

UNIVERSIDADE CESUMAR - UNICESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO EM SOLO APÓS CULTIVO DE DIFERENTES
PLANTAS DE COBERTURA**

LUCAS BONFIM SOUZA
RAPHAEL SOUZA DA COSTA

MARINGÁ – PR

2023

Lucas Bonfim Souza
Raphael Souza da Costa

**RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO EM SOLO APÓS CULTIVO DE DIFERENTES
PLANTAS DE COBERTURA**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Cesumar –
UNICESUMAR como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Agronomia,
sob a orientação da Profa. Dra. Anny Rosi
Mannigel

MARINGÁ – PR
2023

LUCAS BONFIM SOUZA
RAPHAEL SOUZA DA COSTA

**DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO E MELHORIAS FÍSICAS PROMOVIDAS POR
PLANTAS FORRAGEIRAS**

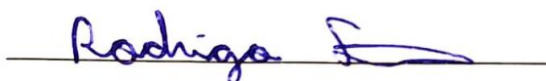
Artigo apresentado ao Curso de Graduação em agronomia da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob a orientação da Profa. Dra. Anny Rosi Mannigel.

Aprovado em: 01 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA



André Ribeiro da Costa – (Doutor, Unicesumar)



Rodrigo – (Msc, UEM)



Anny Rosi Mannigel – (Doutora, Unicesumar).

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO EM SOLO APÓS CULTIVO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA

Lucas Bonfim Souza

Raphael Souza da Costa

RESUMO

A agricultura brasileira exerce relevante papel para o Brasil, participando significativamente da geração do Produto Interno Bruto. Entretanto, os solos brasileiros apresentam problemas de degradação, principalmente referente a sua qualidade física. A utilização de plantas de cobertura é uma técnica de conservação do solo que também promove efeitos positivos na qualidade do solo. O presente trabalho possui o intuito de demonstrar o emprego de plantas de cobertura e toda a sua importância para o solo do ponto de vista físico. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura e experimento a campo com análises químicas e físicas de solos em laboratório antes do desenvolvimento das culturas e aferição de compactação do solo com o penetrômetro após o desenvolvimento das culturas. O experimento foi montado com 36 parcelas: 9 tratamentos e 4 repetições com blocos casualizados. Sendo implantadas as culturas crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth), milheto (*Pennisetum glaucum*), braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e um mix (composto pelas três espécies). Sendo tratamentos com todas as espécies individualmente, com o mix e ainda tratamentos utilizando fungos micorrízicos. Posteriormente, após o desenvolvimento delas, foram efetuadas avaliações da resistência a penetração do solo, quantidade de matéria seca, umidade do solo e matéria orgânica produzida por cada uma das culturas. Com a finalidade de identificar qual das espécies obteve os melhores resultados e mais se apresentou adaptável ao município de Kaloré - PR. Entretanto, no experimento não foram encontradas diferenças significativas nos tratamentos nas avaliações de resistência a penetração, umidade do solo e matéria orgânica.

Palavras-chave: Compactação. Penetrômetro. Sistema radicular.

SOIL DECOMPACTION AND PHYSICAL IMPROVEMENTS PROMOTED BY FORAGE PLANTS

ABSTRACT

Brazilian agriculture plays an important role for Brazil, participating significantly in the generation of the Gross Domestic Product. However, Brazilian soils present degradation problems, mainly related to their physical quality. The use of cover crops is a soil conservation technique that also promotes positive effects on soil quality. The present work aims to demonstrate the use of cover crops and all their importance for the soil from a physical point of view. For this, a literature review and field experiment were carried out with chemical and physical analysis of soils in the laboratory before the development of the crops and measurement of soil compaction with the penetrometer after the development of the crops. The experiment was set up with 36 plots: 9 treatments and 4 replications with randomized blocks. Crotalaria (*Crotalaria spectabilis* Roth), pearl millet (*Pennisetum glaucum*), brachiaria (*Urochloa ruziziensis*) and a mix (composed of the three species) were implanted. Being

treatments with all species individually, with the mix and also treatments using mycorrhizal fungi. Subsequently, after their development, evaluations of soil penetration resistance, amount of dry matter, soil moisture and organic matter produced by each of the crops were carried out. In order to identify which of the species obtained the best results and was more adaptable to the municipality of Kaloré - PR. However, in the experiment no significant differences were found in the treatments in the evaluations of resistance to penetration, soil moisture and organic matter.

Keywords: Compaction. Penetrometer. Root system.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira tem enorme importância para o país sendo um dos maiores geradores do Produto Interno Bruto (Medeiros, 2023). Entretanto, os solos brasileiros apresentam problemas de degradação, principalmente referente a sua qualidade física. A degradação dos solos no país começou no ano de 1531 com a colonização do território brasileiro pelos portugueses. Ademais, a degradação dos solos pode levar a um processo conhecido como desertificação. Dessa forma, evitar esse cenário é muito importante para a produção de alimentos (Oliveira *et al.*, 2021). Para melhorá-lo, podem ser utilizadas plantas de cobertura. Em relação a escolha da espécie a ser empregada, há de se considerar que cada uma apresentará velocidades de decomposição distintas, as quais ocorrem conforme relação carbono/nitrogênio (CN) (Michelon *et al.*, 2019).

Além disso, um grande problema para a atividade agrícola é a compactação de solos, ocorrendo devido aos manejos inadequados, acometendo negativamente o sistema radicular da planta que enfrenta dificuldades de desenvolvimento, ocasionando uma baixa sustentação da planta e menor capacidade de retenção de água. Ademais, a compactação do solo pode dificultar o acesso da planta aos nutrientes presentes nas camadas mais profundas e essa exposição ao estresse ambiental pode gerar mudanças fisiológicas negativas a planta (Morales *et al.*, 2020).

Após o advento da revolução verde, muitos produtores passaram a utilizar maquinários e implementos sem a real necessidade, partindo-se de experiências ou no que julgam ser melhor, sem levar em consideração critérios técnicos, muitas vezes perdendo em produtividade pela realização de práticas equivocadas. Em áreas manejadas com mecanização, a compactação pode ser mais intensa ou não, sendo interessante encontrar formas de verificar se existem camadas de solo compactadas, bem como em qual profundidade (Fernandes *et al.*, 2019). Uma maneira é utilizando o equipamento denominado penetrômetro. Segundo Raposo e Araújo (2019), o equipamento penetra no solo de forma mecânica, desse modo obtém-se dados e os converte em unidade/força, encontrando assim a resistência a penetração do solo. O penetrômetro ainda apresenta praticidade na utilização. No entanto, deve-se evitar realizar o procedimento em dias chuvosos, pois segundo Ferrari *et al.* (2018), a umidade presente no solo pode prejudicar a aferição, visto que influencia diretamente na resistência em camadas mais superficiais.

Desse modo, pode-se diminuir os danos da compactação do solo com a implantação de espécies que possuam sistema radicular austero. Segundo Santos *et al.* (2018), o sistema radicular austero se desenvolve mesmo em alto nível de compactação se comparado as espécies que não possuem esse sistema radicular. Além disso, segundo Hansen *et al.* (2023), as plantas

de cobertura são capazes de promover melhorias em todos os aspectos do solo, sejam eles químicos, físicos ou biológicos. Algumas plantas ainda descompactam o solo, reciclam nutrientes e produzem biomassa.

Sendo assim, o desenvolvimento das raízes, como a do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), é capaz de auxiliar na descompactação do solo graças a abertura de canais que garantem a infiltração da água e possibilitam o desenvolvimento de raízes das grandes culturas que poderão ser implantadas posteriormente (Herrada *et al.*, 2017). Ademais, a cultura possui grande produção de fitomassa com acúmulo e liberação de nutrientes, destacando-se o nitrogênio e potássio, reduzindo assim os riscos de lixiviação (Algeri *et al.*, 2018).

Outra cultura utilizada na descompactação de solos é a *Urochloa ruziziensis*. No experimento realizado por Ferreira *et al.* (2022), a cultura obteve uma das maiores áreas fotossintéticas em resposta ao solo compactado, mostrando assim que a espécie desenvolve mecanismos quando exposta à condições desfavoráveis.

Além dessas, outra cultura com potencial na rotação de culturas é a *Crotalaria spectabilis* Roth, sendo uma planta atratora de nematoides. Em contrapartida, por ser uma leguminosa, a cultura possui um sistema radicular pivotante diferentemente das demais espécies supracitadas, que possuem um sistema de raiz fasciculado. Segundo Silva *et al.* (2019), a crotalária passou a ser muito utilizada em programas de rotação de cultura, por suas peculiaridades, como o auxílio na ciclagem de nutrientes e na fixação biológica de N.

Outrossim, uma maneira de implantar essas culturas seria o mix, consistindo em misturar culturas diferentes para obtenção de melhores resultados ao solo e para as plantas sucessoras. Segundo Silva *et al.* (2021), no mix de cobertura normalmente é utilizado gramíneas e leguminosas e consegue-se obter benefícios desses dois grupos.

Além disso, em estudo realizado por Pereira *et al.* (2023), o cultivo de plantas de cobertura no outono/inverno com gramíneas, leguminosas ou misturas favorece o desenvolvimento de microrganismos que atuarão positivamente sobre a cultura de interesse. Sendo assim, é favorável manejos que beneficiem o processo de micorrização. Dessa forma, com o intuito de potencializar esse efeito também foi testado tratamentos com endomicorizas, criando um ambiente de ótima interação (simbiose) entre as raízes das plantas e os fungos, de forma em que ambos se beneficiem. Como benefício mais visível das micorizas, está a estimulação da planta para que ela tenha um maior potencial produtivo graças ao maior acúmulo de fósforo e outros nutrientes. Os fungos por sua vez recebem das plantas carboidratos e vitaminas (Acosta, 2021).

