

Avaliação das propriedades físicas e químicas do solo sob diferentes plantas de cobertura

Victor Augusto Mesomo Marlow^{1*}; Helton Aparecido Rosa¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

*victormesomo2001@gmail.com

Resumo: A utilização de plantas de cobertura no solo é uma prática de conservação que vem se difundindo cada dia mais. As propriedades físicas e químicas dos solos são afetadas por diferentes práticas de manejo e algumas são indicadoras de qualidade física do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades físicas químicas do solo sobre diferentes plantas de cobertura pós colheita de soja. O trabalho realizado a campo na Fazenda Escola – FAG em Cascavel – PR, o delineamento experimental foi em blocos casualizados contendo sete tratamentos: Pousio, *Crotalaria Juncea* (*Crotalaria juncea*), *Crotalaria Spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*), Capim-pé-de-galinha Gigante (*Eleusine coracana*), Milheto (*Pennisetum glaucum*), Feijão de Porco (*Canavalia ensiformis*), Guandú anão (*Cajanus cajan*) com cinco repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis: densidade de solo, resistência à penetração do solo e análise química do solo. Porém não houve diferença estatística nas variáveis densidades de solo, em relação a resistência a penetração do solo houve variáveis de 10-20 cm e 30-40 cm. De acordo com os dados obtidos, conclui-se que as propriedades físicas e químicas do solo sobre diferentes plantas de cobertura pós colheita de soja são positivas em relação RSP aos 10-20 cm e 30-40 cm e aos nutrientes disponíveis, principalmente manganês que diferiu estatisticamente entre os tratamentos.

Palavras-chave: Sistema plantio direto; Adubo verde; Densidade do solo.

Evaluation of the physical and chemical properties of the soil under different cover crops

Abstract: The use of cover crops in the soil is a conservation practice that is becoming more widespread every day. Soil physical properties are affected by different management practices and some are indicators of soil physical qualities. The objective of this work was to evaluate soil physical properties on different cover crops after soybean harvest. The work carried out in the field at Fazenda Escola - FAG in Cascavel - PR, the experimental design was in randomized blocks containing seven treatments, Witness, Sunn Hemp (*Crotalaria juncea*), Showy Crotalaria (*Crotalaria spectabilis*), Goosegrass (*Eleusine indica*), Pearl millet (*Pennisetum glaucum*), Jack Bean (*Canavalia ensiformis*), Dwarf Pigeon Pea (*Cajanus cajan*) with five replications were evaluated. The following variables were assessed: soil density, soil penetration resistance, and soil chemical analysis. However, there was no statistical difference in soil density variables. Regarding soil penetration resistance, differences were observed at 10-20 cm and 30-40 cm depths. Based on the data obtained, it is concluded that the physical and chemical properties of the soil under different post-soybean harvest cover crops are positive regarding soil penetration resistance at 10-20 cm and 30-40 cm depths, as well as the available nutrients, especially manganese, which showed statistical differences among the treatments.

Keywords: No-tillage system; Green manure; Soil density.

Introdução

A utilização de plantas de cobertura no solo é uma prática de conservação que vem se difundindo, já que ela visa manter a qualidade física, química e biológica do solo. A discussão sobre as qualidades de lavouras que fazem uso de cobertura em solo está cada dia maior, já que vem sendo observado que a planta acaba tendo maior resistência sob diversas condições e gerando maior produtividade final, além de prezar pela sustentabilidade e estabilidade de produção a longo prazo.

Em um sistema produtivo é de fundamental importância um ambiente favorável para o crescimento e desenvolvimento radicular (MOTTIN *et al.*, 2018). Muitos problemas de degradação ocorrem pelo manejo inadequado do solo, as intensas e constantes operações realizadas podem afetar sua estrutura, tornando este, suscetível a processos erosivos, decomposição e destruição da matéria orgânica, levando a compactação do solo que gera a redução do crescimento radicular e permeabilidade (TROIAN *et al.*, 2020).

A adoção de manejos que tem como intuito a sustentabilidade, torna-se cada vez mais essencial para manter a qualidade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas, aumentando a infiltração de água no solo e aeração, consequentemente melhorando a produtividade agrícola e qualidade do solo (SANCHES *et al.*, 2014).

