

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

EDUARDA SANTANA SOARES

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA CULTURA DE SORGO CONSORCIADO EM
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

CHAPADÃO DO SUL-MS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA CULTURA DE SORGO SAFRINHA
CONSORCIADO SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Drº. Cassiano Garcia Roque

CHAPADÃO DO SUL-MS

2024



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: Eduarda Santana Soares

ORIENTADOR: Cassiano Garcia Roque

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências da disciplina de TCC, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo, pelo curso de Bacharelado em Agronomia da UFMS/CPCS.

Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos

Msc. Eng. Agrônomo João Lucas Gouveia de Oliveira

Chapadão do Sul, 08 de fevereiro de 2024.

Presidente da Banca Examinadora
Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela graça de poder realizar este trabalho, que foi muito importante para minha trajetória acadêmica.

A meus pais Ana e Sebastião que sempre me apoiaram e me incentivaram desde o início da graduação, para que eu pudesse ter um bom futuro.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque pela oportunidade de trabalhar em seu grupo de pesquisa e desenvolver este projeto.

A todo Grupo de Estudos em Manejo e Conservação de Solos (GEMCS), por todo apoio durante a minha caminhada acadêmica e implementação do experimento de TCC.

EPÍGRAFE

“Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena acreditar no sonho que se tem”

Renato Russo

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1.INTRODUÇÃO.....	12
2.MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
2.1 Local de Condução do Experimento.....	14
2.2 Histórico da Área.....	14
2.3 Delineamento Experimental.....	15
2.4 Plantio e Tratos Culturais.....	15
2.5 Avaliações Físicas do Solo.....	17
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.CONCLUSÃO.....	22
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura	pg
1 Precipitação e temperaturas médias durante o período de condução do experimento na safra de 2023/2023 para a cultura do sorgo consorciado com <i>Urochloa ruziziensis</i> e <i>Crotalaria spectabilis</i> , fonte: INOVAGRI (2023)	14

LISTA DE TABELAS

Tabelas	pg
1 Síntese da análise de variância para Densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG), Porosidade total (PT), Microporosidade (MICRO) e Macroporosidade (MACRO) do solo no sistema de plantio direto (SPD).....	18
2 Médias da análise de Densidade do solo (DS) e Umidade gravimétrica (UG) em função da profundidade do solo no sistema de plantio direto (SPD).....	19
3 Médias da análise de Umidade gravimétrica (UG) em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto (SPD).....	19
4 Médias das análises de Macroporosidade (MACRO) em função dos tipos de cultivos implantados nos sistema de plantio direto (SPD) em diferentes profundidades.....	20
5 Médias das análises de Macroporosidade (MACRO) em função dos tipos de cultivos implantados nos sistema de plantio direto (SPD) em diferentes profundidades.....	21

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA CULTURA DE SORGO CONSORCIADO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

RESUMO: Um ambiente físico favorável no solo, é necessário e de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento radicular da cultura do sorgo, a fim de maximizar a produtividade das culturas implantadas. Portanto este estudo teve como objetivo avaliar a consorciação do sorgo safrinha com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* e aspectos físicos do solo em sistema de plantio direto. O presente estudo foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul – MS na safra 2023/2023 (safrinha). O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 4 (quatro tipos de cultivo: sorgo solteiro, sorgo + *Urochloa ruziziensis*, sorgo + *Crotalaria spectabilis*, sorgo + *Urochloa ruziziensis* + *Crotalaria spectabilis* ; quatro profundidades no solo: 0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m, 0,30 - 0,40 m), totalizando 16 unidades experimentais, semeados em sistema de plantio direto. Para as avaliações foram abertas trincheiras com dimensões de 0,50 m de largura, 0,50 m de comprimento e 0,40 m de profundidade para a coleta de amostras de solo nas profundidades de 0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m e 0,30 - 0,40 m. Os atributos físicos do solo analisados incluíram Densidade do solo (DS), Umidade gravimétrica (UG), Porosidade total (PT), Macroporosidade (MACRO) e Microporosidade (MICRO). As propriedades físicas avaliadas apresentaram variações entre os tipos de cultivo e as profundidades. A profundidade 0 -10 m apresentou maior valor de DS, estando em valor aceitável para nos níveis de compactação do solo e também apresentou maior UG. O tratamento de sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou maior UG. O tratamento de sorgo apresentou maior PT, não diferindo do sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* que apresentou maior valor para MICRO. O tratamento de sogo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou maior valor na profundidade de 0,20 – 0,30 m para MACRO.

