo. El BN presentó mejores resultados que los otros sistemas estudiados, manteniéndose como referencia.

**Palabras Clave:** Calidad física del suelo, sistemas de manejo, suelo arenoso.

## ABSTRACT

The objective of this study was to assess the impacts caused by soil use and management systems on the physical quality of sandy soil. Physical quality attributes of sandy soil were evaluated in the following management systems: native forest (NF); conventional tillage system (CTS) with annual plowing; no-till system (NTS); and agroforestry system (AFS). The evaluated parameters included soil penetration resistance (RP), soil bulk density (Ds), soil water content ( $\theta$ ), soil texture, soil structural quality assessed by rapid soil structure diagnosis (DRES), and soil quality assessed by participatory evaluation guide (APQS). This study followed the methodologies proposed by Grossman and Reinsch (2002) and Santos et al. (2018), employing evaluation techniques and mathematical models to derive indicators. Evaluations indicated that NF excelled in Ds, PT,  $\theta$ , Ea, and RP attributes, showing superior values, whereas AFS showed improvements between 0.05 – 0.20 m depth, but from 0.21 – 0.60 m, AFS performed worse than NTS. CTS exhibited similar surface data to AFS for several attributes, and similar subsurface data to NTS, without excelling positively compared to both AFS and NTS simultaneously. In the 0-0.1 m layer, no differences were observed for Ds, Ea, PT, and  $\theta$  variables. For 0.1-0.2 m depth, Ds was lower in NF compared to NTS and CTS, AFS had lower  $\theta$  than CTS, NF had higher PT than NTS and CTS, NF had higher Ea than CTS, and other results were intermediate without statistical significance. Overall, attributes indicated superior results for NF compared to CTS and NTS, but no significant differences for AFS. Values suggested better physical soil quality in AFS compared to CTS, while NTS was similar to both. These findings suggest that conservation techniques can enhance soil physical attributes, emphasizing the need for long-term conservation-focused management to detect short-term soil alterations. NF consistently showed better results than other studied management systems, serving as the benchmark.

**Keywords:** Soil physical quality, management systems, sandy soil.

## INTRODUÇÃO

O solo pode ser entendido como uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas (materiais minerais e orgânicos), líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, ocupando a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza em que ocorrem e podem ser modificados (Cordeiro et al., 2020). A textura do solo se refere a classificação da proporção de partículas de materiais minerais com tamanhos diferentes (argila, silte e areia) de um determinado solo, sendo considerada como “arenosa” quando o material compreende as classes texturais denominadas “areia” e “areia franca”, ou seja, apresentam mais de 70% de areia (partículas entre 2,0 mm a 0,05 mm) e menos que 15% de argila (partículas < 0,002 mm) (Cordeiro et al., 2020).

A principal classe de solo arenoso no Brasil é o Neossolo Quartzarênico, que ocupa 11% da área do País e 15% da área do bioma Cerrado (Cordeiro et al., 2020). A utilização agrícola de Neossolos Quartzarênicos têm trazido prejuízos, pois apesar de sua elevada profundidade e permeabilidade, a textura arenosa ao longo do perfil pode representar uma limitação por conferir baixa coesão entre as partículas, tornando-os suscetíveis à erosão (Bernini, 2016). Além disso, os Neossolos são dependentes da quantidade de matéria orgânica do solo (MOS), em que, geralmente, a MOS é responsável por 75 a 85% da capacidade de troca de cátions (CTC) (Oliveira et al., 2017).

Em solos arenosos, a baixa disponibilidade de água restringe o desenvolvimento de culturas anuais, além disso, é comum que estes solos estejam em regiões quentes, com alta evapotranspiração, ou seja, o solo pode reter pouca água e o “consumo” ser alto (Franchini et al., 2016). O mesmo é observado em relação ao carbono orgânico, uma vez que há necessidade de acumular MOS para aumentar a CTC e a retenção de água, porém devido à alta temperatura, a mineralização do material orgânico é acelerada (Franchini et al., 2016).

Assim, a utilização de solos arenosos para produção agrícola pode ser realizada, porém são necessários cuidados com a conservação do solo, além de novos arranjos e combinações de espécies (Centeno et al., 2017). Para melhorar o potencial produtivo em curto prazo, o manejo em solos arenosos deve reduzir a erosão do solo, aumentar a biodiversidade contribuindo para diminuir a incidência de pragas e doenças e preservar e/ou elevar os teores de MOS (Oliveira et al., 2017). Desta forma, o uso integrado de tecnologias pode resultar em um modelo tecnológico apropriado para cultivo em solos arenosos, favorecendo a expansão da agricultura (Franchini et al., 2016).

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Entende-se por manejo do solo o conjunto de operações realizadas sobre o solo, visando à produção de plantas, sendo a conservação dos solos dependente do manejo apropriado, envolvendo prevenção de perdas de solo e o uso do solo de forma a ser produtivo por tempo indeterminado (Cordeiro et al., 2020). Assim, a adoção de práticas conservacionistas é fundamental para a produção agrícola em solos arenosos.

Um modelo conhecido, e praticado quase que unanimemente há alguns anos, é o sistema de plantio convencional (SPC), que consiste no uso de implementos agrícolas de forma grosseira, através de arados ou grades pesadas, com o fim de modificar a estrutura física do solo, bem como a incorporação de corretivos, fertilizantes, restos vegetais e plantas daninhas. Tratando-se da incorporação de insumos ou vegetação, este método, em geral, apresenta-se eficiente, pois permite melhor mistura dos componentes ao solo. No entanto, a adoção do plantio convencional pode favorecer a compactação subsuperficial, a ruptura dos agregados do solo e, conseqüentemente, diminuir a percentagem de macroagregados, aumentar a dos microagregados, e acelerar a decomposição da matéria orgânica (Frazão et al., 2008).

O sistema agroflorestal (SAF) é uma forma de uso e ocupação conservacionista da terra que combina diferentes espécies de plantas em uma mesma área, em que plantas lenhosas perenes (árvores, arbustos, palmeiras) são manejadas em associação com culturas agrícolas (grãos, frutas e hortaliças), forrageiras e/ou em integração com animais, em um arranjo espacial e temporal (Guimarães e Mendonça, 2019).

Os princípios do SAF se baseiam na sucessão natural, na combinação de espécies com diferentes ciclos de vida e estratos, na ciclagem de nutrientes, na conservação da água e do solo, no aumento da biodiversidade (Trindade, 2022) e busca simular os processos que acontecem na natureza, otimizando os recursos produzidos (Rebello, 2018). Nesse contexto, a maior diversidade de espécies pode contribuir para melhoria dos atributos físicos do solo (Nicodemo et al., 2018).

Outro sistema de grande importância no Cerrado é o sistema semeadura direta (SSD). O SSD é uma alternativa para minimizar os impactos causados ao solo pelas diferentes formas de uso e manejo do solo (Seben Junior, 2013). Conforme Silva (2023), o SSD pode reduzir a erosão hídrica do solo, aumentar a MOS e atividade biológica do solo e após alguns anos cultivando em SSD pode ocorrer incremento na estabilidade de agregados.