Por isso, as plantas de cobertura são uma ótima alternativa para descompactar e melhorar a estrutura do solo, (SEVERIANO *et al.*, 2010). As plantas de cobertura possuem a capacidade de se desenvolver e criar poros, possibilitando incrementos de produtividade e favorecendo o fluxo de ar e água no solo, sobretudo na camada superficial (ABREU *et al.*, 2004). Elas também promovem a retirada de nutrientes da subsuperfície, liberando-os gradualmente na superfície durante o processo de decomposição. Além disso, as plantas de cobertura do solo promovem a maior diversidade e abundância da fauna edáfica (BALIN *et al.*, 2017).

As propriedades físicas dos solos são afetadas por diferentes práticas de manejo e algumas delas são indicadoras de qualidades físicas do solo, como a resistência à penetração do solo, densidade de solo, porosidade e estabilidade de agregados do solo (PACHECO e CANTALICE, 2011) ambas estão relacionadas ao bom desenvolvimento e estabelecimento das culturas (ROBOREDO *et al.*, 2010).

Já as propriedades químicas são de extrema importância para atingir elevadas produtividades, e a utilização de adubos verdes é imprescindível nesse processo, influenciando na melhoria das características químicas do solo (BUZIRANO *et al.*, 2009). Além dessa prática realizar a ciclagem de nutrientes, com a cobertura vegetal, possibilita

aumentar a quantidade de matéria orgânica no solo e diminuir a lixiviação de nitratos para o subsolo (RUFATO *et al.*, 2007). E para viabilizar a conservação e qualidade nutricional do solo aumentando o perfil de matéria orgânica, é de suma importância utilizar diferentes espécies como adubação verde (PACHECO *et al.*, 2021).

Vem sendo observado alterações benéficas na estrutura do solo em médio e longo prazo com o uso das plantas de cobertura, assim o objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades físicas e químicas do solo sobre diferentes plantas de cobertura pós colheita de soja.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Escola do Centro Universitário Assis Gurgacz – FAG, localizada no município de Cascavel, região oeste do Paraná, com latitude: 24° 57' 21" S e longitude 53° 27' 19" W e altitude média de 781m. no período de 9 de março de 2022 até 28 de março de 2023. O clima da região é classificado como CFA – subtropical e úmido, sem estação seca definida (NITSCHKE *et al.*, 2019). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho distroférrico típico, textura muito argilosa (EMBRAPA, 2018).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC). Contendo sete tratamentos com cinco repetições, totalizando 35 unidades experimentais, sendo que cada unidade experimental foi composta de uma área útil de 13 m², com diferentes plantas de coberturas, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1- Descrição dos tratamentos. Cascavel – PR, 2023.

Tratamento	Plantas de cobertura
T1	Pousio
T2	Crotalaria Juncea (<i>Crotalaria juncea</i>)
T3	Crotalaria Spectabilis (<i>Crotalaria spectabilis</i>)
T4	Capim-pé-de-galinha Gigante (<i>Eleusine coracana</i>)
T5	Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>)
T6	Feijão de Porco (<i>Canavalia ensiformis</i>)
T7	Guandú anão (<i>Cajanus cajan</i>)

Para semeadura o solo foi riscado com uma semeadora experimental de cinco linhas com espaçamento entre as mesmas de 0,45 m, sendo realizado semeadura manual na sequência em cada parcela.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: Densidade do solo (g cm⁻³), resistência do solo a penetração (RSP) e atributos químicos do solo, sendo eles: fósforo, potássio, cálcio,

magnésio, cobre, ferro, zinco, manganês, carbono, pH (CaCl) e Hidrogênio em alumínio (H+Al).

Sendo que o solo foi retirado no dia 21 de março de 2023 com o auxílio de um cilindro metálico (anel de Kopeck) com volume de 118 cm³ nas camadas 0-10 e 10-20 cm do solo.

Em seguida foi avaliada a umidade do solo, no qual o solo foi pesado, depois levado a uma estufa de secagem por 48 horas a 105 °C constante, realizando após esse período o peso das amostras secas. A densidade de solo foi medida através da equação 1:

$$DS = \frac{MSS}{V} \text{ (Equação 1)}$$

DS = Densidade do solo (g cm⁻³)

MMS = Massa de solo seco (g)

V = Volume do cilindro (cm³)

Para avaliar a RSP foi utilizado um penetrômetro digital Eijkelkamp, realizando 3 amostras por unidade experimental, o mesmo foi inserido nas seguintes camadas do solo 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

Para realizar a análise química do solo, foi coletado com auxílio de um trado holandês 4 amostras por unidade experimental, essas amostras foram homogeneizadas e delas resultou as amostras encaminhadas ao laboratório para análise.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro Wilk, atestada a normalidade, foi realizada a análise da variância (ANOVA) e quando significativo às médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro, com o auxílio do software estatístico SISVAR 5.8 (FERREIRA, 2019).

