

PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO NA CULTURA DO SORGO CONSORCIADO COM CROTALARIA

PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL UNDER DIFFERENT TREATING SYSTEMS IN CROPS OF SORGHUM INTERCROPPED WITH CROTALARIA

Resumo: O solo é um componente essencial na produção agrícola, onde suas características físicas impactam todo o sistema produtivo. O objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades físicas do solo em diferentes sistemas de preparo na cultura do sorgo consorciado com crotalária. O experimento foi realizado na área experimental localizada no campus de Chapadão do Sul-MS, pertencente à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na segunda safra de 2023. O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 4 (três tipos de preparo de solo: plantio direto, cultivo mínimo, plantio convencional); quatro profundidades no solo: 0 - 0,10; 0,10 - 0,20; 0,20 - 0,30; 0,30 - 0,40 m), totalizando 12 unidades experimentais e 4 repetições. Para as análises físicas foram feitas trincheiras com dimensões de 0,50 m de largura por 0,50 m de comprimento e 0,40 m de profundidade, sendo as amostras coletadas nas quatro profundidades. Os atributos físicos do solo analisados foram: densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO), microporosidade (MICRO) e umidade gravimétrica (UG). Os dados foram analisados utilizando o software R para análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. No sistema de preparo de solo na cultura do sorgo consorciado com crotalária, observou-se que, as características físicas do solo: densidade do solo, umidade gravimétrica e resistência a penetração foram beneficiadas. O sistema de plantio direto (SPD) apresentou os menores valores de resistência a penetração nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m.

Palavras-chave: Consórcio de culturas agrícolas. *Crotalaria juncea*. Resistência a penetração. *Sorghum bicolor*. Umidade gravimétrica.

Abstract: Soil is an essential component in agricultural production, where its physical characteristics impact the entire production system. The objective of this work was to evaluate the physical properties of the soil in different tillage systems in sorghum intercropped with crotalaria. The experiment was carried out in the experimental area located on the Chapadão do Sul-MS campus, belonging to the Federal University of Mato Grosso do Sul, in the second harvest of 2023. Randomized block design in a 3 x 4 factorial scheme (three types of soil preparation: direct planting, minimum cultivation, conventional planting); four depths in the soil: 0 - 0.10 m, 0.10 - 0.20 m, 0.20 - 0.30 m, 0.30 - 0.40 m), totaling 12 experimental units and 4 replications. For physical analysis, trenches were made with dimensions of 0.50 m wide by 0.50 m long and 0.40 m deep, with samples collected at depths of 0.00 - 0.10, 0.10 - 0.20, 0.20 - 0.30 and 0.30 - 0.40 m. The physical attributes of the soil analyzed were: soil density (DS), total porosity (PT), macroporosity (MACRO), microporosity (MICRO) and gravimetric moisture (UG). The data were analyzed using the R software for analysis of variance and, when significant, the means were compared using the Tukey test at 5% probability. In the soil preparation system for sorghum intercropped with sun hemp, it was observed

Vitor Barbosa Ribeiro¹

Luigi Viel Frizzarini¹

Atílio Dionísio Gorgen Netto¹

Cassiano Garcia Roque¹

Andrisley Joaquim da Silva²

Eduarda Santana Soares¹

Gustavo Rodrigues Galina¹

Job Teixeira de Oliveira¹

1 UFMS.

2 UNIFIMES.

that the physical characteristics of the soil soil density, gravimetric moisture and penetration resistance were benefited. The direct planting system (SPD) presented the lowest penetration resistance values in the layers of 0.20-0.30 and 0.30-0.40 m.

Keywords: Agricultural crop consortium. *Crotalaria juncea*. Penetration resistance. *Sorghum bicolor*. Gravimetric humidity.

INTRODUÇÃO

O solo é um componente essencial dentro de qualquer sistema produtivo agrícola, onde suas propriedades físicas impactam o estabelecimento e desenvolvimento das plantas e consequentemente o rendimento da cultura (Mottin *et al.*, 2018). As propriedades físicas presentes em um solo, tais como umidade, porosidade, densidade e resistência a penetração são fatores que refletem o impacto dos sistemas de preparo de solo utilizados no cultivo agrícola, visto que o sistema de preparo utilizado pode alterar as propriedades físicas do solo e resultar em alterações que comprometem o desenvolvimento das raízes das plantas (Oliveira *et al.*, 2023).