Portanto, esse trabalho visou averiguar a influência de plantas de cobertura solteiras ou mix em área degradada, bem como se a junção com as endomicorrizas se apresenta favorável para a massa verde, matéria seca, umidade do solo, matéria orgânica e no auxílio da descompactação, buscando avaliar qual cultura dentre as utilizadas mais implica na descompactação e promove melhorias nas propriedades físicas do solo.

2 DESENVOLVIMENTO

O experimento foi instalado em área de propriedade familiar no município de Kaloré, norte do Paraná. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é o subtropical úmido (Classificação climática de Köppen-Geiger: Cfa). A altitude é de 476m, com precipitação média anual de 1630mm e temperaturas médias de 18°C no inverno e 25°C no verão. O solo da área é classificado como Nitossolo vermelho eutrófico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos *et al.*, 2018). Sua classificação quanto a textura é argilosa, sendo um solo tipo 3, apresentando 56% de argila.

Anteriormente ao plantio, foram retiradas 10 amostras simples da área formando uma amostra composta em um balde limpo. Após a coleta do solo, a amostra composta foi levada ao laboratório e realizada uma análise química do material, como verifica-se na Tabela 1.

Tabela 1- Laudo químico do solo em pré-plantio

pH	MO	P	Ca	Mg	K	Al	H+Al	SB	CTC	V
CaCl-2	%	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³					%
5,50	3,32	1,08	12,08	5,57	0,30	0,0	4,93	17,9	22,8	78,4

Fonte: Laboratório de análises AgriSolum.

A área experimental foi subdividida em 36 parcelas, sendo 9 tratamentos e 4 repetições, em delineamento em blocos casualizados, a fim de avaliar o efeito de 3 culturas na descompactação do solo, sendo elas a braquiária (*Urochloa ruziziensis*), crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth) e milheto (*Pennisetum glaucum*). Além do tratamento apenas com as espécies isoladas, também o mix entre elas e tratamentos das sementes com fungos micorrízicos arbusculares.

Portanto, o 1º tratamento ficou como solo de pousio ou exposto, 2º tratamento com milheto, 3º tratamento com crotalária, 4º tratamento com braquiária, 5º tratamento com o mix

formado pelas três espécies, 6º tratamento com milho + fungos micorrízicos, 7º tratamento crotalária + fungos micorrízicos, 8º tratamento com braquiária + fungos micorrízicos e 9º tratamento com o mix das três espécies + fungos micorrízicos. As parcelas foram casualizadas e dimensionadas em 3,0 x 3,0 m (9 m²), como observa-se na Figura 1.

Figura 1- Croqui da área experimental

Bloco 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bloco 2	7	4	8	3	6	9	1	5	2
Bloco 3	8	6	1	9	4	2	5	3	7
Bloco 4	5	9	2	7	3	8	4	6	1

Fonte: Os Autores.

O tratamento das sementes com os fungos micorrízicos foi realizado de forma manual em pré-plantio, na dosagem de 20ml/100kg de sementes. O plantio foi realizado em março de 2023 por meio de matraca, com espaçamento entre linhas de 0,30m e a quantidade de sementes delimitadas de acordo com as especificações para cada cultura nesse modelo de plantio, como pode-se observar nas Figuras 2 e 3.

Figura 2- Plantio de forrageiras com matraca



Fonte: Os Autores.

Figura 3- Plantio de forrageiras com matraca



Fonte: Os Autores.

O plantio foi realizado no inverno e, 30 dias após, foi verificado um bom desenvolvimento das plantas, visto que, segundo Konzen *et al.* (2019), as forrageiras implantadas no período da entressafra apresentaram elevada produção de palhada, representando um bom desempenho na produção de biomassa. Nas Figuras 4, 5 e 6 observa-se as plantas de cobertura 30 dias após o plantio.

Figura 4- *Pennisetum glaucum*



Fonte: Os Autores.

Figura 5- Mix



Fonte: Os Autores.

Figura 6- *Urocloa Ruziziensis*



Fonte: Os Autores.

Antes do fechamento das linhas, houve a aplicação de ureia para o aporte de Nitrogênio, na dosagem de 50 kg por hectare nas parcelas compostas por gramíneas. Quantidade próxima com a utilizada em trabalho realizado por Luz (2023), aplicando 40kg por hectare. Além disso, o autor também realizou apenas a adubação nitrogenada em culturas que não são leguminosas. Procedimento este de suma importância, pois segundo Freitas, (2022), as gramíneas tropicais necessitam de um suplemento nitrogenado.

Ademais, 60 dias após o plantio, a cultura do milho estava em sua fase reprodutiva, enquanto as demais apresentavam-se na fase vegetativa, como verifica-se nas Figuras 7, 8 e 9.

Figura 7- Crotalária



Fonte: Os Autores.

Figura 8- Milheto



Fonte: Os Autores.

Figura 9- Braquiária



Fonte: Os Autores.

Posteriormente, ocorreu outra avaliação do desempenho das culturas 90 dias após o plantio. Nessa ocasião, a *Crotalaria spectabilis* Roth não havia fechado sua entrelinha como verifica-se na Figura 10 e em contrapartida a *Urochloa ruziziensis* apresentava alto desenvolvimento de massa verde, cobrindo toda a área. Já o milheto, entrava no processo de

maturidade fisiológica e além de fechar a entrelinha, também impedia a entrada de luz ao solo, a qual poderia desencadear a emergência de plantas daninhas.

Consoante a isso, em trabalho realizado por Timossi *et al.* (2021), a *Urochloa ruziziensis* e *Pennisetum glaucum* foram utilizadas para a supressão de plantas daninhas. E em paralelo, nesse trabalho, a cultura do milho apresentou a maior velocidade de fechamento de entrelinhas, já a braquiária manteve seu crescimento vegetativo ao longo de todo o período de avaliação, mostrando-se supressora dessas plantas. Dessa forma, apresentando uma ótima alternativa aos produtores para a rotação de culturas em épocas que o preço dos grãos na segunda safra não sejam atrativos, reduzindo a emergência e infestação de plantas daninhas na área para a próxima cultura na safra. Na Figura 11 e 12, verifica-se que aos 90 dias após o plantio, as culturas *Pennisetum glaucum* e *Urochloa ruziziensis* haviam realizado a total cobertura do solo com suas massas produzidas.

Figura 10- Crotalaria



Fonte: Os Autores.

Figura 11- Milheto



Fonte: Os Autores.

Figura 12- Braquiária



Fonte: Os Autores.

Posteriormente, 105 dias após o plantio, ocorreram as avaliações nas parcelas do experimento, a data foi escolhida devido a fase de maturação do milheto, o que comprometeria as avaliações se fosse adiada. Na ocasião, foram realizadas aferições com o penetrômetro para obtenção de dados referentes à Resistência à Penetração (RP) como mostram as Figuras 13 e 14.

Figura 13- Aferição da compactação



Fonte: Os Autores.

Figura 14- Aferição da compactação



Fonte: Os Autores.

Além disso, aos 105 dias após o plantio, foi colhido um metro quadrado de cada parcela do experimento para obtenção da quantidade de massa verde, com o auxílio de um esquadro com dimensões 1m x 1m, como observa-se na figura 15.

Figura 15- Demarcação para corte



Fonte: Os Autores.

Em seguida, separou-se uma alíquota de cada parcela em bandejas e realizou-se uma pesagem para a obtenção da massa verde, como observa-se na Figura 16.

Figura 16- Pesagem para obtenção da massa verde



Fonte: Os Autores.

Para a obtenção da quantidade de matéria seca, utilizou-se o método INCT- CA G-001/1, método este que consiste na secagem da amostra em estufa, com temperatura de 55 a 60°C por 72 horas. Entretanto, o método supracitado apresenta limitações quanto a sua utilização a campo por demandar de equipamentos específicos (Batista *et al.*, 2018). Após a pesagem, (Figura 16) os materiais foram levados ao laboratório em estufa à 65°C por 48h. Posteriormente à retirada, foi realizada uma nova pesagem para a obtenção da massa final, dessa forma obtém-se a quantidade de matéria seca acumulada em cada tratamento, depois foi realizada a conversão por meio de regra de três para a obtenção da quantidade de matéria seca em ton.ha^{-1} .

Ademais, depois do desenvolvimento das culturas, foram retiradas amostras de solo (0-30cm) com o intuito de identificar a umidade do solo e a quantidade de matéria orgânica. Para a obtenção da umidade do solo, a amostra coletada foi pesada de forma separada conforme os diferentes tratamentos e levada a estufa por 24h a 105°C. Posteriormente, realizou-se um cálculo para a obtenção da diferença entre o peso inicial e final. Além desse, outro cálculo foi realizado para a transformação de gramas para porcentagem que corresponde a essa diferença.

Com o intuito de quantificar a porcentagem de matéria orgânica do solo nos diferentes tratamentos, realiza-se o método de calcinação (Costa, 2021). Após a retirada da amostra de solo, foi inserido em um cadinho 4g desse solo pré-aquecido por um dia a 105°C. Posteriormente, o cadinho, contendo o solo, é levado ao forno mufla permanecendo por 3 horas a 550°C. Com base na diferença entre o peso final e peso inicial, obtém-se a quantidade de matéria seca, consoante a isso realiza-se outra transformação de valores para obtenção da MO

em porcentagem por meio de regra de três. Entretanto, ressalta-se que a calcinação direta em mufla é um procedimento que pode superestimar os valores, visto que temperaturas acima de 450°C causam ignição das frações inorgânicas e orgânicas do solo além da matéria orgânica (Silva, 2004).