Resultados e discussão

Avaliando a Tabela 2 observa-se que não houve diferença estatística entre as variáveis de densidade de solo, apenas diferenças numéricas, Reichert *et al.* (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais, sendo 1,30 a 1,40 g cm⁻³ para solos argilosos, isso mostra que em nenhum dos tratamentos teve densidade crítica, já que os valores ficaram abaixo do considerado pelos autores. Eles também destacam que a habilidade das raízes penetrarem no perfil do solo diminui quando a densidade e a resistência do solo aumentam.

A RSP diferiu estatisticamente nas camadas entre 10-20 cm e 30-40 cm. Segundo Souza *et al.* (2006), os valores de RSP considerados críticos ao crescimento radicular das plantas variam de 1,5 a 3,0 MPa. Sendo de 2,5 MPa para solos argilosos (SENE *et al.*, 1985). A determinação de sua variabilidade e distribuição espacial da RSP é importante para o monitoramento das camadas de impedimento mecânico do solo e para determinação dos parâmetros responsáveis pelo rendimento das culturas, assim também como das pastagens.

Tabela 2 – Densidade de solo (Ds) em g cm⁻³ nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm e Resistência a penetração do solo (Rsp) em Mpa nas camadas de 0-10 cm, 10-20cm, 20-30cm e 30-40cm sobre diferentes plantas de cobertura, em Cascavel-PR.

Tratamentos	Ds 0-10cm	Ds 10-20cm	Rsp 0-10cm	Rsp 10-20cm	Rsp 20-30 cm	Rsp 30-40 cm
T1	0,98 a	1,02 a	0,66 a	1,73 b	2,12 a	1,84 b
T2	0,97 a	1,10 a	0,95 a	2,09 ab	2,32 a	2,11 b
T3	1,04 a	1,09 a	1,01 a	2,63 a	2,73 a	2,22 ab
T4	1,06 a	1,12 a	0,80 a	2,30 ab	2,76 a	2,65 a
T5	0,96 a	1,09 a	0,83 a	2,19 ab	2,46 a	2,07 b
T6	1,06 a	0,98 a	0,85 a	2,39 a	2,42 a	2,07 b
T7	1,04 a	1,08 a	0,69 a	2,41 a	2,45 a	2,08 b
DMS	0,17 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,57*	0,65 ^{ns}	0,48*
CV	8,43	6,96	37,02	12,76	13,26	11,32

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. DMS: diferença mínima significativa, CV: coeficiente de variação, ns: não significativa, *: significativa.

Analisando a Tabela 2, a densidade de solo em ambas as camadas, 0-10 cm e 10-20 cm não houve diferença estatística entre os tratamentos, resultado semelhante foi encontrado por Anschau *et al.*, (2018) avaliando a densidade de solo em diferentes coberturas de solo eles obtiveram maior densidade no tratamento testemunha, ou seja, onde não havia cobertura sobre o solo, estando o valor na camada 0-10 cm e na camada 0-20 cm com o valor semelhante a testemunha. Pessotto *et al.* (2016) observaram em trabalho semelhante a este que todos os tratamentos com diferentes coberturas de solo, demonstraram que, em seu primeiro ciclo de cultivo, as espécies utilizadas não promoveram efeitos significativos estatisticamente na densidade do solo, assim como Sanchez (2012).