O sistema de plantio direto, sistema de cultivo mínimo e sistema convencional de preparo do solo são tipos de preparo utilizados no cultivo de diferentes espécies vegetais no Brasil, que buscam criar condições propícias para o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas cultivadas (Barros, 2020). Porém, a eficácia e escolha do

tipo de preparo a ser utilizado depende de características específicas como solo, clima e tipo de cultura, uma vez que sua utilização inadequada pode resultar em piora das características físicas inerentes ao tipo de solo (Diniz *et al.*, 2019).

O consórcio de culturas agrícolas com culturas forrageiras é uma alternativa para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, uma vez que essas culturas proporcionam maior cobertura vegetal, deixando o solo menos susceptível a agentes ambientais, enquanto suas raízes atingem camadas profundas do solo e seus resíduos são degradados pela microbiota do solo, disponibilizando nutrientes para a próxima cultura em sucessão (Souza *et al.*, 2020).

Dentre as plantas utilizadas de forma consorciada, destaca-se o sorgo (*Sorghum bicolor*). De acordo com a CONAB, (2025), o sorgo foi plantado na safra 2024/2025 em uma área de 1462,2 mil hectares e apresenta uma produtividade de 3121 kg ha⁻¹, com produção de 4563,8 mil toneladas.

Juntamente com o sorgo, espécies do gênero *Crotalaria* se destacam como excelentes opções para a formação de consórcios, devido aos seus múltiplos benefícios ao sistema solo-planta. *Crotalaria Linnaeus* (Fabaceae) compreende cerca de 700 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais (Yaradua *et al.*, 2019). *Crotalaria juncea* auxilia na ciclagem de nutrientes do solo e pode acumular metais potencialmente tóxicos (Silva *et al.*, 2021). Esta espécie é altamente recomendada para rotação de culturas (Franke *et al.*, 2020). *Crotalaria spectabilis* foi implementada em solos de Cerrado devido à sua alta adaptabilidade a diferentes locais tropicais; sua alta produção de massa foliar seca contribui para o enriquecimento do solo por meio da decomposição, e é também considerada uma espécie fitorremediadora de metais tóxicos, como chumbo (Lindino *et al.*, 2012). *Crotalaria ochroleuca*, além de ser usada em adubação verde, é conhecida por sua potencial tolerância ao alumínio, tornando-a adequada para solos ácidos (Meda; Furlani, 2005; Santos *et al.*, 2024).

A hipótese do estudo é que o sistema de plantio direto, em consórcio com crotalária, proporcionará melhores condições físicas ao solo, expressas por menor densidade e resistência à penetração e maior umidade

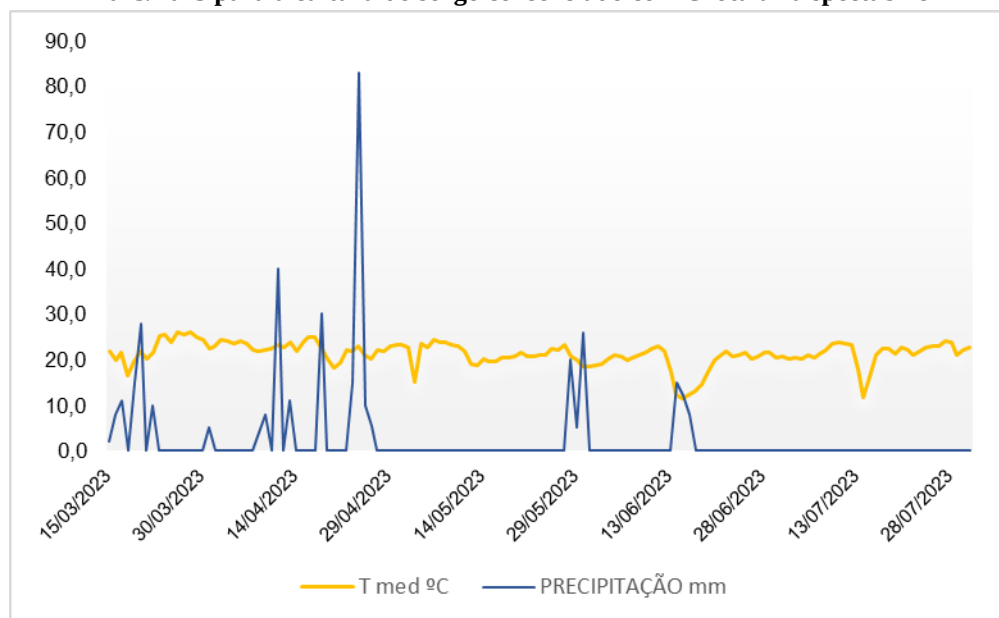
gravimétrica, especialmente nas camadas mais profundas, em comparação aos sistemas de cultivo mínimo e plantio convencional. Diante do exposto, objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades físicas do solo em diferentes sistemas de preparo na cultura do sorgo consorciado com crotalária.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de condução do experimento