Palavras-chave: consórcio, manejo de solo, propriedades do solo, *Sorghum bicolor* L.

PHYSICAL SOIL ATTRIBUTES IN SORGHUM INTERCROPPED IN NO-TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT: A favorable physical environment in the soil is necessary and of fundamental importance for the growth and root development of sorghum crops, in order to maximize crop productivity. Therefore, this study aimed to evaluate the intercropping of second-crop sorghum with *Urochloa ruziziensis* and *Crotalaria spectabilis*, as well as the physical aspects of the soil in a no-tillage system. The present study was conducted in the experimental field of the Federal University of Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul Campus – MS. The design was in randomized blocks in a 4 x 4 factorial scheme (four types of cultivation: sorghum alone, sorghum + *Urochloa ruziziensis*, sorghum + *Crotalaria spectabilis*, sorghum + *Urochloa ruziziensis* + *Crotalaria spectabilis*; four soil depths: 0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m, 0,30 - 0,40 m), totaling 16 experimental units. For evaluations, trenches with dimensions of 0.50 m width, 0.50 m length, and 0.40 m depth were opened to collect soil samples at depths of 0.00 - 0.10 m, 0.10 - 0.20 m, 0.20 - 0.30 m, 0.30 - 0.40 m. The analyzed soil physical attributes included Soil Density (SD), Gravimetric Moisture (GM), Total Porosity (TP), Macroporosity (MACRO), and Microporosity (MICRO). The evaluated physical properties showed variations between cultivation types and depths. The depth 0 -10 m presented the highest DS value, being at an acceptable level for soil compaction levels and also showed the highest UG. The sorghum treatment intercropped with *Urochloa ruziziensis* and *Crotalaria spectabilis* presented the highest UG. The sorghum treatment showed the highest PT, not differing from the sorghum intercropped with *Urochloa ruziziensis*, which presented a higher value for MICRO. The sorghum treatment intercropped with *Urochloa ruziziensis* and *Crotalaria spectabilis* showed a higher value at a depth of 0.20 - 0.30 m for MACRO.

Keywords: intercropping, soil management, properties of soil, *Sorghum bicolor L*

1. INTRODUÇÃO

O Sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma gramínea de origem tropical, cujo centro de dispersão abrange a África e partes da Ásia. Conforme dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) referentes à safra de sorgo 2022/2023, o Brasil apresenta uma área cultivada de 1.237,2 milhões de hectares, com produção totalizando 3.904,1 milhões toneladas e uma produtividade média de 3.155 kg ha⁻¹ (CONAB, 2023).

Essa cultura destaca-se pelo seu considerável potencial de produtividade, revelando tolerância a amplas variações de temperatura e a períodos prolongados de estiagem, possibilitando seu cultivo em regiões semiáridas e áridas. Consoante a registros, a cultura do sorgo assume importância substancial tanto na alimentação humana quanto animal, bem como na geração de energia, destacando-se por sua adaptabilidade em uma extensa gama de regiões (SILVA et al., 2014; FERREIRA et al., 2019).

Em comparação com a monocultura, os benefícios do cultivo consorciado são variados, destacando-se, sobretudo, uma maior produção de biomassa por unidade de área, preservação do solo contra a erosão, sequestro de carbono, ciclagem de nutrientes e a capacidade de integrar múltiplas atividades econômicas na mesma área (MARTIN-GUAY et al., 2018). Ademais, destaca-se a redução no uso de fertilizantes minerais (ZHANG & LI, 2003; OLIVEIRA et al., 2010; MARTIN-GUAY et al., 2018; MINGOTTE et al., 2020, 2021).