O SSD é fundamentado na ausência de revolvimento do solo, cobertura permanente e rotação de culturas (Sbaraini et al., 2022). A rotação de culturas é a alternância ordenada de diferentes culturas, em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área (Debiasi et al., 2020). A maior dificuldade para

adoção da rotação de culturas em SSD, além da conscientização dos agricultores, é o impasse entre a busca pela viabilidade econômica, que é o princípio norteador dos agricultores, e a adoção de práticas conservacionistas para a manutenção de uma produção agrícola sustentável (Fortini et al., 2020). Outro fator determinante na instalação e manutenção do SSD é a implantação da cultura principal sobre os resíduos culturais de uma cultura de cobertura, sendo que na região de Cerrado a escolha da espécie é importante, pois há limitação para o acúmulo e manutenção de cobertura em função das condições climáticas (Ensinas et al., 2016).

Nesse contexto, as práticas de manejo conservacionistas podem minimizar o processo de degradação dos solos, porém as pesquisas relacionadas ao tema em solos arenosos são recentes e, ainda, pouco conclusivas, justificando a realização de novos estudos (Sales et al., 2010). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade física do solo nos sistemas de uso e manejo SAF, SSD e SPC e comparar estes com a mata nativa (MN), estudando ainda se os sistemas conservacionistas proporcionam melhorias em solos arenosos.

Ademais, há diversas ferramentas que podem ser utilizadas para analisar a estrutura do solo e compreender sua aptidão agrícola. Por conseguinte, é essencial entender alguns conceitos básicos relacionados aos indicadores que podem ser empregados na avaliação da qualidade do solo:

1. Densidade do solo (Ds): A Ds, que retrata a relação entre massa e volume do solo, é um importante atributo físico, pois fornece indicações sobre o estado de conservação do solo, infiltração e retenção de água, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade a processos erosivos (Lima et al., 2018). É uma das propriedades físicas mais utilizadas em estudos sobre os impactos dos sistemas de cultivo (Spera et al., 2010). No entanto, o estabelecimento de um valor de Ds como referência nos estudos que avaliam a qualidade física dos solos é complicado devido à grande variabilidade em função da classe textural e do teor de matéria orgânica (Dias Júnior e Miranda, 2000).

2. Resistência do solo à penetração (RP): A RP mede a força necessária para um dispositivo penetrar no solo (Lowery e Morrison, 2002). É utilizada como indicador de compactação do solo, relacionando-se a importantes atributos do solo e das plantas (Lima et al., 2018). A RP é uma medida rápida e fácil de determinar, permitindo grande número de repetições na obtenção dos dados. Em solos fisicamente degradados, a RP frequentemente restringe o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas (Freddi et al., 2015).

3. Teor de água do solo ( $\theta$ ): O  $\theta$  influencia atributos físicos do solo como a RP, onde pequenas variações determinam grandes mudanças nos valores de RP (Lima et al., 2018). A retenção de água em altos valores de  $\theta$  depende da Ds e porosidade, enquanto para baixos valores, a textura e a superfície

específica têm grande influência (Hillel, 1970).

4. Permeabilidade do solo ao ar (Ka): A Ka expressa a capacidade do sistema poroso de conduzir gases no solo (Dörner e Horn, 2006). É utilizada para caracterizar os efeitos dos sistemas de manejo na estrutura do solo, que podem não ser capturados pela observação da Ds e/ou porosidade total. A Ka é dependente da fração do espaço poroso preenchido com ar, principalmente os macroporos, sendo sensível a modificações na distribuição dos poros do solo (Betioli Juniot et al., 2014). Solos com valores de  $Ka \leq 1 \mu m^2$  podem ser considerados impermeáveis (McQueen & Shepherd, 2002).

5. Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES): A estrutura do solo reflete os principais impactos da antropização, afetando a construção ou degradação dos agregados e interferindo na atividade biológica e na fertilidade do solo (Ralisch et al., 2017). Métodos de avaliação visual, como o DRES, permitem obter informações relevantes para o monitoramento dos sistemas de produção, avaliando a qualidade estrutural do solo de forma simples, rápida e de fácil entendimento (Ralisch et al., 2017). Estudos indicam que as avaliações visuais da estrutura do solo, como o DRES, são eficientes na avaliação da qualidade do solo e proporcionam uma boa ferramenta para produtores (Tomazi et al., 2019).

6. Guia Prático de Avaliação Participativa da Qualidade do Solo (APQS): A APQS envolve a escolha de indicadores com base no conhecimento dos participantes, adaptados à realidade local. Recomenda-se atribuir notas em uma escala de 1 a 10, usando cenários de referência como uma mata nativa (Comin et al., 2016). Em microbacias com modelos de produção pouco diversificados, o GPAPQS foi eficiente, mas é necessário cuidado com os valores considerados limitantes, o interesse e o treinamento dos produtores. O GPAPQS apresentou boa correlação com o DRES (Debiasi, 2019).

## **METODOLOGIA**

Esta abordagem de pesquisa é de natureza qualitativa e experimental, pois busca investigar e avaliar o manejo de solo mais eficiente com base nos resultados obtidos. A área em que as análises foram realizadas está localizada no município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, precisamente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) - Campus Nova Andradina. Rodovia MS 473, KM 23 - Fazenda Santa Bárbara, S/N., apresentando relevo plano a suave ondulado e declividade média de 3%. A região apresenta médias anuais de temperatura e precipitação pluvial entre 20-22 °C e 1500-1700 mm, respectivamente (Souza, 2010). O solo foi identificado como Neossolo Quartzarênico conforme Santos et al. (2018) e de textura arenosa. Foram realizadas avaliações em áreas contíguas com os seguintes sistemas de uso e manejo do solo:

1. MN (mata nativa), mantida há mais de 20 anos sem cultivo ou qualquer outro tipo de atividade antrópica, com ocorrência de contato Savana/Floresta Estacional (Costacurta, 2010). São mais de 100 ha de MN no IFMS-NA, sendo escolhida a área mais próxima dos outros sistemas de uso e manejo, localizada a aproximadamente 50 (mínimo) a 80 (máximo) m dos outros sistemas de uso e manejo do solo.

2. SAF (sistema agroflorestal), em área de 540 m<sup>2</sup> (18x30 m), com foco em frutíferas e nativas do Cerrado, implantado em dezembro de 2021, em uma área anteriormente ocupada por pastagem. Para a implantação da agrofloresta, foi realizada análise de solo (0-0,2 e 0,2-0,4 m), seguida de calagem, gessagem, aração, gradagem e adubação em superfície com fósforo. A partir disso, a área recebe adubações orgânicas e os restos vegetais, oriundos da colheita de espécies de ciclo curto ou da poda das plantas têm sido deixados sobre a superfície do solo. O sistema agroflorestal foi desenhado com foco em frutíferas, sendo que cada canteiro foi composto por uma espécie principal, com espaçamento de 5 m, sendo elas: limão Tahiti (*Citrus latifolia*), manga Palmer (*Mangifera indica*), goiaba Paluma (*Psidium guajava*). Também compõem o sistema agroflorestal outras espécies nativas e exóticas com várias finalidades, por exemplo, até este momento: eucalipto (*Eucalyptus grandis*), banana (*Musa acuminata*), mamão (*Carica papaya L.*), moringa (*Moringa oleifera Lam.*), ingá (*Inga edulis*), milho (*Zea mays L.*), guandu (*Cajanus cajan L.*), crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*).

3. SSD (sistema de semeadura direta), em área de 720 m<sup>2</sup> (24x30 m) cultivada desde 2016, composto por um esquema de rotação de culturas, conforme Tabela 1. A condução da soja (*Glycine max (L.)*) seguiram os padrões já utilizados por agricultores da região, os sistemas consorciados com milho, braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e guandu foram executados respeitando as recomendações de Ceccon (2013), Oliveira et al. (2010), por fim, as plantas de cobertura em rotação (cultivo solteiro e/ou consorciado), seguiram as recomendações de Lima Filho et al. (2014).