O experimento foi realizado na área experimental localizada no campus de Chapadão do Sul-MS, pertencente à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na segunda safra de 2023. A área apresenta uma latitude de 18°48'459" Sul, longitude 52°36'003" Oeste e altitude de 813 metros. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, a região possui clima tropical (Aw), caracterizado por duas estações distintas: uma seca no inverno e outra chuvosa no verão. A temperatura média anual varia de 13 °C a 28 °C e a precipitação pluviométrica média é de 1.850 mm (Cunha *et al.*, 2013). Quanto ao solo, é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Santos *et al.*, 2018). A Figura 1 apresenta a temperatura e pluviosidade média na área experimental durante o cultivo.

Figura 1. Precipitação e temperaturas médias durante o período de condução do experimento na safra de 2023/2023 para a cultura do sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis*



Fonte: INOVAGRI (2023).

Os períodos chuvosos foram compostos por aração seguida de duas significativos para a cultura do sorgo influenciando diretamente no desenvolvimento da cultura durante todo o ciclo, ou seja, obteve-se uma boa concentração de chuvas no período de 15 de março de 2023 até 16 de junho de 2023, atendendo a necessidade da cultura.

Histórico da área

Foram realizados três tipos de preparos de solos, em fevereiro de 2021, divididos em faixas para instalação da área experimental, sendo: na primeira faixa sistema de plantio direto (SPD); na segunda faixa o sistema de cultivo mínimo (SCM) envolvendo apenas uma gradagem no solo e na terceira faixa o sistema de plantio convencional (SPC)

composto por aração seguida de duas gradagens.

No dia 07 de março de 2021 foi implantado, na área, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* semeada a lanço e as leguminosas Feijão Guandu e Estilosantes Campo Grande, sendo colhido no dia 10 de julho de 2021. Em 01 de outubro de 2021, realizou-se a dessecação pré-plantio da área com Glifosato, Cletodim e óleo vegetal. No dia 06 de outubro de 2021 foi realizada a semeadura da soja P98Y21 a qual foi colhida no dia 23 de fevereiro de 2022.

Em 08 de março de 2022 semeou-se a lanço: nabo forrageiro e milheto e após 85 dias da semeadura realizou-se a dessecação (01 de junho de 2022). A soja (cultivar HO Iguaçu

IPRO) foi semeada em 18 de outubro de 2022 com semeadora-adubadora da marca JM 2670/2570-POP0 no dia 27 de fevereiro de 2023. Em continuação do sistema de rotação de culturas da área, foi implantado sorgo granífero com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis*, no dia 15 de março de 2023. Para este trabalho foram feitas avaliações da parte física do solo somente para os tratamentos de sorgo + *Crotalaria spectabilis*.

Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 4 (três tipos de preparo de solo: plantio direto, cultivo mínimo, plantio convencional; quatro profundidades no solo: 0 - 0,10, 0,10 - 0,20, 0,20 - 0,30, 0,30 - 0,40 m), totalizando 12 unidades experimentais e 4 repetições. Cada unidade experimental consistiu em 12 linhas de 7 metros de comprimento com espaçamento de 0,45 m entre fileiras e população de 9 sementes por metro, totalizando uma população de 915 plantas por unidade experimental e 186 mil plantas por hectare.

Plantio e tratos culturais

O híbrido de sorgo granífero utilizado foi o ADV1151IG (sem tanino) que apresenta

tecnologia resistente ao herbicida da família das imidazolinonas Imazapic + Imazetapir, chamada igrowth®, permitindo a consorciação da cultura do sorgo com plantas de cobertura. O plantio foi realizado no dia 15 de março de 2023 ocorrendo de forma mecanizada. Para o tratamento de sementes foi utilizado inseticida Tiametoxan para percevejo na dose de 500 mL 100 kg⁻¹ de semente, inseticida Fipronil para lagartas e vaquinhas na dose de 200 mL 100 kg⁻¹ de semente e fungicida para controle de fungos patogênicos na dose de 300 mL 100kg⁻¹ de semente.