A implementação do consórcio com forrageiras e leguminosas é propícia para aprimorar o índice de cobertura vegetal do solo, em contraposição às plantas daninhas, enfatizando a preferência pelo plantio direto na safra subsequente (BALBINOT JUNIOR et al., 2017). A adoção do sistema de plantio na entrelinha de consórcio emerge como uma opção notável para o plantio direto, com o intuito de otimizar a produção de grãos e biomassa durante a entressafra, além de favorecer a descompactação dos solos. (HORVATHY NETO et al., 2012).

O uso de gramíneas do gênero *Urochloa*, nos consórcios, já estão consolidadas como uma excelente opção, nos sistemas integrados (principalmente em lavoura-pecuária) e com culturas de interesse comercial (milho, soja, sorgo e café). Após a colheita da cultura principal, as gramíneas do gênero *Urochloa* permanecem no campo (BATISTA, K. et al.,

2011), melhorando as condições físicas, química e biológicas do solo, além de proporcionar terceira safra com gado.

Conforme apontado por Calegari, A. (2016), as crotalárias também utilizadas nestes consórcios, no geral são conhecidas pela sua rusticidade, tolerância ao déficit hídrico e pelo rápido e vigoroso desenvolvimento de suas raízes que podem romper camadas adensadas ou compactadas do solo, além de se destacarem pela eficiência na redução da população de nematoides e, em lavouras comerciais, podem ser utilizadas no consórcio principalmente durante a segunda safra com gramíneas, inclusive, por serem leguminosas, fixam nitrogênio: nutriente importante nesses consórcios.

Um ambiente fisicamente favorável nos solos, segundo Mottin et al. (2018), é necessário e de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento radicular da cultura do sorgo, a fim de maximizar a produtividade das culturas implantadas, pois como citado por Carneiro et al, (2018), a compactação do solo tem causado problemas significativos em áreas de cultivo, resultando na diminuição do crescimento das raízes em profundidade devido ao aumento da densidade do solo, o que contribui para a queda na produtividade. Portanto a densidade e a porosidade do solo são indicadores do impacto dos estresses causados pelos métodos de preparo e pelo tráfego de máquinas na região (KAY & ANGERS, 2000).

Atributos físicos do solo como densidade, porosidade e resistência à penetração influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das culturas, sendo indicadores de qualidade física (ARCOVERDE, 2022). Alterações nesses atributos podem limitar o crescimento e o volume explorado da raiz (COLOMBI et al, 2018), reduzir a água e absorção de nutrientes (VALADÃO et al., 2017), impedir trocas gasosas, diminuir a taxa de infiltração e fluxo de água no solo (ZAMBRANA et al., 2010), reduzir o crescimento (KIRNAK et al,2016) e a produção de gramíneas (ARCOVERDE et al., 2022).

Diante da importância econômica do sorgo e o significativo aumento na demanda de grãos dessa cultura nos diferentes sistemas de manejo do solo. Nesse sentido a hipótese desse trabalho é que os tratamentos de sorgo e sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentarão bons valores para porosidade total, microporosidade, macroporosidade umidade gravimétrica e densidade do solo, de acordo com suas características conhecidas pela literatura. Portanto objetivou-se avaliar a consorciação do sorgo granífero com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* e aspectos físicos do solo em sistema de plantio direto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de condução do experimento

O estudo foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul - MS, ($18^{\circ}46'17,7''S$, $52^{\circ}37'27,7''W$ e altitude de 813 m, na segunda safra de 2023. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 64,8%, apresentando uma temperatura média anual variando de $13^{\circ}C$ a $28^{\circ}C$. O solo na região foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa (SANTOS et al., 2018).