4. SPC (sistema de plantio convencional), em área de 450 m<sup>2</sup> (15x30 m) cultivada desde 2010, utilizando a grade aradora e grade niveladora para o preparo do solo, com as últimas culturas implantadas representadas na Tabela 1. A condução das espécies em sistema seguiu os padrões já utilizados por agricultores da região, enquanto as plantas de cobertura seguiram as recomendações de Lima Filho et al. (2014).

Em 2016, 2019, 2021 e 2023 foram realizadas análises de solo em cada área agrícola e realizada aplicação de calcário e fertilizantes conforme necessidade, seguindo Sousa e Lobato (2004).

O manejo da área de SSD e SPC foi realizado de acordo com a Tabela 1. Em outubro de 2023, foi iniciada a preparação para o cultivo e avaliação da cultura da crotalária como cobertura. Primeiramente, foi realizada a roçagem da área pois havia grande população de plantas indesejadas e uma semana depois, foi realizada aplicação sequencial de herbicidas, com intervalo de uma semana entre aplicações, utilizando 2,4-D e glifosato.

Em novembro, foi realizada a semeadura a lanço da crotalária com dose de 10 kg/ha<sup>-1</sup>, que foi incorporada até a profundidade de 3 a 5 cm com grade niveladora para proporcionar melhor contato solo-semente, e melhorar a chance de germinação. A partir da semeadura, foi iniciado o monitoramento periódico da área em cultivo.

**Quadro 1.** Sequência de culturas cultivadas nas últimas safras na área experimental em preparo convencional (PC), sistema semeadura direta com sete anos (SSD)

TRATAMENTO	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023	
	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V	E	
SPC	-----								S	G	M	Mi	Gi	AV	Gi	So
SSD	C1	S	C1	S	C1	S	C1	S	C1	C2	B	S	C3	Gi	So	

E – entressafra (cultura implantada entre fevereiro a abril); V – verão/safra (cultura implantada entre outubro a dezembro); G – guandu (*Cajanus cajan* L.); B – braquiária (*Urochloa ruziziensis*); Mi – Milheto (*Pennisetum americanum* sin. *tiphyodes*); M – milho (*Zea mays* L.); S – soja (*Glycine max* (L.)); Gi – Girassol (*Helianthus annuus*); So: Sorgo (*Sorghum bicolor* L.); AV – aveia preta (*Avena strigosa* Schreb); C1- consórcio milho com braquiária e guandu; C2 - consórcio lablab (*Lablab purpureus* (Linnaeus)) com guandu e braquiária; C3- braquiária com guandu e crotalária (*Crotalaria juncea*);

**Fonte:** Própria (2024).

A área de MN não recebe nenhum tipo de manejo. Já a área de SAF, com foco em frutíferas e nativas do Cerrado, foi implantada em dezembro de 2021, em uma área anteriormente ocupada por árvores improdutivas de acerola e domínio de pastagem. Para a implantação da agrofloresta, a vegetação da área foi suprimida e amostras de solo na camada de 0-0,2 m e 0,2-0,4 m foram coletadas e submetidas à análise química para correção do solo antes da instalação do experimento. O preparo da área consistiu numa gradagem seguida da incorporação de calcário na dose de 90 g/m<sup>2</sup> (900 kg/ha<sup>-1</sup>) e gessagem 80 g/m<sup>2</sup> (800 kg/ha<sup>-1</sup>), seguida da aplicação a lanço e incorporação de termofosfato Yoorin Master® na dosagem de 100 g/m<sup>2</sup> (1000 kg/ha<sup>-1</sup>). No momento do plantio, foi feita adubação orgânica utilizando esterco ovino (10 kg/m<sup>2</sup>), e adubação fosfatada e potássica, na cova, utilizando os pós de rocha Yoorin Master® (200 g por cova) e Ekosil® (150 g por cova).

A área recebe adubações únicas e exclusivamente orgânicas e todos os restos vegetais, oriundos da colheita de espécies de ciclo curto ou da poda das plantas, têm sido deixados sobre a superfície do solo, sofrendo o processo normal de decomposição. As entrelinhas permanecem com cobertura verde

composta por braquiárias, que são roçadas mecanicamente, quando necessário, de modo que não há a prática de capina com enxada, nem a aplicação de herbicidas. A cobertura dos canteiros foi feita com material vegetal resultante de roçadas e restos de folhas, e é mantida permanentemente, retroalimentada pelo material vegetal das podas do sistema.

Dentro de uma área de 540 m<sup>2</sup> (18x30 m) foram feitas sete linhas de plantio paralelas, com espaçamento de 3 m de uma para outra, com espaçamento de 1 m entre plantas na linha. O sistema agroflorestal foi desenhado com foco em frutíferas, sendo que cada canteiro foi composto por uma espécie principal, com espaçamento de 5 m, sendo elas: limão Tahiti (*Citrus latifolia*), manga Palmer (*Mangifera indica*), goiaba Paluma (*Psidium guajava*). Entre cada um dos canteiros das frutíferas citadas, foi implantada uma linha com foco em cacau (*Theobroma cacao*), devido ao sombreamento desejado pela cultura. Atualmente, o manejo consiste no monitoramento das culturas de interesse, roçagem, adubação e transporte do material vegetal das entrelinhas para linhas.

A primeira coleta foi realizada entre em outubro, logo após a finalização do ciclo da cultura do Sorgo, implantada em março/abril (experimento anterior) e a segunda coleta em março de 2024. As avaliações consistiram na coleta de solo em cilindros (amostra indeformada) para avaliação de Ds e  $\theta$ . O cilindro foi coletado com amostrador de impacto, tipo Uhland. As amostras coletadas foram colocadas em recipiente, para não perder solo, então aferidas quanto a massa e colocadas em estufa à 105 °C por 24 horas.

Após secagem em estufa, as amostras foram pesadas novamente para obtenção da massa seca de solo e massa de água. Em cada sistema de uso e manejo do solo foram coletadas oito amostras, aleatoriamente, nas profundidades de 0-0,1 e 0,1-0,2 m. A partir da massa do solo seco e do volume de cada cilindro, a Ds (kg/m<sup>3</sup>) foi calculada por meio da equação 1, conforme Grossman e Reinsch (2002).

$$Ds = Ms/Vt \dots\dots\dots(1)$$

Em que: Ms é a massa de sólidos (kg) e Vt é o volume total da amostra (m<sup>3</sup>).

Com a massa úmida ( $\mu$ ) ou massa de solo no momento da coleta e massa seca (ms) ou massa de solo após secagem na estufa foi possível obter a quantidade de água que a amostra continha pela seguinte fórmula:

$$U = (\mu - ms) / ms \dots\dots\dots(2)$$

Em que: U = teor de água no solo (kg/kg<sup>-1</sup>);  $\mu$  = massa de solo úmido (kg); ms = massa de solo seco (kg).

O conteúdo de água no solo ( $\theta$ , m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) foi determinado por meio da equação 3:

$$\theta = U \times Ds \dots\dots\dots(3)$$

Sendo U o teor de água em base de massa (kg/kg<sup>-1</sup>) e Ds, a densidade do solo (kg/m<sup>3</sup>).