O consórcio *Crotalaria spectabilis* (15 kg ha⁻¹ na entrelinha) foi realizado no dia 16 de março de 2023, manualmente, com a utilização de um carrinho de horta.

A coleta de solos para as análises químicas foi realizada 4 dias após a colheita da soja no dia 03 de março de 2023, antecedendo o plantio de sorgo. Foram realizadas 3 amostras simples em cada parcela para a formação de uma amostra composta. Assim obteve-se 48 amostras na profundidade de 0 a 0,20 m, assim foram avaliadas as seguintes características químicas do solo: pH (CaCl₂), Ca, Mg, Al, H + Al, K (em mg dm⁻³), P (meh-1), M.O, C-Org, Cu, Fe, Mn e Zn.

A dose de adubo utilizada foi de 313 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08 via sulco de plantio, de acordo com a análise de solo

realizada e recomendação de adubação para a cultura do sorgo que foi extraída do boletim de correção e adubação Cerrado (Sousa; Lobato, 2004). Posteriormente, foi realizada adubação de ureia a lanço na dose de 200 kg ha⁻¹ no dia 31 de março de 2023.

No dia 17 de março de 2023 foi realizada a aplicação do herbicida em pré-emergência (plante e aplique) na dose de 1,2 L ha⁻¹, atendendo os requisitos para a utilização da tecnologia igrowth®. Foi realizada a aplicação de herbicida na dose 1,5 L ha⁻¹ pós-emergência para controle da soja tiguera, no dia 21 de março de 2023.

Para controle de pragas durante o ciclo da cultura foram realizadas aplicações dos inseticidas na dose de 1.2 kg ha⁻¹ para controle de lagartas, pulgão e percevejo; na dose de 240 mL ha⁻¹ para controle de lagartas e pulgão na dose de 500 mL ha⁻¹. Para controle de doenças (antracnose, turcicum e mela principalmente) foi utilizado fungicida na dose de 0,6 L ha⁻¹. Todas as aplicações foram feitas com a utilização de adjuvante composto por 60 g L⁻¹ de óleo da casca da laranja na dose de 0,15 L ha⁻¹.

Além das aplicações para pragas e doenças, foi utilizado adubo foliar durante o ciclo da cultura, com as seguintes concentrações: Nitrogênio (N) 5,0% (65,0 g L⁻¹), Fósforo (P2O5) 8,0% (104,0 g L⁻¹), Potássio

(K2O) 5,0% (65,0 g L⁻¹), Cálcio (Ca) 0,5% (6,5 g L⁻¹), Magnésio (Mg) 0,6% (7,8 g L⁻¹), Boro (B) 0,4% (5,2 g L⁻¹), Cobre (Cu) 0,2% (2,6 g L⁻¹), Manganês (Mn) 0,5% (6,5 g L⁻¹) e Zinco (Zn) 1,0% (13,0 g L⁻¹).

Avaliações físicas do solo

Para as análises físicas foram feitas trincheiras com dimensões de 0,50 m de largura por 0,50 m de comprimento e 0,40 m de profundidade, sendo as amostras coletadas nas profundidades de 0,00 - 0,10, 0,10 - 0,20, 0,20 - 0,30 e 0,30 - 0,40 m. Os atributos físicos do solo analisados foram: densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO), microporosidade (MICRO) e umidade gravimétrica (UG).

A DS foi determinada pelo método do anel volumétrico com base na relação massa/volume para determinação da porosidade (Teixeira *et al.*, 2017), sendo utilizada a seguinte equação:

$$PT = [(a - b) - (c - d)]/e \quad 01$$

onde: Pt – Porosidade total, em m³ m⁻³;
a – Massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-liga saturado, em kg; b – Massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-liga seco a 105 °C, em kg; c – Massa do conjunto cilindro-tecido-liga saturado, em kg; d - massa do conjunto

cilindro-tecido-liga seco a 105 °C, em kg; e – Volume total da amostra, em m³. Nesse caso, assume-se que o volume total da amostra é igual ao volume do cilindro.