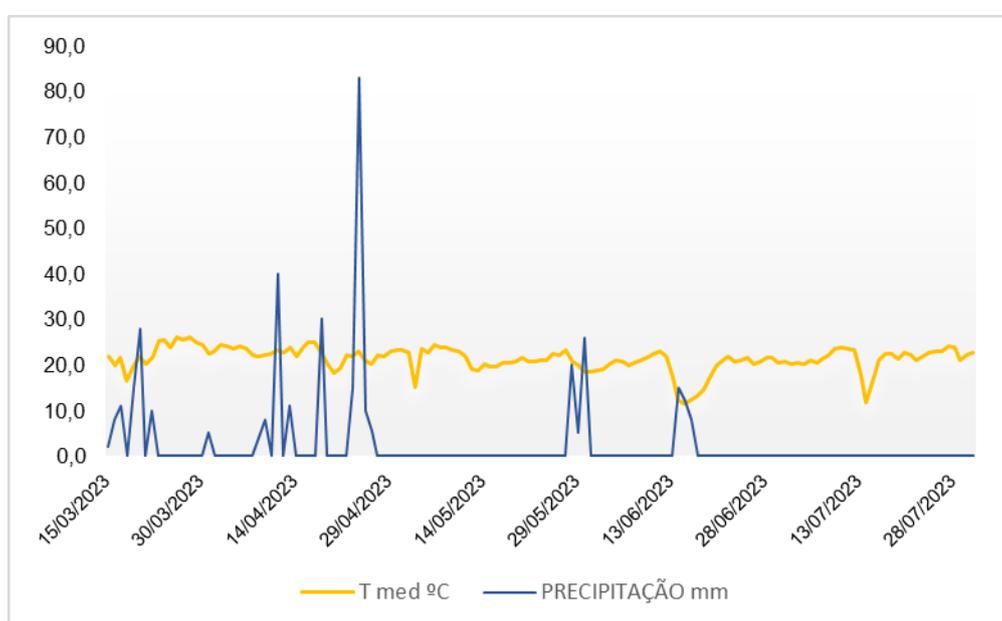


Figura 1. Precipitação e temperaturas médias durante o período de condução do experimento na safra de 2023/2023 para a cultura do sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis*, fonte: INOVAGRI (2023).

Os períodos chuvosos foram 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 do ciclo.

2.2 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 na faixa de plantio direto, que visou avaliar aspectos físicos do solo através do sorgo e consórcios utilizados na área.

2.3 Delineamento experimental

Delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 4 (quatro tipos de cultivo: sorgo, sorgo + *Urochloa ruziziensis*, sorgo + *Crotalaria spectabilis*, sorgo + *Urochloa ruziziensis* + *Crotalaria spectabilis* ; quatro profundidades no solo: 0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m, 0,30 - 0,40 m), totalizando 16 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.

2.4 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 Carboxina + Tiram para controle de fungos patogênicos na dose de 300 mL 100 kg⁻¹ de semente.

Os consórcios de *Urochloa ruziziensis* (350 PVC entrelinha) e *Crotalaria spectabilis* (15 kg ha⁻¹ na entrelinha) foram realizados 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, K₁ (K em cmolc dm⁻³), K (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, D. M. G. de; LOBATO, E., 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 Imazapic + Imazetapir em pré emergência (plante-aplique) na dose de 1,2 L ha⁻¹, atendendo os requisitos para a utilização da tecnologia igrowth®. Foi realizada a aplicação do herbicida Atrazina 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 Acefato + Bifentrina na dose de 1.2 kg ha⁻¹ para controle de lagartas, pulgão e percevejo; Teflubenzuron na dose de 240 mL ha⁻¹ para controle de lagartas; Clorfenapir na dose de 750 mL ha⁻¹ para controle de lagartas e pulgão e Alfa-cipermetrina + Teflubenzuron na dose de 500 mL ha⁻¹ para controle lagartas. Para controle de doenças (antracnose, turcicum e mela principalmente) foi utilizado o fungicida Trifloxistrobina + Tebuconazol na dose de 0,6L 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).

2.5 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:

$$Pt = \frac{[(a - b) - (c - d)]}{e}$$

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 (TEIXEIRA et al., 2017).

Foram coletadas amostras deformadas do solo para determinação da umidade gravimétrica (UG) 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 de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância (Tabela 1) é possível notar que o tipo de cultivo foi significativo para as variáveis UG, PT e MICRO. A profundidade foi significativa para as variáveis DS e UG. A interação foi significativa para variável MACRO.

Tabela 1. Síntese da análise de variância para Densidade do solo (DS), Umidade gravimétrica (UG), Porosidade total (PT), Microporosidade (MICRO) e Macroporosidade (MACRO) do solo no sistema de plantio direto (SPD).