Os dados foram tratados no programa do Sisvar e realizado o teste de Scott-Knott ao nível de 5 %.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 aborda parâmetros de comparação relacionados a resistência à penetração (RP). Valores estes utilizados para classificação dos valores de resistência a penetração, disponíveis no Gráfico 1.

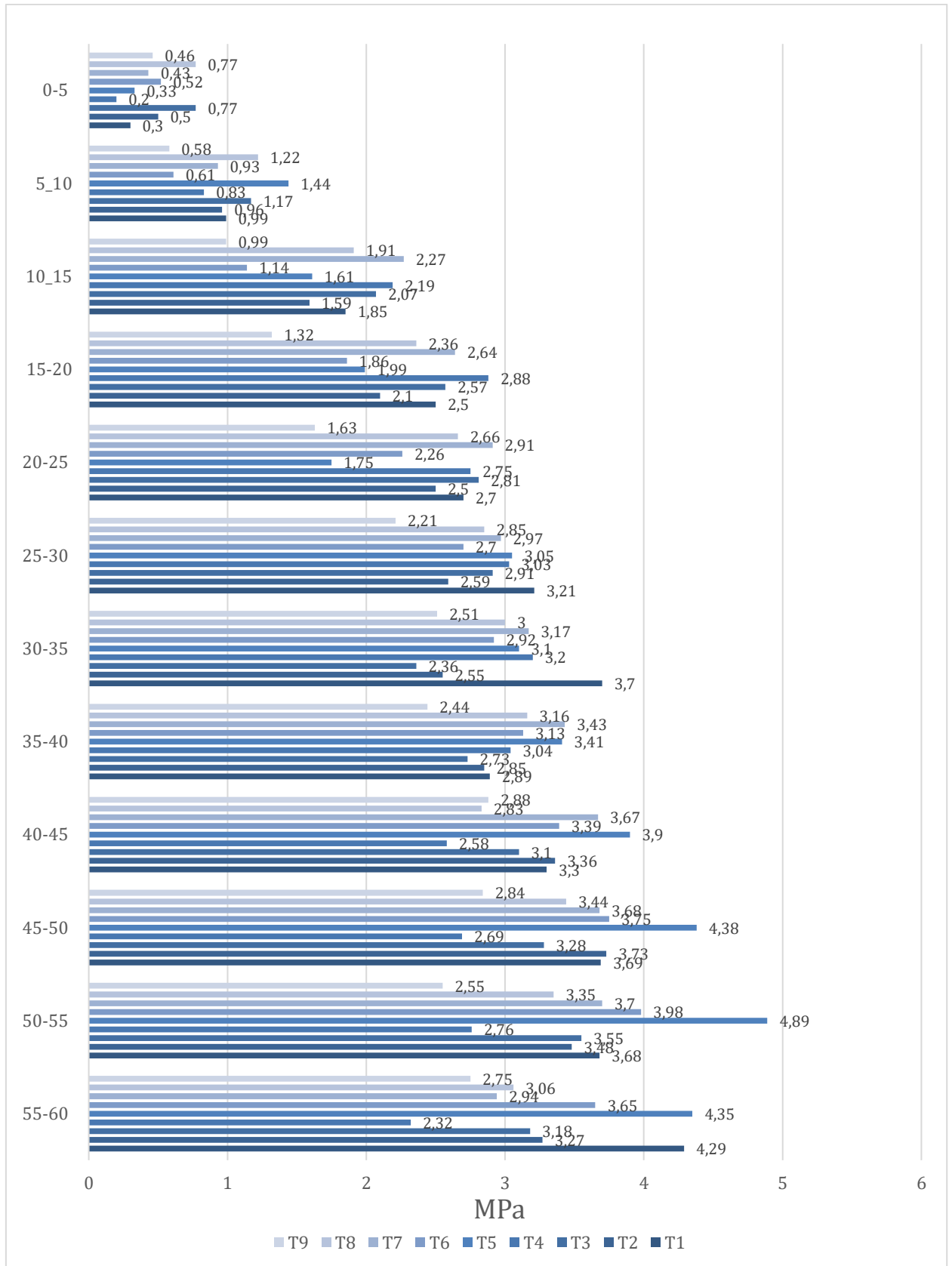
Tabela 2- Classificação da Resistência do Solo à Penetração (RP)

Classe	Resistência à penetração (RP) em MPa
Extremamente baixa	< 0,01
Muito baixa	0,01 a 0,1
Baixa	0,1 a 1,0
Moderada	1,0 a 2,0
Alta	2,0 a 4,0
Muito alta	4,0 a 8,0
Extremamente alta	> 8,0

Adaptadas de Soil Survey Staff (1993), citadas por (Arshad et al.,1996).

Os valores de Resistência à Penetração (RP) obtidos após a aferição com o uso do penetrômetro foram tratados no programa Sisvar com erro amostral de 5%, valor este utilizado por diversos autores como Spliethoff *et al.* (2020), podendo ser observados no Gráfico 1. Contudo, não foram suficientes para resultar em uma diferença significativa entre os tratamentos.

Gráfico 1 – Valores médios da resistência do solo à penetração (RP) em MPa avaliados a cada 0,05m de profundidade



Fonte: Os Autores.

Como supracitado, de acordo com os dados do Gráfico 1, não houve diferença significativa entre os nove tratamentos, isso pode ter ocorrido devido ao fato do período de tempo (segunda safra) ser curto para mudanças significativas na compactação do solo. Além de que, segundo Panisson *et al.* (2020) a *Crotalaria spectabilis* Roth, *Pennisetum glaucum* e *Urochloa ruziziensis* não se enquadram como forrageiras de inverno, podendo este ser um fator limitante para o melhor desenvolvimento das culturas.

Além disso, observa-se no Gráfico 1 valores de resistência a penetração muito altos, excedendo limites críticos para o desenvolvimento das plantas, proposto por autores como Tormena *et al.* (1998) e Silva *et al.* (2021). Ademais, com base no laudo de análise de solos realizado no pré-plantio, o valor de fósforo da área é classificado como muito baixo, podendo ser limitador do desenvolvimento das raízes, resultando em efeitos negativos à descompactação. Essa hipótese pode ser defendida pelo fato de que o fósforo é um macronutriente e portanto, indispensável as plantas e o nutriente que garante um incremento de produção em culturas de ciclo anuais (Méndez, 2020).

Na camada de 0-5cm de profundidade, a resistência à penetração é classificada como baixa em todos os tratamentos. No entanto, pelo alto tráfego de animais no local e plantio convencional, esperava-se valores mais elevados nessas camadas superficiais, pois o tráfego intenso de maquinários nesse modelo de plantio é capaz de gerar compactação no solo, principalmente em dias em que este apresenta maior umidade. Dessa forma, o desenvolvimento do sistema radicular das plantas é mais difícil e diminui a infiltração de água no solo, sendo prejudicial à retenção de água e ocasionando o escoamento superficial (Salomão *et al.*, 2020).

Na camada de 5-10cm, nos tratamentos com *Crotalaria spectabilis* Roth (T3), mix (T5) e *Urochloa ruziziensis* com o uso de fungos micorrízicos (T8), a classificação conforme a mesma tabela é considerada como moderada, no entanto, nos demais tratamentos se mantiveram na classificação como baixa, mesmo no solo de pousio (T1). Nessas avaliações, os números foram abaixo do nível crítico para desenvolvimento radicular. Segundo Cunha *et al.* (2019), os níveis de resistência à penetração para o crescimento radicular das plantas podem variar de acordo com o solo em questão e da espécie que está sendo cultivada. Entretanto, em trabalho realizado por Silva *et al.* (2021), os valores de resistência a penetração os quais excederam 2MPa limitaram o desenvolvimento do sistema radicular em diferentes culturas.

Quando analisada a resistência a penetração na profundidade de 10-15cm, os tratamentos com a *Crotalaria spectabilis* Roth (T3), *Urochloa ruziziensis* (T4) e *Crotalaria spectabilis* Roth com fungos micorrízicos (T7) apresentaram, com base na Tabela 2, valores de RP altos, excedendo o limite proposto por Silva *et al.* (2021). O tratamento com mix de

coberturas mais fungos micorrízicos (T9) foi o único tratamento em que os valores de RP foram classificados como baixos, o que era esperado pelo fato da grande presença de raízes e da simbiose entre essas e os fungos, proporcionando uma melhor absorção de nutrientes e consequentemente o melhor desenvolvimento do sistema radicular. Os demais tratamentos apresentaram valores de RP moderados.

Posteriormente, conforme houve um aumento da profundidade, a RP também aumentou seguindo uma proporcionalidade, pois em camadas mais profundas, ocorre um adensamento pela natureza dos solos, já que argilas dispersas são levadas pela água por meio da infiltração, chegando dos sítios de dispersão até o interior dos poros do solo, causando uma obstrução e consequentemente adensamento (Denardin, 2018).

Quanto a classificação de 15-20cm, tratamentos como o solo em pousio (T1) e plantas solteiras sem a inoculação com fungos micorrízicos (T2-T4) apresentaram valor de RP altos mediante a Tabela 2. Tratamentos como da *Crotalaria spectabilis* Roth (T7) e *Urochloa ruziziensis* inoculados (T8) também foram classificados como altos, em que todos excederam o limite crítico apresentado por Silva *et al.* (2021). Entretanto, tratamentos como o do *Pennisetum glaucum* inoculado (T6), mix sem a inoculação (T5) e com a inoculação de fungos micorrízicos (T9) apresentaram classificação moderada de acordo com a Tabela 2. Não excedendo o limite crítico apresentado pelo autor.