A porosidade total do solo foi calculada ( $PT, m^3/m^3$ ) por meio da equação 4:

$$PT = 1 - (D_s/D_p) \dots\dots\dots(4)$$

Em que:  $D_p$  foi utilizado o valor de  $2.650 (kg/m^3)$ .

A porosidade de aeração ( $E_a, m^3/m^3$ ) foi determinada por meio da equação 5:

$$E_a = PT - \theta \dots\dots\dots(5)$$

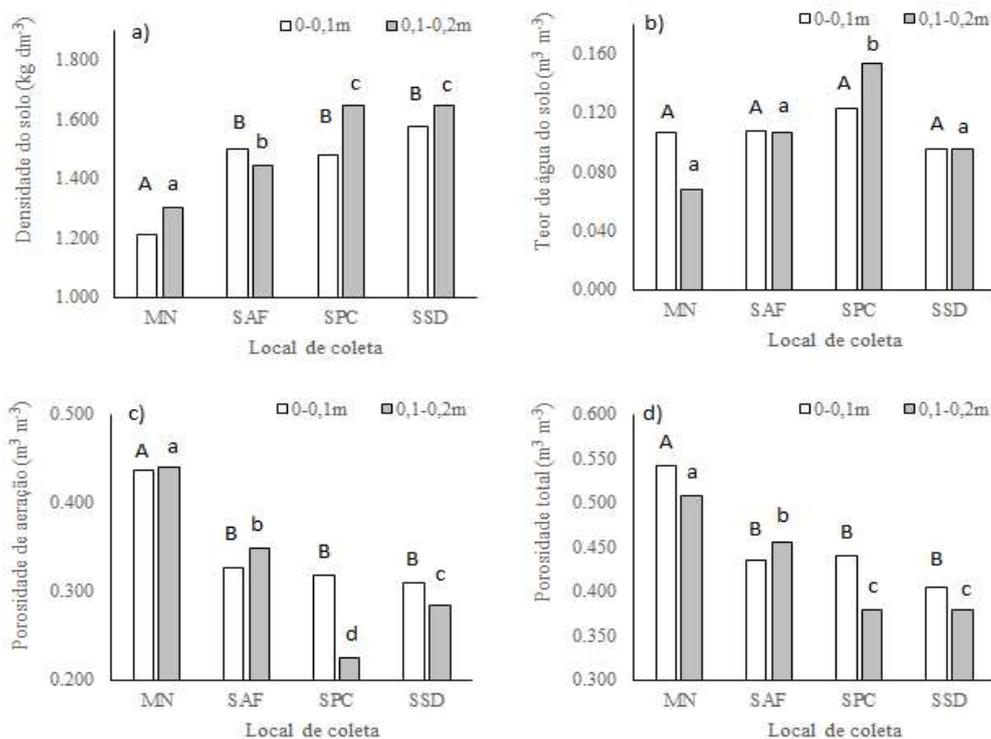
Além das análises com cilindros, foi realizada avaliação da RP no campo, para isso o solo foi inicialmente preparado com a retirada do excesso de palha. As medidas RP foram realizadas com um penetrômetro eletrônico modelo penetroLOG-Falker-PLG1020. Após isso, foi utilizado o penetrômetro para avaliação da RP com coleta de dados a cada centímetro. Os dados foram armazenados e descarregados num computador via conexão VGA. Em cada sistema de uso e manejo do solo foram feitas 8 medidas de RP, aleatoriamente.

Com a finalização da coleta e processamento das amostras, foi iniciada a tabulação dos resultados. Com as planilhas prontas, foi realizada análise da estatística dos dados com a utilização do software SAS Institute (Der and Everitt, 2015). Inicialmente, foi realizado o cálculo da estatística descritiva para resumir e compreender os dados (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria, curtose). Então, cada variável foi avaliada individualmente com teste de média de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados de avaliação de  $D_s$ ,  $PT$ ,  $\theta$  e  $E_a$  são representados na Figura 1. A MN apresentou menor  $D_s$  nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m comparando a SAF, SPC e SSD. Na superfície, não houve diferença entre SAF, SPC e SSD, porém na camada de 0,1-0,2 m, o SAF foi menor que SSD e SPC.

**Figura 1.** Densidade do solo (a), teor de água do solo (b), porosidade de aeração (c) e porosidade total (d) nos sistemas de uso e manejo de mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), sistema convencional (SPC) e sistema de semeadura direta (SSD).