A microporosidade foi determinada segundo a metodologia descrita por Teixeira *et al.* (2017), submetendo as amostras à tensão de -6 kPa e a macroporosidade foi calculada através da diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

A resistência a penetração foi avaliada com o equipamento penetrômetro eletrônico digital (PenetroLOG), operado manualmente dependendo basicamente da força do operador, indica a profundidade da penetração da haste e consta o cálculo da velocidade de penetração, além de avisar ao usuário se a velocidade está fora do padrão (Molin, 2012). Foram coletadas amostras deformadas do solo para

determinação da umidade gravimétrica (UG) no mesmo momento em que foi feita a leitura da resistência a penetração, com auxílio de um trado holandês.

Os dados foram analisados utilizando o software R para análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tipo de preparo de solo foi significativo para umidade gravimétrica (UG) e resistência a penetração do solo (RPS), enquanto a profundidade foi significativa para densidade do solo DS, UG e RPS (Tabela 1). A interação entre tipo de preparo (T) e profundidade (D) foi significativa apenas para RPS.

Tabela 1. Análise de variância para as variáveis Densidade do solo (DS), Umidade gravimétrica (UG), Porosidade total (PT), Microporosidade (MICRO), Macroporosidade (MACRO) e Resistência a Penetração do Solo (RPS)

Fontes de variação	G.L. ¹	DS g cm ⁻³	UG -----%	PT	Micro	Macro	RPS MPa
BLOCO		0,006	32,92	92,87	150,83	27,65	5,53
Tipo de Preparo(T)	2	0,005 ^{ns}	94,90*	92,87 ^{ns}	114,28 ^{ns}	23,59 ^{ns}	0,26*
Profundidade (P)	3	0,220*	26,81*	5,13 ^{ns}	112,88 ^{ns}	72,33 ^{ns}	0,38*
T x P	6	0,064 ^{ns}	4,26 ^{ns}	54,09 ^{ns}	382,63 ^{ns}	63,59 ^{ns}	0,67*
Erro	29	0,690	42,56	481,65	798,94	511,27	0,91
CV (%)	-	9,54	6,15	10,00	14,84	92,64	9,80
Média	-	1,62	19,70	40,74	35,36	4,53	1,81

** significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. C.V: coeficiente de variação

Fonte: Autores, 2025.

Ao analisar o Tipo de Preparo (T) de forma isolada, observa-se que o Sistema de Plantio Direto (SPD) e Sistema de Cultivo Mínimo (SCM) apresentaram melhores resultados em comparação ao Sistema de Plantio Convencional (SPC), como pode ser observado na Tabela 2. O SPC apresentou o pior resultado em comparação aos demais cultivos.

A umidade gravimétrica está diretamente relacionada com a resistência a penetração, visto que, quanto menor a umidade do solo, maior a resistência a penetração, especialmente pelo tráfego de máquinas quando o solo se encontra úmido (Souza *et al.*, 2020). Neste trabalho observou-se que os sistemas de plantio direto (SPD) e sistema de cultivo mínimo (SCM) apresentam os maiores valores de umidade gravimétrica, indicando que esses tipos de preparo beneficiam o solo, pela menor propensão a compactação. Este resultado é inerente do consórcio de culturas que propiciam cobertura do solo e melhorias de suas características físico-químicas (Diniz *et al.*, 2019).

Na Tabela 2 são apresentadas médias da umidade gravimétrica do solo em relação ao seu tipo de preparo.

Tabela 2. Tabela de comparação de média para a variável umidade gravimétrica (UG), em %, em relação ao tipo de preparo do solo

Tipo de Preparo de Solo	Médias
Sistema de Plantio Direto (SPD)	20,99 a
Sistema de Cultivo Mínimo (SCM)	20,34 a
Sistema de Plantio Convencional (SPC)	17,59 b

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

Fonte: Autores, 2025.

Como verificado, as melhores médias de umidade gravimétrica do solo foram verificadas no plantio direto e no cultivo mínimo do solo. Estes resultados são importantes pois revolver menos o solo, propicia uma melhor estruturação de suas partículas e consequentemente ganho em retenção de água. Possivelmente regiões com maior umidade, tendem a ser regiões que tem maior concentração de argila e consequentemente tem maior potencial de retenção de água (Teixeira de Oliveira *et al.*, 2023). Estes mesmos autores destacam que dessa forma, o produtor realiza um manejo diferenciado da irrigação, aumentando o turno de irrigação nessa região. Com isso, ele poderá economizar água e energia sem que haja diminuição do potencial produtivo das lavouras dessa região.