Fontes de variação	G.L. ¹	DS	UG	PT	Micro	Macro
		g cm ⁻³	-----%-----			
BLOCO		0,0039	13,002	17,62	13,96	4,11
Tipo de Cultivo(C)	3	0,0040 ^{ns}	4,92*	81,0*	133,45*	11,06 ^{ns}
Profundidade (P)	3	0,0512*	31,42*	1,42 ^{ns}	13,39 ^{ns}	0,58 ^{ns}
C x P	9	0,0056 ^{ns}	0,89 ^{ns}	10,96 ^{ns}	6,47 ^{ns}	10,47*
Erro	47	0,0052 ^{ns}	0,96 ^{ns}	9,60 ^{ns}	6,33 ^{ns}	4,29 ^{ns}
CV (%)	-	4,54	4,53	6,83	6,94	21,5
Média	-	1,59	21,61	45,35	36,26	9,83

¹Graus de liberdade. * significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade.

A Tabela 2 apresenta as médias das análises de DS e UG em função da profundidade no sistema de plantio direto durante a segunda safra. A DS na profundidade de 0,30 - 0,40 m possui o menor valor, não diferindo estatisticamente da profundidade de 0,20 - 0,30 m.

A DS, conforme Klein (2008), é uma relação entre massa de solo seco e seu volume sendo, portanto, afetada por modificações na estrutura, arranjo e volume dos poros. Para Azevedo & Dalmolin (2004), valores comuns de DS ficam entre 0,95 e 1,80 g cm⁻³, podendo ou não ocorrer um incremento nesses valores com a profundidade, em função do peso dos horizontes superiores.

O aumento no teor de matéria orgânica no solo reduz a densidade do solo, quer pelo efeito positivo na estabilidade estrutural do solo, quer pelo fato do material orgânico apresentar baixa densidade, menor do que os sólidos minerais do solo (ARAGÓN et al., 2000).

Tabela 2. Médias da análise de Densidade do solo (DS) e Umidade gravimétrica (UG) em função da profundidade do solo no sistema de plantio direto (SPD).

Profundidade (m)	DS g cm ⁻³	UG %
0 – 0,10	1,65a	23,67a
0,10 – 0,20	1,62ab	21,32b
0,20 – 0,30	1,57bc	20,81b
0,30 – 0,40	1,52c	20,65b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey.

A UG na profundidade de 0 - 10 m apresentou a maior média em porcentagem diferindo das demais, além disso, houve redução nas médias de umidade conforme aumento da profundidade do solo (Tabela 2).

Em detrimento da coleta de solo ter sido realizada dois dias após dia de chuva, fez com que a superfície tivesse maior porcentagem de umidade. Porém incidência da radiação e a propagação do calor ocorrem, primeiramente, nas camadas superficiais, logo estas tendem a ter seu teor de umidade reduzido de forma mais rápida, em comparação com as camadas mais profundas, sofrendo com o processo de evaporação. (LORENZETTI et al, 2023).

A Tabela 3 apresenta as médias da análise da UG em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto na segunda safra, onde o cultivo de sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* expressou a maior média em porcentagem da UG não diferindo do sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e do consórcio de sorgo com *Crotalaria spectabilis*. O sorgo solteiro apresentou a menor média e não diferiu estatisticamente do sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis*.

Tabela 3. Médias da análise de umidade gravimétrica (UG) em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto (SPD).

Tipo de Cultivo	UG
-	%
SBC	22,11a
SB	22,05a
SC	21,29ab
S	21,0b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey. (SBC)- sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária) e crotalária; (SB) sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária); (SC)- sorgo consorciado com crotalária; (S)- sorgo.

A existência da camada protetora com cobertura pode evitar perdas de umidade no solo, uma vez que reduz a evaporação da água permitindo a sua retenção e assim proporcionando um melhor manejo das culturas em períodos com escassez de chuvas e elevadas temperaturas (MASSAD et al., 2014). Isso se dá pelo fato de que a cobertura do solo exerce influência na temperatura do solo (aquecimento e resfriamento), impactando diretamente no teor de umidade. Desta forma, torna-se crucial monitorar as flutuações de temperatura uma vez que estas têm efeitos diretos no desenvolvimento das plantas (PAIVA; ARAÚJO, 2012).