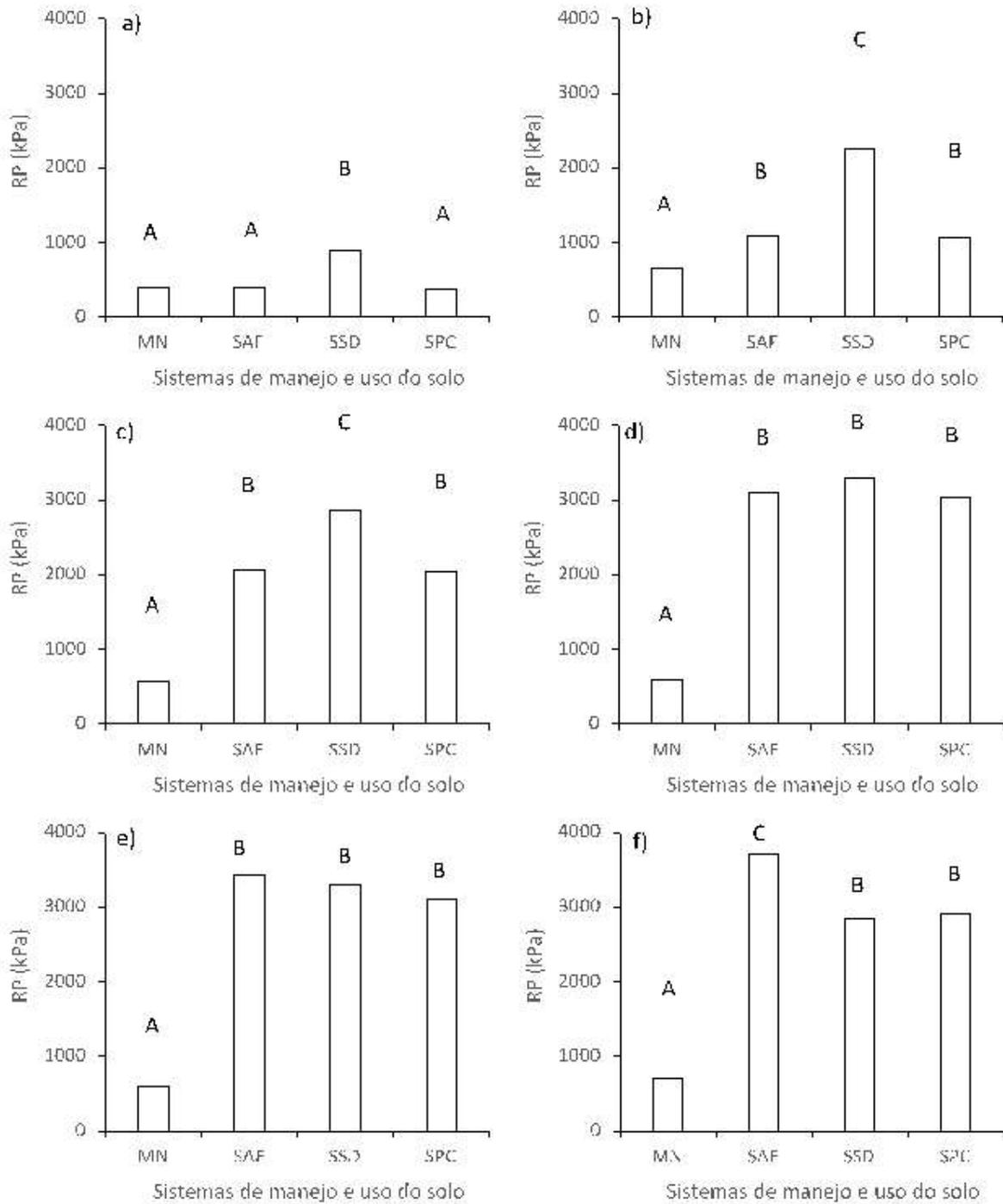


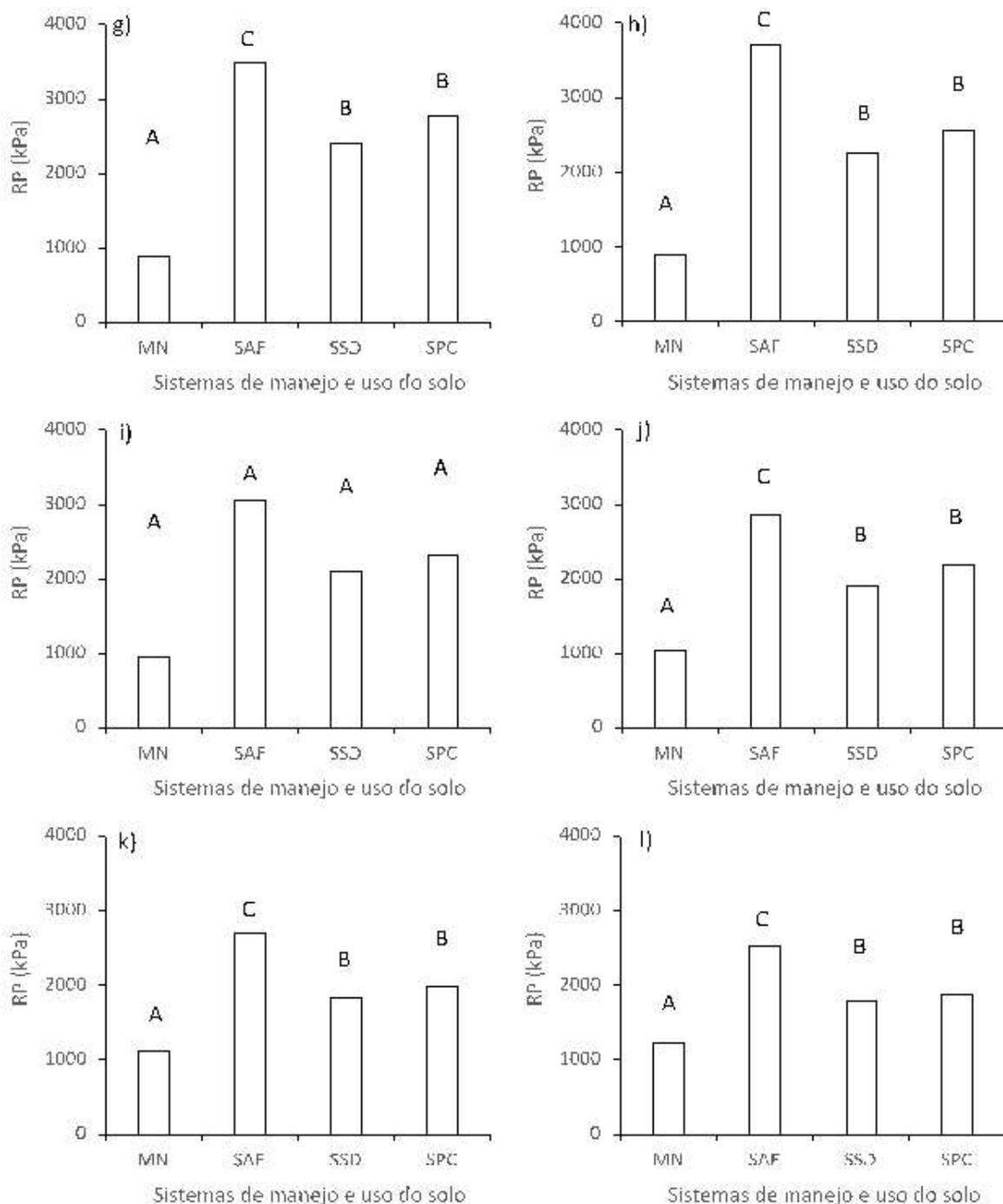
Fonte: Própria (2024).

Para o  $\theta$ , não ocorreram diferenças, exceto na camada de 0,1-0,2 m, em que SPC foi superior aos demais. Os resultados de PT e Ea apresentaram tendência semelhante, onde MN apresentou melhores resultados e na camada de 0,1-0,2 m, SAF foi melhor que SPC e SSD. Para porosidade de aeração, SSD foi superior a SPC em 0,1-0,2 m.

Os resultados de RP para primeira amostragem (Figura 2) indicaram menores valores para MN, SAF e SPC em relação a SSD entre 0 a 0,15 m. A partir de 0,15 m houve tendência de igualar gradualmente os valores de RP de SPC, SAF e SSD, sendo as três superiores a MN. Porém, se inicialmente SSD superou SAF e SPC em valores, na subsuperfície os valores de SAF foram superiores a SSD e SPC.

**Figura 2.** Resistência do solo à penetração (RP) após primeira avaliação nas camadas de 0-0,05 (a), 0,06-0,10 (b), 0,11-0,15 (c), 0,16-0,20 (d), 0,21-0,25 (e), 0,26-0,30 (f), 0,31-0,35 (g), 0,36-0,40 (h), 0,41-0,45 (i), 0,46-0,50 (j), 0,51-0,55 (k) e 0,56-0,60 m (l).