O estudo da Profundidade de forma isolada (P) para as variáveis Densidade do solo (DS) e Umidade gravimétrica (UG) está apresentado na Tabela 3. Para DS, a

profundidade de 0,10-0,20 m apresentou o melhor resultado, mas não diferiu das profundidades de 0-0,10 e 0,20-0,30 m. Já a profundidade de 0,30-0,40 m apresentou o pior resultado, diferindo das demais. Para a variável UG, a profundidade de 0-10 m apresentou o melhor resultado, enquanto as demais profundidades apresentaram menores valores de UG.

Tabela 3. Tabela de comparação de média para as variáveis Densidade do solo (DS) Umidade gravimétrica (UG) em relação a profundidade

Profundidade (m)	DS	UG
0 – 0,10	1,62 ab	21,23 a
0,10 – 0,20	1,71 a	19,82 b
0,20 – 0,30	1,62 ab	19,06 b
0,30 – 0,40	1,52 b	19,21 b

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

Fonte: Autores, 2025.

Na interação entre tipo de preparo e

profundidade (T x P), nota-se que, nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m não houve interação significativa de tipo de preparo do solo com profundidade. Nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m o tipo de preparo de solo no sistema de cultivo mínimo (SCM) apresentou o melhor resultado, mas não diferiu estatisticamente do sistema de preparo convencional (SPC). Além disso, nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m o tipo de preparo de solo no sistema plantio direto (SPD) apresentou o pior resultado em comparação aos outros tipos de cultivos. A sustentabilidade do sistema de cultivo pode ser analisada sob várias óticas, como a eficiência no uso dos recursos naturais, a preservação do solo, a redução de impactos ambientais e a diversificação da produção agrícola (Guimarães *et al.*, 2025).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre Tipos de preparo e Profundidade do solo (T x P) para a variável Resistência a Penetração (RP)

Profundidade (m)	RP		
	SPD	SCM	SPC
0 – 0,10	1,68 b	1,68 b	1,76
0,10 – 0,20	2,03 a	1,75 ab	1,99
0,20 – 0,30	1,54 Bb	1,86 Aab	1,75 AB
0,30 – 0,40	1,58 Bb	2,08 Aa	1,91 A

Letras maiúsculas iguais na linha não se diferenciam entre si em relação ao tipo de preparo de solo pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsculas iguais na coluna não se diferenciam entre si em relação a profundidade pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Autores, 2025.

No desdobramento da interação em relação aos tipos de cultivo, para o sistema de plantio direto (SPD) a profundidade de 0,10 -

0,20 m apresentou o melhor resultado, diferindo das demais profundidades. Já no sistema de cultivo mínimo (SCM), a

profundidade do solo de 0,30-0,40 m apresentou o maior valor de relação a resistência a penetração, mas não diferiu das profundidades de 0,10-0,20, 0,20-0,30 m. E, no sistema de plantio convencional (SPC) não houve interação significativa em relação as profundidades estudadas. A resistência à penetração do solo é um problema em áreas de cultivos, pois prejudica o desenvolvimento das plantas e produtividade de culturas (Rampazzo *et al.*, 2024).

A resistência mecânica do solo à penetração aumenta com a compactação do solo, restringindo o crescimento radicular das culturas (Cortes *et al.*, 2023). Em concordância, Andrade Neto *et al.* (2010) enfatizam o grande potencial das raízes de crotalária, em melhorar a porosidade, aeração e infiltração de água no solo. Ao indicar para realizar a escarificação biológica no solo, sugerem que este gênero vegetal contribui para beneficiar o acesso das raízes de sorgo aos poros do solo. Ressaltam também outros aspectos positivos, tais como: maior altura no sorgo quando consorciado, crescimento inicial da crotalária mais lento e controle de nematoides formadores de galhas (Andrade Neto *et al.*, 2010). O sorgo uma forrageira com via fotossintética C4 que se destaca pela capacidade de adaptação a diferentes ambientes e é capaz de produzir mesmo em

circunstâncias desfavoráveis (Ribeiro *et al.*, 2025).

A inclusão de culturas de cobertura em sistema intercalar mecanizado de cultivo consorciado contribui significativamente para melhorar a produtividade, cobertura do solo e os níveis de carbono, bem como para melhorar as características físicas, químicas e biológicas gerais do solo (Guimarães *et al.*, 2025).