A Tabela 4 apresenta as médias das análises de PT e MICRO em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto na segunda safra. O sorgo solteiro apresentou a maior PT não diferindo do consórcio de sorgo com *Urochloa ruziziensis*. O sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou a menor média de microporosidade diferindo estatisticamente dos demais.

Tabela 4. Médias das análises de Porosidade total (PT) e Microporosidade (MICRO) em função dos tipos de cultivos implantados no plantio direto (SPD).

Tipo de Cultivo	PT	MICRO
-	%	%
S	47,51a	38,40a
SB	46,79ab	38,72a
SC	44,53bc	35,35b
SBC	42,56c	32,58c

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey. (S)- sorgo ; (SB) sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária); (SC)- sorgo consorciado com crotalária; (SBC)- sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária) e crotalária.

Um solo pode ser classificado como ideal quando apresenta 50% de volumes sólidos, os quais devem estar divididos em 45% de matéria mineral e 5% de matéria orgânica (KIEHL, 1979). Além disso, um solo ideal deve apresentar 50% de volume de poros totais que na capacidade de campo teria 33,5% ocupado pela água e 16,5% ocupado pelo ar (CAMARGO & ALLEONI, 1997).

Na Tabela 5, os cultivos de sorgo solteiro e o sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* apresentaram maior porcentagem de macroporosidade na profundidade de 0,20 - 0,30 m não diferindo das demais profundidades. O sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis* apresentou maior macroporosidade na profundidade de 0,10 - 0,20 m não diferindo das demais profundidades. O consórcio de sorgo com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou maior porcentagem de macroporosidade na profundidade de 0,20 - 0,30 m diferindo da profundidade de 0,10 - 0,20 m que apresentou menor macroporosidade.

Tabela 5. Médias das análises de Macroporosidade (MACRO) em função dos tipos de cultivos implantados nos sistema de plantio direto (SPD) em diferentes profundidades.

Profundidade	S	SB	SC	SBC
(m)	-----%-----			
0 – 0,10	8,09aA	9,92aA	10,22aA	9,21aB
0,10 – 0,20	10,59aB	9,81aB	11,84aA	7,68bB
0,20 – 0,30	11,99aB	11,40aB	8,11aB	12,25aA
0,30 – 0,40	8,49aA	8,70aA	9,84aA	9,19aB

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (S)- sorgo; (SB) sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária); (SC)- sorgo consorciado com crotalária; (SBC)- sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária) e crotalária.

Para as profundidades de 0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m o sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis* apresentou maior porcentagem de macroporosidade diferindo do consórcio de sorgo com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis*. Na profundidade de 0,20 - 0,30 m o sorgo solteiro apresentou maior macroporosidade não diferindo dos outros cultivos. Para a profundidade de 0,30 - 0,40 m o consórcio de sorgo com *Crotalaria spectabilis* apresentou a maior macroporosidade não diferindo dos demais cultivos (Tabela 5).

A inclusão de forrageiras em sistemas de cultivos de grãos e/ou florestas altera as propriedades físicas solo, promovendo mudanças na sua qualidade, principalmente aumentando a estabilidade dos agregados, o que resulta em aumento da macroporosidade do solo e capacidade de infiltração (SEIDEL ET AL,2014).

4 CONCLUSÃO

A profundidade 0 -10 m apresentou maior valor de DS, estando em valor aceitável para nos níveis de compactação do solo e também apresentou maior UG.

O tratamento de sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou maior UG.

O tratamento de sorgo apresentou maior PT, não diferindo do sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* que apresentou maior valor para MICRO.

O tratamento de sogo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou maior valor na profundidade de 0,20 – 0,30 m para MACRO.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÓN, A.; GARCIA, M. G.; FILGUEIRA, R. R.; PACHEPSKY, Y. A. Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test: the relationship with organic carbon and water content. **Soil and Tillage Research**, v. 56, n. 3, p. 197-204, 2000.