Tormena *et al.* (2002), afirmam que a longo prazo, é possível que o acúmulo de matéria orgânica pelo uso contínuo de plantas de cobertura junto com a redução no tráfego proporcionada pelo sistema de plantio direto contribua para reduzir a densidade do solo. Já Ferreira *et al.* (2012), relatam que para se ter resultados positivos é necessário implantar com

frequência, plantas de cobertura, acumulando resíduos vegetais no solo, o que melhora suas propriedades físicas e torna-o menos suscetível a degradação

A RSP não teve diferença estatística de 0-10 cm e 20-30 cm, já na camada 10-20 cm a *Crotalália Spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*), Feijão de Porco (*Canavalia ensiformis*) e Guandú anão (*Cajanus cajan*) tiveram melhor resistência de penetração do solo sendo a pior resistência de penetração da testemunha, na camada 30-40 cm a *Crotalália Spectabilis* teve melhor resistência a penetração do solo seguida pelo Capim-pé-de-galinha Gigante e os demais obtiveram a mesma média estatística. Mottin *et al.* (2022) trabalhando com as mesmas camadas de solo não verificaram diferença na RSP quando trabalhou com milho em consorciado a plantas de coberturas da família Poaceae e Fabaceae, assim como, culturas da mesma família, ambas com um ano de semeadura.

Na comparação entre cultivos com 2 anos observaram que houve RSP nas profundidades de 0-15 cm e 30-40 cm. De Oliveira *et al.* (2022) avaliando a RSP nas camadas de solo a cada 5 cm obteve diferença significativa apenas na profundidade de 30-35 cm, nas outras profundidades ele não obteve diferença sendo esses dados semelhantes ao encontrados neste trabalho. Este fato pode ter ocorrido por ser o primeiro ano do manejo o mesmo foi observado por Reinert *et al.* (2008), Sanchez *et al.* (2012) e Francziskowsk *et al.* (2019) que também não observaram mudanças na resistência a penetração após cultivo com plantas de cobertura.

Avaliando a Tabela 3 observa-se que não houve diferença estatística entre a variável fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco, carbono, apenas diferenças numéricas. Já o manganês apresentou diferença estatística sobre as diferentes plantas de cobertura.

Tabela 3 – Análise química da fertilidade do solo de após o cultivo de diferentes plantas de cobertura, em Cascavel-PR.

Tratamentos	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Cobre	Ferro	Zinco	Manganês	Carbono
T1	19,41 a	0,57 a	5,76 a	1,21 a	10,07 a	27,47 a	3,78 a	51,21 a	26,93 a
T2	16,42 a	0,42 a	6,12 a	1,50 a	5,95 a	25,45 a	3,38 a	48,16 ab	28,86 a
T3	14,63 a	0,59 a	5,71 a	1,24 a	5,62 a	25,56 a	3,33 a	40,78 b	24,80 a
T4	22,73 a	0,41 a	5,78 a	1,33 a	6,69 a	26,23 a	3,52 a	45,60 ab	27,12 a
T5	15,35 a	0,43 a	5,60 a	1,34 a	3,85 a	25,81 a	3,38 a	43,79 ab	27,25 a
T6	15,26 a	0,43 a	6,28 a	1,44 a	4,35 a	25,97 a	3,60 a	4689 ab	27,27 a
T7	18,70 a	0,40 a	5,77 a	1,28 a	4,19 a	27,86 a	3,57 a	48,62 a	29,27 a
DMS	14,91	0,23	1,60	0,41	12,25	4,29	0,75	7,75	4,69
CV	42,47	24,65	13,71	15,38	104,91	8,14	10,75	8,32	8,55

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. DMS: diferença mínima significativa, CV: coeficiente de variação.

Pode-se observar na Tabela 3, que houve diferença numérica nos teores de nutrientes, variando os acúmulos de cada nutriente de acordo com cada espécie trabalhada, Neri e Junior (2023) encontraram resultados diferentes a este, trabalhando com diferentes coberturas ele obteve melhor resultado com *C. juncea*. Já Lanzasova *et al.* (2023) constataram em seu trabalho que para as variáveis químicas do solo apenas o uso de plantas de cobertura não foi suficiente para aumentar os níveis de nutrientes disponíveis. Ruaro (2022) não obteve resultados positivos trabalhando com diferentes plantas de cobertura na entressafra milho-trigo, os desempenhos das plantas de cobertura foram baixos, principalmente em cultivos solteiros. Para que seja possível ter alterações no teor de nutrientes com uso de plantas de cobertura, a repetição de cultivos deveria ser realizada por período maior, por (TORRES *et al.*, 2008; LEAL *et al.*, 2013).