Na escala de 20-25cm, o mix com e sem fungos micorrízicos (T9 e T5, respectivamente) apresentaram a RP moderada. Os demais tratamentos de acordo com a Tabela 2 apresentaram RP considerada alta, extrapolando o limite crítico apresentado por Silva *et al.* (2021). Ademais, quanto a profundidade de 25-30cm todos os tratamentos, de acordo com o Gráfico 1, apresentaram compactação alta quando comparados a Tabela 2.

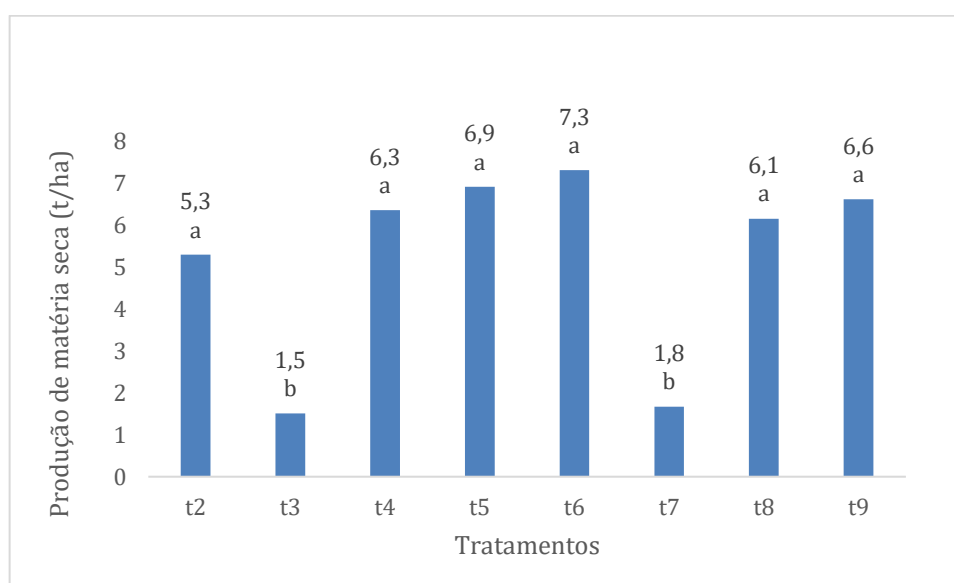
Neste trabalho, observa-se o que foi argumentado por Sartor *et al.* (2020), pois a compactação do solo possui tendência de aumento conforme aumenta a profundidade, devido principalmente ao pisoteio de animais que geram mudanças na conformação dos agregados. Dessa forma, no presente trabalho, a partir da profundidade de 25-30 cm não foram encontrados valores de RP abaixo do limite crítico proposto por Silva *et al.* (2021). Bem como, todos os valores de resistência a penetração encontrados após essa profundidade se enquadram segundo a Tabela 2 como altos ou muito altos. Diferentemente do trabalho de Santos *et al.* (2015), com culturas anuais apontando valores menores de RP em profundidades elevadas (50 a 60 cm).

Outro item analisado é o coeficiente de variação (CV), o qual em todas as camadas apresentaram valores muito altos como no trabalho de Ribon *et al.* (2008), ao qual apresentou CV elevado ao analisar a RP. Dessa forma, quanto maior o valor de CV menor é a precisão do

experimento, ou seja, são inversamente proporcionais (Verson *et al.*, 2018). Ademais, apresentar CV elevado culmina em resultados sem diferença estatística, citado por Drescher *et al.* (2012). Sendo assim, os valores de CV deste trabalho são parecidos com os dados dos autores supracitados.

No que tange respeito a produção de matéria seca (MS) pelas culturas, os valores também foram tratados no programa Sisvar com 5% de erro amostral (Gráfico 2). Dessa forma, verifica-se diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que o tratamento de mix sem inoculação com endomicorrizas (T5), bem como tratamentos com milho e mix, inoculados com fungos micorrízicos (T6 e T9 respectivamente) apresentaram diferenças positivas quanto aos demais. Em contrapartida, os outros tratamentos obtiveram resultados inferiores, no qual o tratamento com *Crotalaria spectabilis* Roth sem inoculação (T3) apresentou o menor valor de produção de matéria seca.

Gráfico 2- Produção de matéria seca pelas diferentes forrageiras



*Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott
Fonte: Os Autores.

Ademais, observa-se ainda no Gráfico 2 que milho respondeu muito bem a inoculação com fungos micorrízicos, aumentando a produção de MS em 2,02 ton.ha⁻¹, sendo que o milho inoculado apresentou uma produção média de 7,31 ton.ha⁻¹ contra a produção de 5,29 ton.ha⁻¹ de matéria seca no tratamento sem a inoculação. Valores em conformidade ao experimento realizado por Rocha *et al.* (2020), com produção de matéria seca abaixo de 6 ton.ha⁻¹. Entretanto, verifica-se a produção maior em tratamento inoculado com fungos micorrízicos,

extrapolando a produção obtida pelos autores. Em contrapartida, em trabalho realizado por Feitosa (2019), o *P. glaucum* também apresentou produção maior de matéria seca com 8,43 ton.ha⁻¹.

No experimento, a produção de MS pela *Crotalaria spectabilis* Roth foram as menores, apresentando uma produção de 1,51 ton.ha⁻¹ de matéria seca com a semente sem inoculante e 1,67 ton.ha⁻¹ nas plantas em que as sementes foram inoculadas com fungos micorrízicos. Consoante a isso, segundo Feitosa (2019), a *Crotalaria spectabilis* Roth também apresentou menor produção de MS em estudo realizado com as mesmas culturas, apresentando cerca de 0,78 ton.ha⁻¹. Ademais, em trabalho de Barbosa (2019), também observa-se que a *Crotalaria spectabilis* Roth obteve produção menor de matéria seca quando comparada a outras espécies, devido ao fato de possuir um acúmulo lento de biomassa.

Neste interim, observa-se que além do *P. glaucum*, a *Crotalaria spectabilis* Roth apresentou uma melhor produção de matéria seca no tratamento que recebeu fungos micorrízicos, verificando assim a simbiose entre fungos e raízes de plantas, permitindo acréscimo na absorção de nutrientes do solo pelas plantas, especialmente no caso do fósforo (P) o qual foi um nutriente encontrado em quantidade muito baixa no laudo químico de solo, podendo ser um limitador no desenvolvimento das raízes, causando efeito negativo no crescimento da planta. Autores como Lima *et al.* (2019), ressaltam que em áreas com menor quantidade de fósforo, promove-se uma melhor associação das micorrizas e as plantas. Entretanto, os resultados obtidos ainda poderiam ser melhores, contudo segundo Júnior *et al.* (2018), as plantas de cobertura possuem mecanismos que muitas vezes geram efeitos indesejados com o fechamento de estômatos, diminuição da área foliar e desenvolvimento radicular afetado, agindo negativamente nas avaliações deste trabalho.

Quanto à produção de matéria seca pela *Urochloa ruziziensis*, o tratamento sem inoculação (T4) apresentou uma produção de matéria seca mais alta do que se comparado ao tratamento com fungos micorrízicos (T8), sendo os valores de 6,35 ton.ha⁻¹ e 6,15 ton.ha⁻¹, respectivamente, resultado diferente do esperado. Isso acontece, pois segundo Lucas (2022), fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são grupos de microrganismos do solo que conseguem aumentar o crescimento das plantas. Entretanto, como a diferença de produção foi pequena, deve-se ao fato de que no período de realização do experimento apresentou chuvas espaçadas e com recorrência. Dessa forma, por mais que os fungos micorrízicos aumentem a zona de contato entre as raízes e o solo, aumentando a exploração da planta, seu melhor efeito se sobressai em períodos de déficit hídrico (Braga, 2021).

Além disso, os valores foram muito discrepantes quando comparado ao trabalho realizado por Ferreira *et al.* (2023), em que a espécie produziu em consórcio, valores maiores de 8 a 12 ton.ha⁻¹ de matéria seca. Entretanto, Marchão *et al.* (2021) constataram que a *Urochloa ruziziensis*, mesmo em um curto período de desenvolvimento, foi eficaz no controle de plantas daninhas quando utilizada para esse intuito. Além disso, no trabalho de Feitosa (2019), a *Urochloa ruziziensis* produziu cerca de 4 ton.ha⁻¹, valores abaixo dos encontrados nesse trabalho. Dessa forma, fica constatado que as gramíneas *P. glaucum* e *Urochloa ruziziensis* dispostas no período de inverno (segunda safra) apresentaram melhores produções de matéria seca quando comparadas a leguminosa *Crotalaria spectabilis* Roth.

Experimentos como de Lanconski *et al.* (2022) mostram que culturas em mix (associação entre elas) produziram uma quantidade de matéria seca maior quando comparado a cultura separada. Neste trabalho, com base nos valores médios de matéria seca produzida pelo mix, também observam-se produções mais altas do que as culturas isoladas, ficando atrás apenas da cultura do milheto (*P. Glaucum*) inoculado. Sendo a produção de matéria seca pelo mix de 6,91 ton.ha⁻¹ no tratamento com sementes sem inoculação e 6,61 ton.ha⁻¹ no tratamento de sementes com inoculação de fungos micorrízicos pré plantio. No Gráfico 2, observa-se a produção de matéria seca pelas culturas nos diferentes tratamentos.