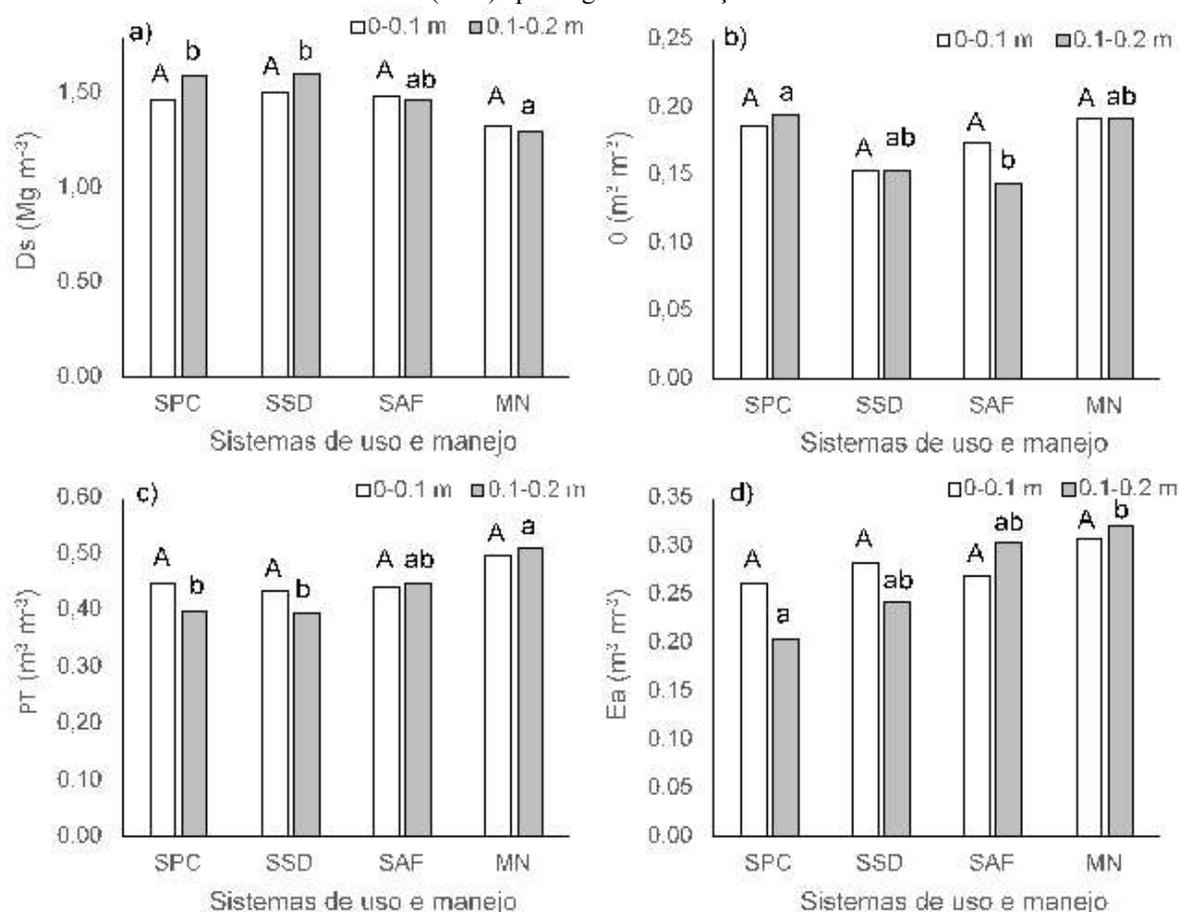


Fonte: Própria (2024).

Desta forma, houve indicativos de que a MN se destaca nos atributos  $D_s$ ,  $PT$ ,  $\theta$ ,  $E_a$  e  $RP$ , apresentando melhores valores, enquanto o SAF promove melhorias entre 0,05-0,20 m, porém a partir de 0,21-0,60 m, o SAF apresenta resultados inferiores a SSD. O SPC, apresentou resultados iguais ao SAF na superfície para vários atributos, e iguais a SSD em subsuperfície, não se destacando positivamente em relação a SAF e SSD simultaneamente.

Para os resultados de  $D_s$ ,  $E_a$ ,  $PT$  e  $\Theta$  na segunda amostragem (Figura 3). As diferenças foram menos pronunciadas do que na primeira amostragem. Na camada de 0-0,1 m, não ocorreram diferenças para as variáveis  $D_s$ ,  $E_a$ ,  $PT$  e  $\Theta$ . Para 0,1-0,2 m, a  $D_s$  foi menor na MN em relação a SSD e SPC, SAF teve menor  $\Theta$  que SPC, MN teve maior  $PT$  que SSD e SPC, MN teve maior  $E_a$  que SPC e os outros resultados foram intermediários e sem diferença estatística. No geral, os atributos indicaram melhores resultados de MN em relação a SPC e SSD, mas sem diferenças significativas para SAF.

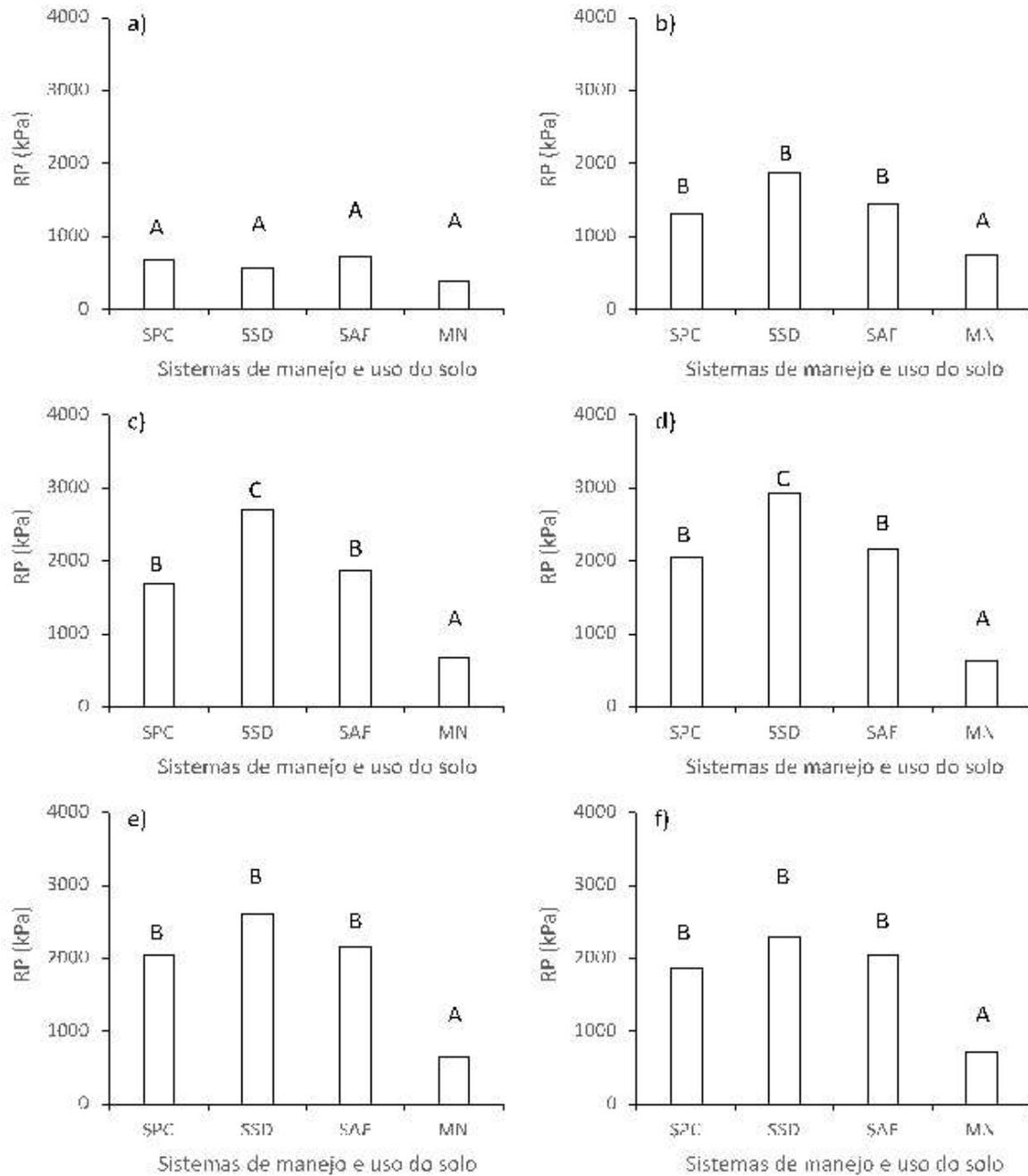
**Figura 3.** Densidade do solo (a), teor de água do solo (b), porosidade de aeração (c) e porosidade total (d) nos sistemas de uso e manejo de mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), sistema convencional (SPC) e sistema de semeadura direta (SSD) após segunda avaliação.