ARCOVERDE, S.N.S., SOUZA, C.M.A., ARMANDO, E.J., & ARAÚJO, A.L.F (2022). Soil physical attributes and agronomic characteristics relationships of soybean in no-tillage. **Revista Engenharia na Agricultura**, 30 (continua), 97-110. <https://doi.org/10.13083/reveng.v30i1.13469>

ARCOVERDE, S.N.S., SOUZA, C.M.A., SUAREZ, A.H.T., COLMAN, B.A., & NAGAHAMA, H.J. (2019). Atributos físicos do solo cultivado com cana-de-açúcar em função do preparo e época de amostragem. **Revista de Agricultura Neotropical**, 6(1), 41-47. <http://dx.doi.org/10.32404/rean.v6i1.2761>

AZEVEDO, A. C. De; DALMOLIN, R. S. D. Solos e ambiente: uma introdução. **Santa Maria: Ed. Palotti**, 2004. 100 p.:il.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A.H. Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, p.592-598, 2017.

BATISTA, K. et al. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46, 1154- 1160, 2011.

BHATTARAI, B.; SINGH, S.; WEST, C. P.; RITCHIE, G. L.; TROSTLE, C. L. Water depletion pattern and water use efficiency of forage sorghum, pearl millet, and corn under water limiting condition. **Agricultural Water Management**, v. 238, n. 1, article 106213, 2020.

CALEGARI, A. **Manual Técnico de Plantas de Cobertura**. Curitiba: IAPAR, 2016. 32 p.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o Desenvolvimento das plantas. **São Paulo: Divisão de biblioteca e documentação - ESALQ/USP**, 1997. 132 p.

CARNEIRO, K. A. A. et al. Influência da compactação do solo no crescimento de milho (*Zea mays* L.) em latossolo vermelho-amarelo. **Colloquium Agrariae**, n. 4, v. 14, p. 88-98, 2018.

COLOMBI, T., TORRES, L.C., WATER A., & KELLER, T. (2018). Feedback between soil penetration resistance, root architecture and water uptake limit water accessibility and crop growth –A vicious circle. **Science of The Total Environment**, 626, 1026-1035. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.129>

Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra de sorgo granífero**, Brasília, v. 8 – Safra 2022/23, n. 4- Décimo segundo levantamento, p. 1-59. Abril, 2023.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 2017. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

FERREIRA, L. L., SOUZA, B. R., PEREIRA, A. I. A., CURVÊLO, C. R. S., FERNANDES, C. S., DIAS, N. S., & NASCIMENTO, E. K. Á. (2019). Bioestimulante e nitrogênio de

liberação gradual no desempenho do sorgo. **Nativa**, 7(4), 330-335. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i4.6656>

HORVATHY NETO, A.; SILVA, A.G.; TEIXEIRA, I.R.; SIMON, G.A.; ASSIS, R.L.; ROCHA, V.S. Consórcio sorgo e braquiária para produção de grãos e biomassa na entressafra. **Agrária**, v. 7, p. 743-749, 2012 (Suplemento).

KAY, B.D.; ANGERS, D.A. Soil structure. In: Summer, M.E. (ed). **Handbook of soil science**. New York: CRC Press, p.A229- A275, 2000.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo: **Ceres**, 1979. 264p.

KIRNAK, H., GOKALP, Z., DOGAN, E., & ÇOPUR, O. (2016). Effects of irrigation, soil compaction and fertilization treatments on physiological –vegetative characteristics and root development of soybean. **Legume Research**, 39(1), 52-60. <http://dx.doi.org/10.18805/lr.v39i1.8864>

KLEIN, V. A. Física do solo. **Passo Fundo**: Ediupf, 2008.

LORENZETTI, J.G; RODRIGUES, M.A; SOARES, A.P; VIEIRA. Densidade de plantas e os efeitos nas características agrônômicas, temperatura e umidade do solo em consórcio milho-braquiária. **Nativa, Sinop**, v.11, n. 1, p. 101-107, 2023. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v11i1.14024>

MAPA. Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento (2020) **Agrofit - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília. Disponível em: . Acesso em: 13 mar 2020.