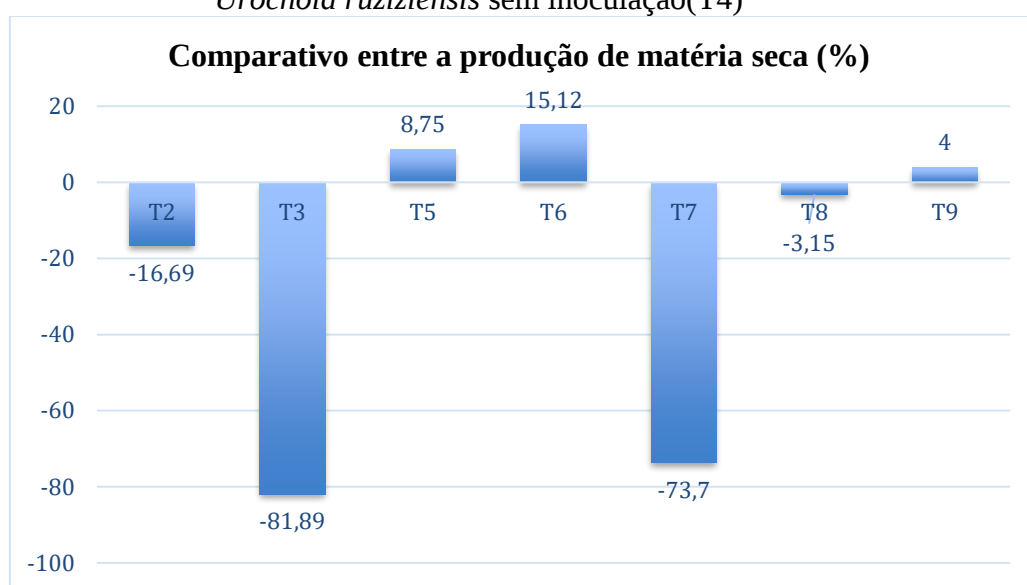
Ademais, de acordo com a Embrapa (2020) a *Urochloa ruziziensis* é a gramínea mais utilizada no período da entressafra. Dessa forma, quando se compara a produção de matéria seca das demais culturas com a *Urochloa ruziziensis* sem inoculação (T4), poucos tratamentos obtiveram produções maiores (Gráfico 3). Sendo eles, o mix inoculado (T9) com 4% a mais de produção de MS, mix sem inoculação (T5) com 8,75% a mais de produção de MS e o tratamento com *Pennisetum glaucum* inoculado (T6), apresentando uma produção de MS de 15,12% maior quando comparada ao tratamento T4.

No entanto, muitos tratamentos apresentaram produção de matéria seca menores, como o caso do tratamento com *Crotalaria spectabilis* Roth sem inoculação (T3) e com inoculação de fungos micorrízicos (T7), apresentando (respectivamente) uma produção de matéria seca de 81,89 e 73,70%, a menos que a *Urochloa ruziziensis* sem inoculação (T4). Isso se deve ao fato de que a cultura não apresenta grande produção de matéria seca quando comparada a gramíneas. Arelado a isso, em trabalho realizado por Pfüller *et al.* (2019), mesmo no período de verão - melhor período de desenvolvimento da cultura - a *Crotalaria spectabilis* Roth apresentou menor produção de MS quando comparada a gramíneas como o milheto (*P. Glaucum*).

O tratamento com *P. Glaucum* sem inoculação apresentou uma produção de matéria seca 16,69% menor se comparado ao tratamento 4. Além disso, o tratamento de *Urochloa*

ruzizensis inoculado com fungos micorrízicos apresentou uma produção de MS menor quando comparada ao tratamento que não foi realizada a inoculação, com uma produção de 3,15% a menos. Isso pode ocorrer, pois nesse período as chuvas foram bem distribuídas, sendo que os melhores resultados de inoculação com fungos micorrízicos são em períodos de estiagem, visto que eles conseguem aumentar a área de contato das raízes com o solo, melhorando assim a absorção de água e nutrientes (Nadeem *et al.*, 2014). No Gráfico 3, observa-se um comparativo da produção de matéria seca dos diferentes tratamentos em relação a *Urochola ruzizensis*.

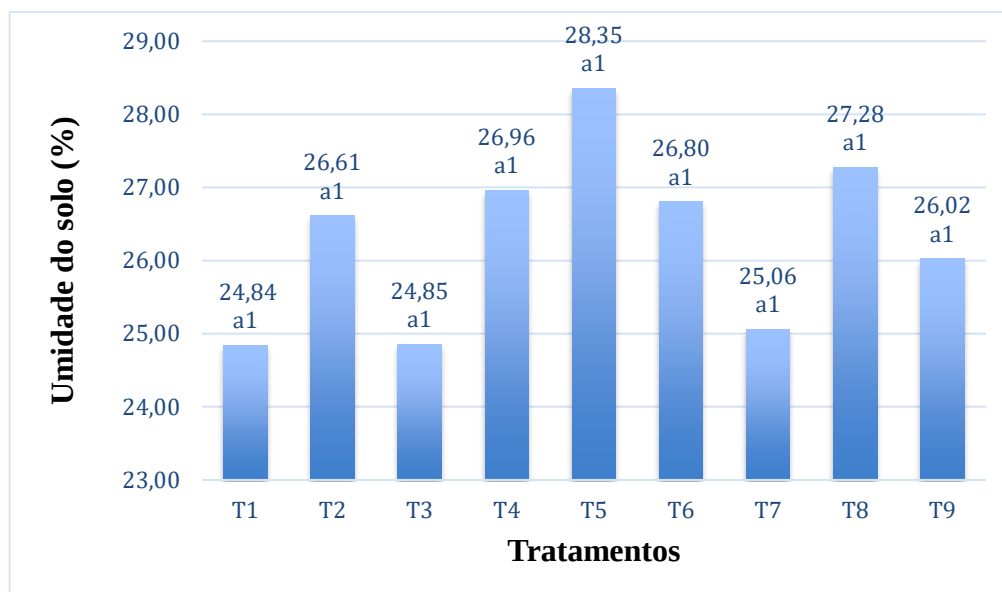
Gráfico 3- Comparativo entre a produção de MS dos diferentes tratamentos em relação a *Urochola ruzizensis* sem inoculação(T4)



Fonte: Os Autores.

Na avaliação de umidade do solo, não foram encontradas diferenças significativas entre os 9 tratamentos. Em trabalho realizado por Bertolino (2021), também não houveram diferenças significativas, seja na umidade do solo ou na RP, em experimento realizado com a *Crotalaria spectabilis* Roth e com *Pennisetum glaucum*. No Gráfico 4, observa-se os valores de umidade do solo em porcentagem, obtidos de cada tratamento.

Gráfico 4- Umidade do solo



*Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott

Fonte: Os Autores.

De acordo com as porcentagens médias obtidas, verifica-se no Gráfico 3 que o solo exposto (T1) apresentou umidade de 24,84%, entretanto esperava-se valores menores, pois segundo Araújo *et al.* (2021), áreas de solo exposto geralmente possuem temperaturas mais elevadas e a umidade é menor comparada a áreas com cobertura vegetal.

Ademais, em experimento realizado por Cardoso *et al.* (2022), a umidade do solo foi menor onde haviam sido implantadas as culturas do milho e da crotalária, independentemente do espaçamento utilizado. Relacionado a isso, a cultura da *Crotalária spectabilis* Roth no experimento, seja no tratamento sem inoculação ou no tratamento com inoculação de fungos micorrízicos apresentaram valores de umidade de solo 24,85 e 25,06%, respectivamente, valores muito próximos ao tratamento de solo em pousio (T1) como verifica-se no Gráfico 4. No entanto, também não apresentaram diferenças significativas quanto aos demais tratamentos.

A umidade do solo no tratamento com milho sem inoculação apresentou em média 26,61% e 26,80% no tratamento com inoculação de fungos micorrízicos, apresentando uma pequena melhora com a utilização das endomicorizas. Isso porque os fungos melhoram o crescimento das plantas, visto que aumentam a absorção de água e de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco e cobre. Isso ocorre, pois o micélio fúngico externo é capaz de aumentar a exploração do solo pelo sistema radicular, já que as hifas, por possuírem menores diâmetros que as raízes, garantem acesso a poros do solo que são inacessíveis às plantas (Novais *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2018).

Dessa forma, com maior crescimento de área vegetativa, esperava-se maiores resultados, os diferindo estatisticamente. Haja vista que de acordo com trabalhos realizados por Bragagnolo & Mielniczuk (1990) e Campos *et al.* (1994), a cobertura do solo por plantas e/ou seus resíduos fazem com que a porcentagem de água no solo seja maior devido a maior capacidade de retenção e menor evaporação.