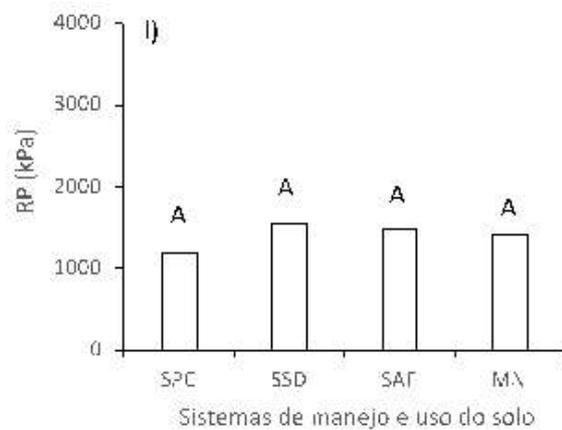
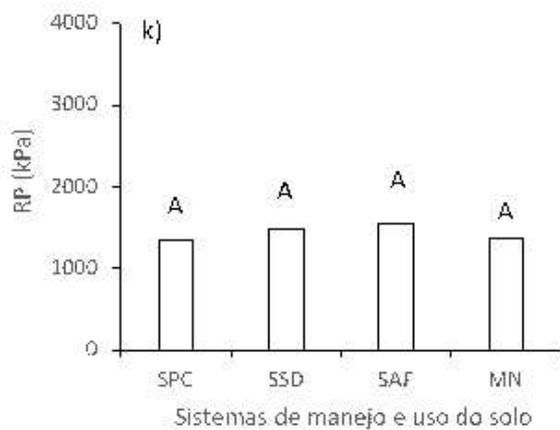
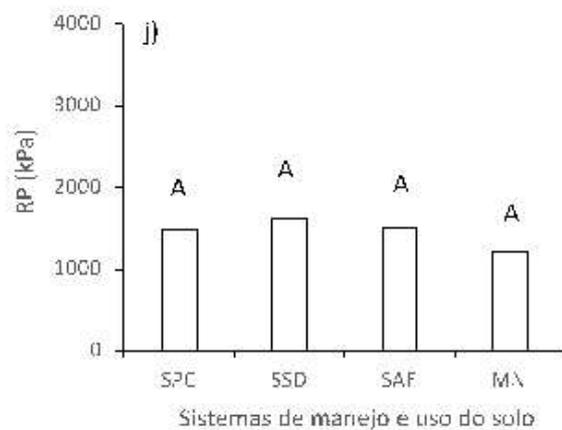
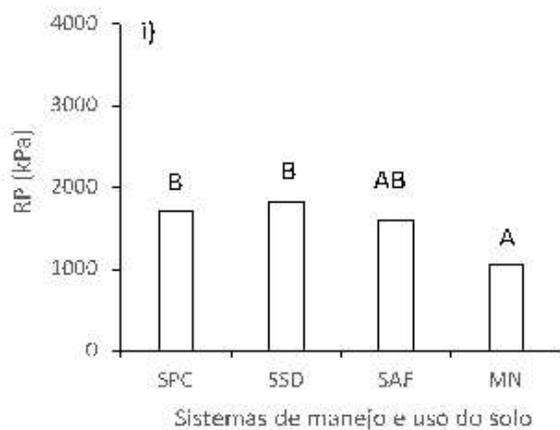
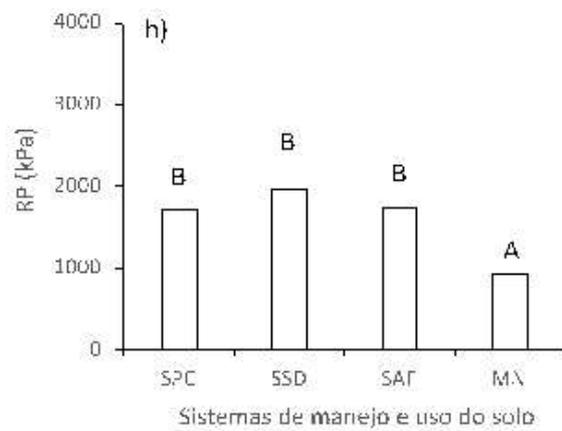
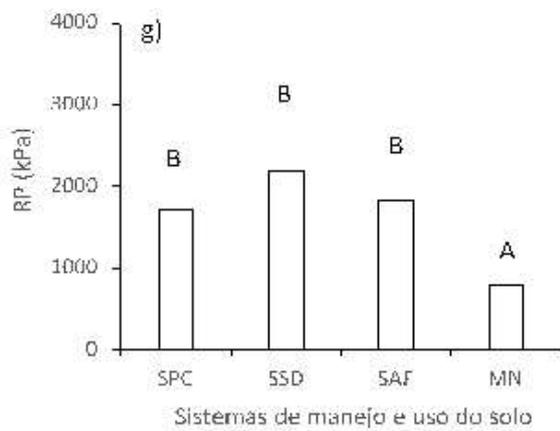


Fonte: Própria (2024).

Os resultados de  $RP$  na segunda amostragem (Figura 4) indicaram menores valores para MN em relação a SSD, SAF e PC entre 0,06 a 0,45 m. A partir de 0,11 até 0,20 m os valores de  $RP$  de SSD foram superiores a SPC e SAF, sendo as três superiores a MN. Entre 0,06-0,10 e 0,21-0,45 m, SSD, SPC e SAF foram iguais, sendo as três superiores a MN.

**Figura 4.** Resistência do solo à penetração (RP) após primeira avaliação nas camadas de 0-0,05 (a), 0,06-0,10 (b), 0,11-0,15 (c), 0,16-0,20 (d), 0,21-0,25 (e), 0,26-0,30 (f), 0,31-0,35 (g), 0,36-0,40 (h), 0,41-0,45 (i), 0,46-0,50 (j), 0,51-0,55 (k) e 0,56-0,60 m (l) após segunda avaliação.





Fonte: Própria (2024).

Em resumo, os resultados das duas amostragens demonstram que a mata nativa proporciona as melhores condições de qualidade do solo, com menor  $D_s$ , maior  $PT$  e  $E_a$ , e menores valores de  $RP$ . O sistema agroflorestal mostrou melhorias nas camadas superficiais, mas com desempenho inferior em camadas mais profundas. O sistema de pastagem contínua apresentou resultados intermediários, enquanto o sistema de semeadura direta apresentou desafios em termos de compactação do solo em profundidade. Esses achados reforçam a importância de práticas de manejo que considerem as características edafoclimáticas para otimizar a qualidade do solo e promover a sustentabilidade agrícola.

## **CONCLUSÕES**

Os resultados indicaram melhor qualidade física no SAF em relação ao SPC, enquanto SSD foi similar a ambos. Tais resultados indicam que pode ocorrer melhoria nos atributos físicos do solo em função da utilização de técnicas conservacionistas, porém, há necessidade de utilização de formas de manejo que busquem a conservação a longo prazo para que seja possível verificar alterações no solo em curto prazo. A MN apresentou resultados melhores que os outros sistemas de uso e manejo estudados, continuando a ser a referência.