MARTIN-GUAY, M. O.; PAQUETTE, A.; DUPRAS, J.; RIVEST, D. The new Green Revolution: sustainable intensification of agriculture by intercropping. **Science of the Total Environment**, v. 615, n. 1, p. 767-772, 2018.

MASSAD, M. D.; OLIVEIRA, F. L.; FÁVERO, C.; DUTRA, T. R.; QUARESMA, M. A. L. Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na caatinga mineira. **Magistra**, v. 26, n. 3, p. 326-336, 2014.

MATEUS, P. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F DA S. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46, n. 10, p. 1161-1169, 2011.

MENEZES, C. B. et al. Melhoramento genético de sorgo. 2021. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229446/1/Melhoramento-genetico>.

MINGOTTE, F. L. C.; JARDIM, C. A.; AMARAL, C. B.; COELHO, A. P.; MORELLO, O. F.; LEAL, F. T.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Maize yield under *Urochloa ruziziensis* intercropping and previous crop nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 2, p. 1681-1690, 2021.

MINGOTTE, F. L. C.; JARDIM, C. A.; YADA, M. M.; AMARAL, C. B.; CHIAMOLERA, T. P. L. C.; COELHO, A. P.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Impact of crop management and no-tillage system on grain and straw yield of maize crop. **Cereal Research Communications**, v. 48, n. 3, p. 399-407, 2020.

MOTTIN, M. C.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; VANELLI, J.; ALVES, A. L.; RICHART, A.; SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.A., LUMBRERAS, J.F., COELHO, 389 M.R., CUNHA, T.J.F. 2018. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 5a ed. EMBRAPA, Brasília, pp. 117-120. ISBN 978-85-7035-817-2.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, 2010. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 88).

PAIVA, A. Q.; ARAÚJO, Q. R. Fundamentos do manejo e da conservação dos solos na região produtora de cacau da Bahia. In: VALLE, R. R., (Ed.). **Ciência, tecnologia e manejo do cacauero**. Brasília: Ceplac/CEPEC/SEFIS, 2012. p.115-134.

PIMENTEL, M. H.; OLIVEIRA, J. R.; BEM, S.R.; DALLACORT, R.; SZTOLTZ, C. L. (2010). Seletividade de herbicidas aplicado sem pré-emergência na cultura do sorgo. **Ciência Agrônômica**,44,123-132.

SANTOS, G. G.; Silveira, P. M.; Marchão, R. L.; Becquer, T.; Balbino, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.115-122, 2018.

SEIDEL, E. P.; GERHARDT, I. F. S.; CASTAGNARA, D. D.; NERES, M. A. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 55-66, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p55>.

SILVA, W. T.,SCHIO, L. A.,WAGNER, P. K.,MODANESE, B. P.,KARAM, D.,DASILVA, A. F. (2015). Tolerância de genótipos de sorgo sacarino a herbicidas pré-emergentes. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso(ALICE)**. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

SILVA, A. F., D'ANTONINO, L., FERREIRA, F. A., FERREIRA, L. R. (2014). Manejo de plantas daninhas. In: BORÉM, A. et al (Eds). **Sorgo: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Cerrado Correção e Adubação. **Embrapa**. 2004

VALADÃO, F.C.A., WEBER, O.L., VALADÃO JÚNIOR, D.D., SANTIN, M.F.M., SCAPINELLI, A. (2017). Teor de macronutrientes e produtividade da soja influenciados pela compactação do solo e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, 40(1),183-195. <https://doi.org/10.19084/RCA15092>

ZAMBRANA, M.O.D., RUIZ, H.A., SILVA, T.C.A., NEVES, J.C.L., CORRÊA, G.F., ERASO, M.H.R. (2010). A compactação de três materiais de solo, na redução da condutividade hidráulica, porosidade do solo e matéria seca de raiz nas culturas de soja e caupi. **Revista de Ciências Agrícolas**, 27(1), 74-84.

ZHANG, F.; LI, L. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. **Plant and Soil**, v. 248, n. 1, p. 305-312, 2003.