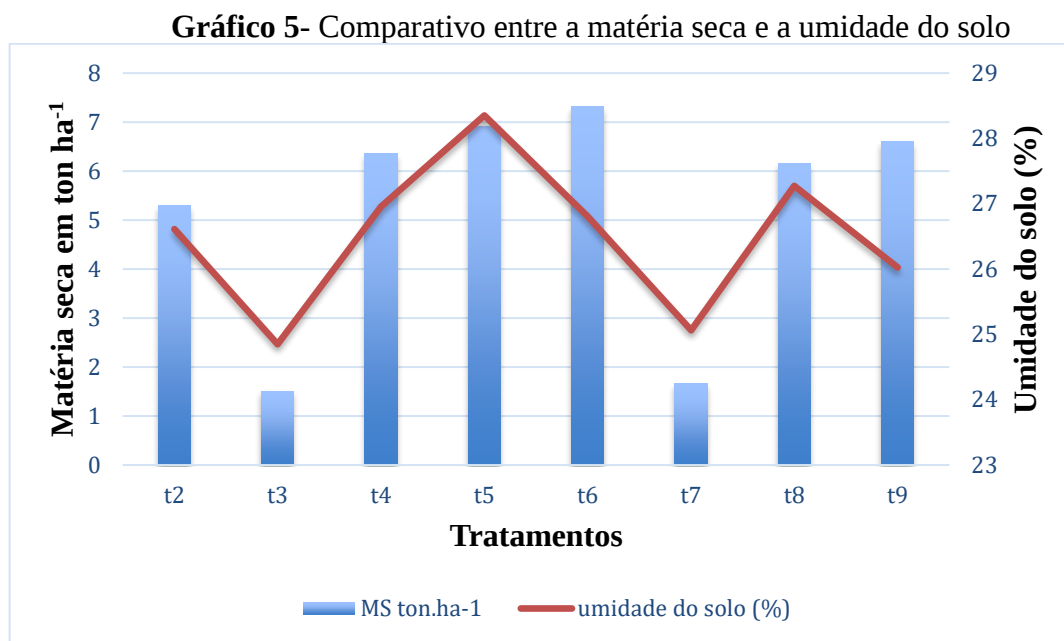
Outrossim, a *Urochloa ruziziensis* sem a inoculação proporcionou uma umidade média de 26,96% e 27,28% no tratamento com a inoculação de fungos micorrízicos. Desse modo, mais uma vez observa-se um pequeno aumento na umidade do solo no tratamento que foi inoculado com fungos micorrízicos quando comparados ao que não foram. Entretanto, quando avaliado a umidade do solo no mix de cobertura, o resultado apresentado foi diferente do esperado, obtendo uma maior umidade no tratamento sem inoculação quando comparado a umidade do tratamento com inoculação, apresentando umidade média de 28,35 e 26,02%, respectivamente.

Contudo, em experimento realizado por Acharya *et al.* (2019), plantas de cobertura promoveram um aumento de 3 a 5% de umidade de solo na profundidade de 0-30 cm em relação ao solo exposto. Valores esses muito parecidos com os encontrados neste trabalho em que a maior diferença encontrada em relação ao solo exposto foi de 3,54%, pertencente ao tratamento com mix sem inoculação (T5). O mix com inoculação no dia da avaliação ainda possuía grande quantidade de plantas verdes e metabolicamente ativas, dessa forma, a diferença de umidade em relação a testemunha ficou menor, com apenas 1,18% a mais. Isso é verificado em experimento realizado por Perin *et al.* (2004) em que a cultura do amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*) manteve maiores partes vegetais vivas e consequentemente obteve menor umidade do solo nesse tratamento.

O tratamento da *Crotalaria spectabilis* Roth sem inoculação (T3) não apresentou diferença quanto a testemunha (T1), já o tratamento da cultura inoculada (T7) obteve apenas 0,22% a mais de umidade em relação ao solo em pousio (T1). Isso se deve ao fato de que a cultura não desenvolveu seu máximo de parte aérea. Ademais, o tratamento com a cultura do *P. Glaucum* sem inoculação (T2) e com inoculação (T6) apresentaram 1,77 e 1,96% a mais que o tratamento 1, respectivamente. No tratamento com *Urochloa ruziziensis* sem inoculação (T4), a umidade do solo comparada a testemunha ficou 2,12% maior, já o tratamento com a espécie inoculada (T8) foi de 2,44% a mais.

Neste trabalho, fica visível que quanto maior a produção de matéria seca mais umidade o solo reteve naquele tratamento. Entretanto, como a cultura do milho havia entrado em senescência cerca de 30 dias antes da coleta de solo para obtenção da umidade, a cultura no

tratamento inoculado (T6) perdeu umidade devido a decomposição de parte da matéria seca. Já no tratamento com mix inoculado, tinham muitas plantas em pleno desenvolvimento no momento da coleta do solo, dessa forma, as espécies estavam consumindo água, apresentando a coluna da matéria seca maior do que a linha da umidade, como verifica-se no Gráfico 5.

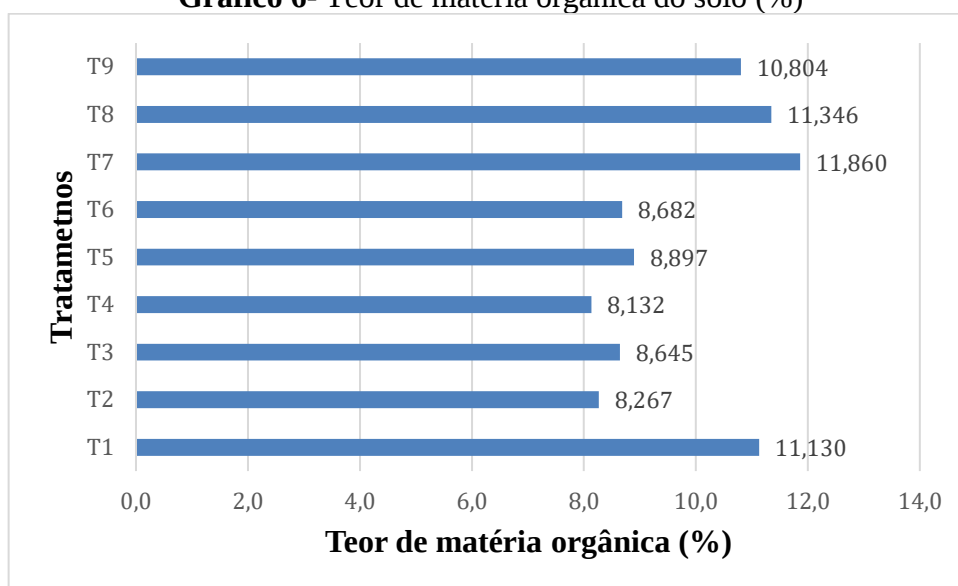


Fonte: Os Autores.

Quanto a avaliação do teor de matéria orgânica no solo (gráfico 6), observa-se que não houveram diferenças significativas entre os tratamentos.

Resultados semelhantes foram constatados no trabalho realizado por Cardoso *et al.* (2022) em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, no qual as plantas de cobertura não alteraram o teor de matéria orgânica do solo. Arelado a isso, no trabalho realizado por Rosa *et al.* (2010), em Latossolo Vermelho eutroférico, as plantas de cobertura entre os tratamentos não apresentaram diferenças nos teores de matéria orgânica (MO) do solo, independentemente do período avaliado.

Além disso, os autores supracitados ressaltaram que o aumento do teor de MO no solo acontece com o passar do tempo e seus benefícios são observados pelos anos decorrentes. No Gráfico 6, observa-se em porcentagem o teor de matéria orgânica após a implantação das culturas nos diferentes tratamentos. Os resultados obtidos se mostram muito altos em função da metodologia de quantificação utilizada (calcinação), já que nesse utiliza-se temperatura elevada, superestimando os teores de matéria orgânica do solo (Silvério e Gonçalves, 2008).

Gráfico 6- Teor de matéria orgânica do solo (%)

Fonte: Os Autores.

3 CONCLUSÃO

A implantação de plantas de cobertura, sejam isoladas, em mix, com ou sem inoculação com fungos micorrízicos, não resultou em diferenças significativas estatisticamente na compactação, umidade e no teor de matéria orgânica do solo. Entretanto, quando analisada a produção de matéria seca houveram diferenças significativas, mostrando a eficiência da inoculação com fungos micorrízicos, como no caso do tratamento da cultura do *Pennisetum glaucum*.

Ademais, mesmo não havendo diferenças significativas nas análises supracitadas, esperavam-se maiores valores de umidade do solo em tratamentos com plantas de coberturas que apresentaram maior desenvolvimento vegetativo, já que proporcionaria uma maior cobertura do solo, tanto com uma maior deposição de material vegetal e com o impedimento da radiação solar direta, apresentando gráficos de produção de matéria seca e umidade semelhantes. Entretanto, o período de tempo avaliado foi relativamente curto, em que o corte ocorreu 105 dias após o plantio, devido a senescência da cultura do milheto, impactando negativamente para resultados mais expressivos do experimento, já que essas avaliações podem ser observadas de forma mais significativa em um maior período de tempo.

REFERÊNCIAS

- A.C. SILVA HIRATAE.K. HIRATAP.A. MONQUEROA.R. GOLLAN. NARITA., 2009. **Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do tomate em plantio direto.** Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/pd/a/PNjxzdDXq6jMJFvWVSQv5TR/?lang=pt&format=html> > Acesso em: 13 jun. 2023. Doi <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000300006>
- ACOSTA, B. 2021. Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. **In Anales del jardín botánico de Madrid** (Vol. 66, No. 1, pp. 133-144). Real Jardín Botánico. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponível em: <https://www.ecologiaverde.com/micorrizas-que-son-y-tipos-2498.html>. Acesso em 28 out. 2023.
- ACHARYA; DAIGH & ODUOR. **Machine Learning for Predicting Field Soil Moisture Using Soil, Crop, and Nearby Weather Station Data in the Red River Valley of the North.** Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2571-8789/5/4/57> >. Acesso em: 28 out. 2023.
- BARBOSA, Izabela Richena. **Produção de matéria seca e marcha de absorção de nutrientes em *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*.** 2019. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019.
- BERTOLINO, K. M., DUARTE, G. R. B., VASCONCELOS, G. M. P. DE V. E, BOTREL, ÉLBERIS P., & MARTINS, F. A. D. (2021). **Produção de biomassa e cobertura do solo pelo consórcio de crotalária e milho e sua influência em propriedades físicas do solo.** *ForScience*, 9(2), e00931. DOI: <https://doi.org/10.29069/forscience.2021v9n2.e931>
- BATISTA; ARAUJO; OLIVEIRA; MARINHO; GUIMARÃES; RODRIGUES; EVANGELISTA & RIBEIRO. **Comparação de metodologias para determinação da matéria seca em diferentes espécies forrageiras.** Disponível em: < <http://www.adaltech.com.br/anais/zootecnia2018/resumos/trab-0991.pdf> >. Acesso em: 14 out. 2023.
- BRAGA, J. G. B. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Camadas Orgânicas do Solo da Amazônia. 2020. 56 p. **Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2022.
- BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. **Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho.** *R. Bras. Ci. Solo*, 14:91-98, 1990.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J.A. & NICOLODI, R. **Avaliação temporal da umidade do solo como consequência do tipo e percentagem de cobertura vegetal.** *Ci. Rural*, 24:459-463, 1994.
- COSTA. **Caracterização das substâncias húmicas de latossolos distribuídos no estado de Alagoas.** Disponível em: < <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/3611> >. Acesso em: 12 nov. 2023.