## REFERÊNCIAS

- BERNINI, T. A. (2016). "Utilização de imagens ALOS/PALSAR no mapeamento digital de atributos físicos dos solos."
- BETIOLI JUNIOR, E.; TORMENA, C. A.; MOREIRA, W. H.; BALL, B. C.; FIGUEIREDO, G. C.; SILVA, Á. P. D.; GIAROLA, N. F. B. Aeration condition of a clayey oxisol under long-term no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 990-999, 2014.
- CECCON, G. (2013). "Consórcio milho-braquiária." **Embrapa Agropecuária Oeste-Livros técnicos (INFOTECA-E)**.
- CENTENO, L. N., M. D. F. GUEVARA, ET AL. (2017). "Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos." **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade 4(1)**: 31-37.
- COMIN, J.; FAYAD, J.; KURTZ, C.; MAFRA, A.; CURMI, P. **Guia prático de avaliação participativa da qualidade do solo em sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)**. Open Brasil Gráfica e Editora, Florianópolis. (Comunicado Técnico), 2016.
- CORDEIRO, L., J. KLUTHCOUSKI, ET AL. (2020). "Integração Lavoura-Pecuária em Solos Arenosos: estudo de caso da Fazenda Campina no Oeste Paulista."
- COSTACURTA, M. D. B. (2010). PLANO DE MANEJO DA RPPN CABECEIRA DO MIMOSO, REPAMS. Associação de Proprietários de RPPNs do Mato Grosso do Sul.
- DEBIASI, H.; CONTE, O.; FRANCHINI, J.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; MARTINS, A. D. S.; HERNANI, L. C. Índice de qualidade Participativo do Plantio Direto (IQP) em glebas de microbacia hidrográfica na região de Rolândia, PR. 2019, In: **WORKSHOP DA REDE DE PESQUISA SOLOVIVO**, 2018, Curitiba. Indicadores de ....
- DEBIASI, H., J. C. FRANCHINI, ET AL. (2020). Diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção. LONDRINA, EMBRAPA SOJA.
- DER, G. AND B. S. EVERITT (2015). Essential Statistics Using SAS University Edition, SAS Institute.
- DIAS JÚNIOR, M. D. S.; MIRANDA, E. D. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). *Ci. Agrotec*, v. 24, p. 337-346, 2000.
- DÖRNER, J.; HORN, R. Anisotropy of pore functions in structured Stagnic Luvisols in the Weichselian moraine region in N Germany. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 169, n. 2, p. 213-220, 2006.
- ENSINAS, S. C., A. P. SERRA, ET AL. (2016). "Cover crops affect the soil chemical properties under no-till system." **Australian Journal of Crop Science 10(8)**: 1104.
- FORTINI, R. M., M. J. BRAGA, ET AL. (2020). "Impacto das práticas agrícolas conservacionistas na produtividade da terra e no lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros." **Revista de Economia e Sociologia Rural 58**.

FRANCHINI, J., A. BALBINOT JÚNIOR, ET AL. (2016). "Soja em solos arenosos: papel do sistema Plantio Direto e da integração lavoura-pecuária." **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**.

FRAZÃO, Leidivan Almeida et al. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 641-648, 2008.

FREDDI, O. D. S.; CENTURION, J. F.; DE ALMEIDA, C. X. Compactação de um Latossolo Vermelho de textura argilosa afetando o sistema radicular e a produtividade do milho1. *Ceres*, v. 56, n. 5, 2015.

GROSSMAN, R. B. AND T. G. REINSCH (2002). Bulk density and linear extensibility. *Methods of soil analysis*. J. H. Dane and G. C. Topp. **Madison American Society of Agronomy, Soil Science Society of America**. Part 4.: 201-228.

GUIMARÃES, L. d. O. and G. MENDONÇA (2019). "Agricultura sintrópica (agrofloresta sucessional): fundamentos e técnicas para uma agricultura efetivamente sustentável." **Incaper em revista**, Vitória 10: 6-21.

HILLEL, D. Solo e água: Fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1970. 231p.

LIMA, A. S.; SILVA, J. J. C.; LACERDA, N. M.; DE BARROS, D. L.; GOMIDE, P. H. O. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS NO SUL DE RORAIMA. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 11, n. 01, p. 103-119, 2018.

LIMA FILHO, O. F. D., E. J. AMBROSANO, ET AL. (2014). "Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática."

LOWERY, B.; MORRISON, J. E. Soil penetrometers and penetrability. 3. **Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America**, 2002. 363-388p.

MCQUEEN, D. J.; SHEPHERD, T. G. Physical changes and compaction sensitivity of a fine-textured, poorly drained soil (Typic Endoaquept) under varying durations of cropping, Manawatu Region, New Zealand. **Soil and Tillage Research**, v. 63, n. 3-4, p. 93-107, 1// 2002.

NICODEMO, M. L. F., W. L. B. BORGES, ET al. (2018). "Atributos físicos do solo em quatro sistemas de uso da terra em São Carlos, SP." **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 13(2): 1-7.

OLIVEIRA, P. D., J. KLUTHCOUSKI, ET AL. (2010). "Sistema Santa Brígida-Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas." **Embrapa Arroz e Feijão-Circular Técnica (INFOTECA-E)**.

OLIVEIRA, T. P., S. C. ENSINAS, ET AL. (2017). "Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo." **Revista de Agricultura Neotropical** 4(5): 72-78.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.; TOMAZI, M.; HERNANI, L.; MELO, A. D. S.; SANTI, A.; MARTINS, A. D. S. et al. Diagnóstico rápido da estrutura do solo (DRES). **Embrapa Solos-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2017.

REBELLO, J. D. S. (2018). Princípios de agricultura sintrópica segundo Ernst Götsch. Centro de pesquisa em agricultura sintropica-CEPEAS.: 53.

SALES, L. E. D. O., M. A. C. CARNEIRO, ET AL. (2010). "Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola." *Ciência e Agrotecnologia* 34: 667-674.

SANTOS, H. G., P. K. T. JACOMINE, et al. (2018). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. revista e ampliada** - Brasília, EMBRAPA.

SBARAINI, A. H., A. F. CORRÊIA, ET al. (2022). "Índice de qualidade participativo (IQP) do sistema plantio direto de propriedades rurais de dois municípios da região oeste do estado do Paraná." *Desenvolvimento e Meio Ambiente* 60.

SEBEN JUNIOR, G. d. F. (2013). Sistemas de uso e manejo do solo: acúmulo de carbono e atributos físicos. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista: 88.

SILVA, G. F. d. (2023). Adubação nitrogenada em sorgo biomassa antecedendo a soja em sistemas de manejo de longa duração. Botucatu, Universidade Estadual Paulista. **Tese de doutorado**: 174.

SOUSA, D. D. AND E. LOBATO (2004). "Cerrado: correção do solo e adubação." Planaltina: Embrapa Cerrados.

SOUZA, E. (2010). "O estudo do regime pluviométrico na bacia hidrográfica do rio Ivinhema e a construção de pluviogramas." **Monografia de Graduação em Geografia**. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados.

SPERA, S. T.; DOS SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 37-44, 2010.

TOMAZI, M.; SALTON, J. C.; SANCHES, P.; COMUNELLO, E. Uso de métodos laboratoriais e de campo para avaliação de atributos físicos do solo em lavouras de soja e milho. 2019, In: **WORKSHOP DA REDE DE PESQUISA SOLOVIVO**, 2018, Curitiba. Indicadores de ....

TRINDADE, M. O. (2022). Avaliação de sistemas agroflorestais utilizando indicadores agroecológicos de sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos. **Dissertação (Mestrado)**: 66.