CONCLUSÃO

No sistema de preparo de solo na cultura do sorgo consorciado com crotalária, observou-se que, as características físicas do solo: densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG) e resistência a penetração (RP) foram beneficiadas. O sistema de plantio direto (SPD) apresentou os menores valores de resistência a penetração nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE NETO, R. C. [et al]. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.2, p.124–130, 2010. <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1477>
- BARROS, J.C. **Qualidade física do solo sob diferentes usos**. 2020. 50f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - Instituto Federal Goiano, Rio Verde-GO.

https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_7/2021-08-19-02-11-13Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Juliana%20Cunha%20Barros.pdf

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 12, safra 2024/25, n. 5 quinto levantamento, fevereiro 2025. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>

CORTES, A. F. [et al]. Spatial variability of dendrometrie parameters in a native tree *Mabea fistulifera* Mart. and its relationship with soil physieal properties. **Agronomía Colombiana**, v. 41, n. 1, 2023. Doi: <http://doi.org/10.15446/agron.colomb.v41n1.103161>

CUNHA, N. G.; DA COSTA, F. A. **Solos da Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado**. Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 152. 2013. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/991101>

DINIZ, J. F. [et al]. Decomposição da palhada de *Urochloa ruziziensis* em diferentes sistemas de semeadura e correção do solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 4, p. 370-380. 2019. DOI: <http://doi.org/10.13083/reveng.v27i4.957>

FRANKE, I. L.; de SOUZA MARINHO, J. T. Adubação verde com *Crotalaria juncea* no cultivo do milho e pastagem em sistema de integração lavoura pecuária na agricultura familiar no Acre. Cad. **Agroecol.** v. 15, p. 1–6. 2020. <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/4384>

GUIMARÃES, N. N. [et al]. Produtividade da soja em sistema de cultivo intercalar com plantas de coberturas. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 2, e9005-e9005. 2025. DOI: <http://doi.org/10.55905/oelv23n2-077>

MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. D. S.; CARBONERA, L. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 584- 590, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000500015>

MOTTIN, M. C. [et al]. Biomass productivity and physical properties of the soil after cultivation of cover plant in the autumn and winter. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 4, p. 775-788. 2018. DOI: <http://doi.org/10.4236/ajps.2018.94061>

OLIVEIRA, J. T. [et al]. Spatial variability of physical attributes of a Oxisol related to garlic productivity. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 17. 2023. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng.2023.v17.1108>

RAMPAZZO, J. P.O. [et al]. Spatial variability of soil penetration resistance in cotton growing areas. **Agronomía Colombiana**, v. 42, n. 1. 2024. Doi: <http://doi.org/10.15446/agron.colomb.v42n1.112273>

SANTOS, B. S. [et al]. Physiological Responses of *Crotalaria* spp. to the Presence of High Aluminum Availability in the Soil. **Plants**, v. 13, n. 16, 2292. 2024. <https://doi.org/10.3390/plants13162292>

RIBEIRO, D. M. [et al]. Effect of 24-Epibrassinolide Plant Hormone Rates on the Level of Macronutrients in Forage Sorghum Plants Subjected to Water Deficit and Rehydration. **Grasses**, v. 4, n. 3, 33. 2025. <https://doi.org/10.3390/grasses4030033>

SANTOS, H. D. [et al]. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., ver. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 355 p. 2018. <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/a>

[ssets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf](#)

SILVA, T. [et al]. Phytoremediation Potential of Crotalaria Juncea Plants in Lead-Contaminated Soils. **J. Agric. Sci**, v. 13, n. 27. 2021. <https://doi.org/10.3390/plants13162292>

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado Correção e Adubação**. Embrapa. 2004. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355>

SOUZA, J. F. D. [et al]. Soil compaction in crop-livestock-forest integration systems of five years of implantation and use. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 3, p. 348-353, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711932020348>

TEIXEIRA de OLIVEIRA, J. [et al]. Distribution and spatial autocorrelation of physical-water attributes of an Oxisol. **Revista Brasileira De Engenharia De Biosistemas**, v. 17. 2023. <https://doi.org/10.18011/bioeng.2023.v17.1109>

TEIXEIRA, P. C. [et al]. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos. 573p. 2017. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085209>

YARADUA, S.; ALZHRANI, D.; BELLO, A. Phylogenetic Position of West African Species of the Genus Crotalaria L. (Crotalariaeae, Fabaceae) Based on the Current Infrageneric Classification. **Pak. J. Bot.** v. 51, p.1453–1458. 2019. DOI: [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2019-4\(37\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2019-4(37))