CUNHA; SILVA; OLIVEIRA; TAVARES; P. SILVA & MARTINS. **Resistência a penetração em um latossolo sob diferentes condições de uso no agreste da Paraíba.** *Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente, Humait, Amazonas, Brasil.* Ano 12, Vol XXIII, Número 2, Jul-Dez, 2019, p.140-153.

DB CITY. **Kaloré.** Disponível em: <https://pt.db-city.com/Brasil--Paran%C3%A1--Kalor%C3%A9>. Acesso em: 29 mar. 2023.

DENARDIN. (2018). Embrapa trigo. **Compactação e Adensamento de Solo: caracterização, origem, riscos, danos e soluções.** Disponível em: < <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=9b9a8853a16c079eJmltdHM9MTY5NjExODQwMCZpZ3VpZD0wNTg2ZDNkZS03YzYzM2LTZjZDYtMWI4NS1jMjVlN2RjZDZkMDkmaW5zaWQ9NTE5Mw&pptn=3&hsh=3&fclid=0586d3de-7c36-6cd6-1b85-c25e7dcd6d09&psq=adensamento+dos+solos+em+camadas+mais+profundas&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuZW1icmFwYS5ici9idXNjYS1kZS1ub3RpY2lhcy8tL25vdGljaWEvMzEzNDAzMjIvYXJ0aWdvLS0tY29tcGFjdGFjYW8tZS1hZGVuc2FtZW50by1kZS1zb2xvLWNhcmFjdGVyaXphY2FvLW9yaWdlbS1yaXNjb3MtZGFub3MtZS1zb2x1Y29lcw&ntb=1>>. Acesso em: 01 out. 2023.

DIONE P. CARDOSO, MARX L. N. SILVA, GABRIEL J. DE CARVALHO, DIEGO A. F. DE FREITAS, & JUNIOR C. AVANZI. (2022). **Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo.** *Revista Brasileira De Ciências Agrárias*, 8(3), 375-382. <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i3a2421>.

FEITOSA. **Consortiação de culturas de cobertura na safrinha em sistema de produção de soja: Fitomassa e ciclagem de nutrientes.** Disponível em: < <https://ufr.edu.br/pgeagri/wp-content/uploads/2020/09/Dissertacao-Priscilla-Barros-Feitosa.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2023.

FERRARI, J. M. S.; GABRIEL, C. P. C.; SILVA, T. B. G.; MOTA, F. D.; GABRIEL FILHO, L. R. A. TANAKA, E. M. **Análise da variabilidade espacial da resistência à penetração do solo em diferentes profundidades.** *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, Tupã, v. 12, n. 2, p. 164-175, 2018.

FERREIRA; BORIN; LAMAS & SOFIATTI. **Plantas de cobertura em segunda safra: nutrientes na palhada e produtividade de algodoeiro em sucessão.** Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632023000100209&lang=pt>. Acesso em: 25 out. 2023.

FERREIRA; MENEZES; J. MENEZES; ROBERTI; BARROSO & POLICARPO. **Efeitos da compactação do solo nas taxas fotossintéticas e respiratórias do milho, braquiária e colômbio.** Disponível em: <<http://revistas.unirv.edu.br/index.php/cicurv/article/view/224>>. Acesso em: 24 out. 2023. DOI: <https://doi.org/10.29327/1244474.16-119>.

FERNANDES, B. B.; MARASCA, I.; MARTINS, M. B.; SANDI, J.; LANÇAS, K. P. **Regressão quadrática para teores de água em função da compactação do solo.** *IRRIGA*, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 186–194, 2021. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3710>. Acesso em: 8 mar. 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p186-194>.

FREITAS, Gabriela da Silva. **Inoculação foliar com bactérias promotoras do crescimento de plantas associadas a doses de nitrogênio em megathyrus maximus cv. Brs zuri.** Disponível em: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/242972>>. Acesso em: 25 out. 2023.

GEOINFO. **Mapa de solos do Brasil.** Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=a59bfe2c013a4582JmltdHM9MTY4MDczOTIwMCZpZ3VpZD0wNTg2ZDNkZS03YzM2LTZjZDYtMWI4NS1jMjVlN2RjZDZkMDkmaW5zaWQ9NTIwMQ&ptn=3&hsh=3&fclid=0586d3de-7c36-6cd6-1b85c25e7dcd6d09&psq=mapa+de+classifica%c3%a7%c3%a3o+de+solos+iapar&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuZWlcmFwYS5ici9zb2xvcy9zaWJjcw&ntb=1>. Acesso em: 6 abr. 2023.

HANSEN, P. H.; SILVA, D. M. da .; LANZANOVA, L. S. .; GUERRA, D.; LANZANOVA, M. E. .; SOUZA, E. L. de .; BOHRER, R. E. G. . **Forage turnip: potential of the species as a soil decompactor, nutrient recycler and biomass producer. Research, Society and Development**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. e11612239863, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/39863>. Acesso em: 24 oct. 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i2.39863.

HERRADA, M. R., LEANDRO, W. M., & FERREIRA, E. P. B. (2017). **Leguminosas isoladas e consorciadas com milheto em diferentes sistemas de manejo do solo no feijão orgânico.** Terra Latinoamericana, 35 (4), 293-299.

JIMENEZ, R. L., GONÇALVES, W. G., ARAUJO FILHO, J. V., ASSIS, R. L., PIRES, F. R., & SILVA, G. P. (2008). **Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, 12 (2), 116-121.

JÚNIOR, George do Nascimento Araújo *et al.* **Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão.** Pubvet, v. 13, p. 148, 2018.

KONZEN, L.M, DREHER, D.R. RIBEIRO, M.L. SILVA, B. A. H. da BULHÕES, C. C. FALEIRO, V. de O. RAMOS JUNIOR, E. U. **Plantas de cobertura na entressafra e seu efeito no rendimento da soja.** Disponível em: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1119762>>. Acesso em: 25 de out. 2023.

KUNZ; GONÇALVES; REICHERT; GUIMARÃES; REINERT & RODRIGUES. **Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo argiloso com semeadura direta e escarificação.** Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/QFQvLrTTLJ7SbFnQZ7dLt3P/?lang=pt>>. Acesso em: 20 out. 2023. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000600026>.

LACONSKI, J.M.O.; NOGUEIRA, P.H.S.; PESSONI, L.D., 2022. **Produção de fitomassa por plantas de cobertura e seus efeitos em atributos do solo.** Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente, vol. 12, e12219. Doi: <https://doi.org/10.4322/2359-6643.12219>.

LIMA; SCHWARTZ; SILVA; LUNZ; MELLO & ALBINO. **Adaptabilidade de clones de eucalipto à inoculação de fungos micorrízicos em solo arenoso em são domingos do araguaia – PA.** (2019). Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215, 15(6), 1-10. <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3053>.

LUCAS. **Biodiversidade de fungos micorrízicos arbusculares sob solo de cerrado.** Disponível em: <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2374>>. Acesso em: 26 out. 2023.

LUZ, João Henrique Silva da. **Explorando legacy P com plantas de cobertura a longo prazo: resposta das culturas, dinâmica do P e estequiometria enzimática do solo.** 2023. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2023. Acesso em: 25 out. 2023. Doi:10.11606/D.11.2023.tde-03082023-153434.

MARCHÃO; J. FILHO; CARMONA; VILELA & CARVALHO. **Sorgo granífero consorciado com capim-braquiária na safrinha: estratégia para o manejo de plantas daninhas na soja em sucessão.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Robelio-Marchao/publication/342961789_SORGO_GRANIFERO_CONSORCIADO_COM_BRAQUIARIAS_NA_SAFRINHA_ESTRATEGIA_PARA_O_MANEJO_DE_PLANTAS_DANINHAS_NA_SOJA_EM_SUCESSAO/links/61486b5f3c6cb310697e65ac/SORGO-GRANIFERO-CONSORCIADO-COM-BRAQUIARIAS-NA-SAFRINHA-ESTRATEGIA-PARA-O-MANEJO-DE-PLANTAS-DANINHAS-NA-SOJA-EM-SUCESSAO.pdf>. Acesso em: 26 out. 2023.

MEDEIROS. **Estudo da aplicação de rocha (basalto amgdalóide alterado) em cultivo hidropônico, 2023.** Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/254203>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MENDÉZ. **Importancia del Fósforo en el incremento de la producción, en cultivos de ciclo corto.** Disponível em: <<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8194>> Acesso em: 24 out. 2023.

MICHELON, CLEUDSON JOSÉ; JUNGES, E. ; CASALI, C. A. ; PELLEGRINI, J. B. R. ; ROSA NETO, L. ; OLIVEIRA, Z. B. ; OLIVEIRA, M. B. . **Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno.** Revista de ciências agroveterinárias, v. 18, p. 230-239, 2019. Doi: <https://doi.org/10.5965/223811711812019230>

MORALES, F., ANCÍN, M., FAKHET, D., GONZÁLEZ TORRALBA, J., GÁMEZ, A. L., SEMINÁRIO, A., SOBA, D., MARIEM, S. B., GARROGA, M., & ARANJUELO, I. (2020). **Photosynthetic metabolism under stressful growth conditions as a basis for crop breeding and yield improvement.** Plants, 9 (1), 88. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9010088>.

NADEEM, S.M.; AHMAD, M.; ZAHIR, A.Z.; JAVAID, A.; ASHRAF, M. **The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments.** Biotechnology Advances, v. 32, n. 2, p. 429-448, 2014.

NOVAIS, C. B. *et al.* **Técnicas Básicas em Micorrizas Arbusculares.** 1. ed. Lavras, MG: Ed.UFLA, 2017. 132 p.

RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; FIQUEIREDO, F. A. M. M. A. **Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de Tectona grandis LF.**

Ciência Florestal, v. 28, p. 25-34, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/sYjg68QXYRNT7zNfZsgXqJF/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 28 out. 2022.

OLIVEIRA, J. P. C. de.; CORREIA, D. B.; VERÇOSA, C. J.; FIGUEROA, M. E. V.; CABRAL, C. da P.; VITOR, L. N. A.; SANTOS, A. F. dos.; MARTINS, A. S.; TEIXEIRA, L. M.; PEREIRA, G. G.; ANUNCIAÇÃO, J. A. O. da.; PEREIRA, F. D.; VASCONCELOS, J. M. P. B. L. de.; SILVA, A. S. O. da.; FERNANDES, N. de S.; OLIVEIRA, P. S. de.; SAMPAIO, N. K. S.; SANTOS, R. H. L. dos.; BARROS, J. E. L. de; SANTOS, M. A. F. dos. **Inappropriate land use and its impacts on the degradation of áreas. Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 12, p. e35101219948, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19948>. Acesso em: 12 mar. 2023. DOI: 10.33448/rsd-v10i12.19948.

PANISSON; FONTANELI; DALL'AGNOL; REBESQUINI; SILVEIRA; SANTOS, R. S. FONTANELI; BONDAN; CEOLIN & ESCOBAR. **Potencial de produção de biomassa de forrageiras e adubos verdes anuais de inverno**. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126786/1/Artigo-Francine-RFontaneli-Plantio-Direto-1.pdf>. Acesso em: 26 out. 2023.

PFÜLLER; SANTOS; AIRES & SAMANIEGO. **Aspectos fenológicos e produtividade de espécies de verão para a cobertura de solo em Vacaria, RS**. Disponível em: http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S230506832019000100023. Acesso em: 02 nov. 2023. DOI: <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.junio.23-30>.

PEDREIRA, B. C; BEHLING NETO; A. WRUCK; F. J. OLIVEIRA JUNIOR; O. L. de DOMICIANO; L. F. **Cultura de cobertura para entressafra: Importância e recomendações**. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1129791>. Acesso em: 02 nov. 2023.

PEREIRA; MATOS; ALMENIDA; BARRADAS & NUNES. **Importância das plantas de cobertura no aumento do grau de micorrização de tomateiro e milho**. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/28443>. Acesso em: 16 ago. 2023. Doi: <https://doi.org/10.19084/rca.28443>.

PERIN; LIMA; PEREIRA; TEIXEIRA & GUERRA. **Efeito de coberturas vivas com leguminosas herbáceas perenes sobre a umidade e a temperatura do solo**. Disponível em: <http://www.ia.ufrj.br/revista/vol.%2038%20-%202004/R.Agron.%2001/Trab.%20005%20-%20Efeitos%20de%20cobertura%20P.76.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2023.

RAPOSO & ARAUJO. **Análise de resistência dos solos: Elaboração e operação de penetrômetro de impacto dinâmico**. Disponível em: <http://www.pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/1271>. Acesso em: 24 out. 2023.

ROCHA; GOMES; SOUZA; FRANÇA; M. SOUZA & MATOS. **Adubação com biofertilizante bovino na cultura de milheto para silagem**. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/4378>. Acesso em: 25 out. 2023.

RIBON, A.A.; TAVARES FILHO, J. **Estimativa da resistência mecânica a penetração de um latossolo sob cultura perene no norte do estado do Paraná**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p.1817-1825, 2008.

RODOLFO DE ARAÚJO, W., MAINAR DE MEDEIROS, R., VIEIRA DE FRANÇA, M., MORANT DE HOLANDA, R., LIANA FREIRE PEREIRA, M., & SABOYA, L. M. F. (2021). **Flutuação da temperatura e umidade relativa do ar em recife – PE, Brasil**. Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, 2(6), e26481. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i6.481>.

ROSA; NÓBREGA; MAULI; LIMA & PACHECO. **Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rca/a/kZdPtx3nNKHfQcg5rhsbCzs/?format=html&stop=previous&lang=pt>>. Acesso em: 05 out. 2023. Doi: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170026>.

SALOMÃO, P. E. A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A. A. dos; MARTINS, A. C. E. **The Importance of Straw No-Tillage System for Soil Restructuring and Organic Matter Restoration**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 1, p. e154911870, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1870>. Acesso em: 26 oct. 2023. DOI: 10.33448/rsd-v9i1.1870.

SANTOS, M.H.F.; KIBON, A.A.; FERNANDES, K.L.; SILVA, O.C.C.; OLIVEIRA, L.C.; SILVA, A.A. **Estimativa da compactação através da resistência do solo a penetração sob diferentes culturas e mata nativa**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, periódico semestral, n. 27, jul 2015.

SANTOS, T. R., LEANDRO, W. M., DE MIRANDA, R. F., ANTUNES JÚNIOR, E. DE J., & CARDOSO, R. M. (2018). **Impacto da densidade do solo sobre o crescimento de variedades de milheto**. Multi-Science Journal, 1(13), 1–4. DOI: <https://doi.org/10.33837/msj.v1i13.626>.

SARTOR, L.R., ROMÃO, J., SILVA, V.P., CASSOL, L.C. & BRUN, E.J. (2020). **Resistência mecânica do solo à penetração em sistema silvipastoril após onze anos de implantação**. Ciência Florestal, 30(1): 231-241.

SILVA. **Investigação quantitativa e qualitativa da matéria orgânica associada a sedimentos marinhos, estuarinos e solos**. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/105197>>. Acesso em: 14 out. 2023.

SILVA; CAVALIERI; BULHÕES; IKEDA; WOIAND; OLIVEIRA; L. SILVA & A, OLIVEIRA. **Seletividade a herbicidas aplicados em pré emergência em *Crotalaria spectabilis* – estudo de campo**. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1119738>>. Acesso em: 24 out. 2023.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Disponível em: <<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=7f80041443f080a7JmltdHM9MTY5OTY2MDgwMCZpZ3VpZD0wNTg2ZDNkZS03YzZM2LTjZDYtMWI4NS1jMjVlN2RjZDZkMDkmaW5zaWQ>>

9NTIwMw&pptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=0586d3de-7c36-6cd6-1b85-c25e7dcd6d09&psq=sistema+brasileiro+de+classifica%3%a7%3%a3o+de+solos&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuZW1icmFwYS5ici9zb2xvcy9zaWJjcw&ntb=1>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SILVA; LOCATELLI; NUNES; OLIVEIRA; SAMPAIO; MANDU & C. SILVA. **Resistência mecânica do solo à penetração relacionado à umidade, densidade, Granulometria e Macronutrientes em Ji-Paraná – RO.** Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/download/23214/18644>> Acesso em: 24 out. 2023.

SILVA, M. A., NASCENTE, A. S., FRASCA, L. L. DE M., REZENDE, C. C., FERREIRA, E. A. S., FILIPPI, M. C. C., LANNA, A. C., FERREIRA, E. P. DE B., & LACERDA, M. C. (2021). **Coberturas isoladas e mistas para melhorar a qualidade do solo e cultivos comerciais no Cerrado.** Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S.l.], 10(12), e11101220008.10.33448/rsd-v10i12.20008.

SILVÉRIO, P. F., & GONÇALVES, C. (2008). **Influência dos métodos de determinação da fração de carbono orgânico em solos nos estudos de qualidade da água subterrânea e de avaliação de risco.** Águas Subterrâneas. Recuperado de <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23733>.

SPLIETHOFF, J.; RAMPIM, L.; POTT, C. A.; LUSTOSA, S. B. C. . **Implication of the use of different sampling grids to determine soil resistance to penetration and indicate management.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e790997871, 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7871>>. Acesso em: 28 out. 2023. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7871.

TIMOSSI; HENCHEN & LIMA. **Supressão de capim amargoso por plantas de cobertura.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Pc-Timossi/publication/357007458_SUPRESSAO_DE_CAPIM-AMARGOSO_POR_PLANTAS_DE_COBERTURA/links/63b0683ca03100368a4193a2/SUPRESSAO-DE-CAPIM-AMARGOSO-POR-PLANTAS-DE-COBERTURA.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

TORMENA, C. A., SILVA, A. P., & LIBARDI, P.L. (1998). **Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa -MG, 22, 573-581.

VENZON, M., SILVA, T. J. A. DA, SILVA, E. M. B., BASSINI, R. T., & FENNER, W. (2020). **Qualidade físico-hídrica de monolitos de solo de volumes variados coletados em solos de diferentes granulometries/Physical-hydric quality of soil monoliths of varying volumes collected in soils of different particle sizes.** Brazilian Journal of Development, 6(9), 69977–69987. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-445>

VIEIRA & ASSIS. **Micorrizas na região do cerrado.** Disponível em: <<https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/123456789/2413>> Acesso em: 19 ago. 2023.