Analizando a Tabela 4, em relação ao pH (CaCl) não houve diferença estatística nesse trabalho, dados de De Souza Maia *et al.* (2022) corroboram com esses, sendo que os mesmos trabalhando com consorcio entre milho + biocarvão, milho + braquiária, milho + brevíflora mix de plantas de cobertura, mix de plantas de cobertura + biocarvão e milheto em 2021 e 2022 não obtiveram diferença estatística no pH do solo, porém houve acréscimo do ano de 2021 para o ano de 2022 nos valores de pH. Lanzasova *et al.* (2023) também obtiveram resultados que corroboram com este trabalho. Costa *et al.* (2019) estudando indicadores químicos de qualidade de solos sobre sistemas de produção verificaram que o tipo de cobertura vegetal influencia o pH do solo, indicando também o aumento de pH com a utilização de adubos orgânicos ao longo dos anos, não tendo diferença nos primeiros anos, assim como o obtido neste trabalho.

Para os valores de acidez potencial, que é a soma de hidrogênio + alumínio, constatou-se que não houve influência em relação aos diferentes manejos de cobertura utilizados, não havendo variação significativa entre os tratamentos. O mesmo resultado foi encontrado por De Souza Maia *et al.* (2022) trabalhando com consorcio entre milho + biocarvão, milho + braquiária, milho + brevíflora mix de plantas de cobertura, mix de plantas de cobertura + biocarvão e milheto em 2021 e 2022.

Tabela 4 – Análise química da fertilidade do solo de após o cultivo de diferentes plantas de cobertura, em Cascavel-PR.

Tratamentos	pH (CaCl)	H+Al
T1	4,83 a	7,00 a
T2	4,90 a	6,53 a
T3	4,91 a	6,48 a
T4	4,79 a	7,05 a
T5	4,86 a	6,86 a
T6	4,90 a	6,60 a
T7	4,75 a	7,30 a
DMS	0,3288	1,2496
CV	3,38	9,11

Letra seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância. DMS: diferença mínima significativa, CV: coeficiente de variação.

Conclusão

De acordo com os dados obtidos, conclui-se que as propriedades físicas e químicas do solo sobre diferentes plantas de cobertura pós colheita de soja são positivas em relação RSP aos 10-20 cm e 30-40 cm e aos nutrientes disponíveis, principalmente manganês que diferiu estatisticamente entre os tratamentos.

Referências

- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 519-531, maio/jun. 2004.
- ANSCHAU, K. A.; SEIDEL, E. P.; MOTTIN, M. C.; LERNER, K. L.; FRANZISKOWSKI, M. A.; DA ROCHA H. D. Propriedades físicas do solo, características agronômicas e produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 293-299, 2018
- BALIN, N. M.; ZIECH, A. R. D.; OLIVEIRA, J. P. M. DE; GIRARDELLO, V. C., STUMPF, L., CONCEIÇÃO, P. C. Frações da matéria orgânica, índice de manejo do carbono e atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Scientia Agraria**, v.18, p. 85–94, 2017.
- BUZINARO, T. N.; BARBOSA, J. C.; NAHAS, E. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 408-415, 2009.
- COSTA, H. S.; SANTOS, T. S.; CÂNDIDO, J. S.; JESUS, L. M.; SOUZA, T. A. A.; MARTINS, J. C. Indicadores químicos de qualidade de solos em diferentes coberturas vegetais e sistemas de manejo. **Revista Fitos**, n. 13, p. 42-48. 2019.

DE OLIVEIRA, K. C. L.; SILVA, L. A. M.; GARCIA, B. T.; DA SILVA, A. R. B.; DE SOUZA, M. J. C. Uso do penetrômetro eletrônico manual na avaliação da resistência do solo em sistemas de cultivo com plantas de cobertura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e257111435706-e257111435706, 2022.

DE SOUZA MAIA, J. C.; FERREIRA, P. A.; BASÍLIO, J. P.; MARTINS, L. A.; CECCHIN, L. Efeitos de diferentes plantas de cobertura e extrato orgânico sobre atributos químicos de um solo franco argilo arenoso. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. 2022.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise do solo**. 2a. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P. de.; CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde**, Mossoró, v.7, n.1, p. 33–38, 2012.

FRANCZISKOWSKI, M. A.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; ANSCHAU, K. A.; MOTTIN, M. C. Propriedades físicas do solo nos sistemas de plantio direto e preparo reduzido com diferentes plantas de cobertura. **Engenharia na Agricultura**, n. 27, p.556-564. 2019.

LANZANOVA, M. E.; STEINHAUS, J. R.; DA SILVA, D. M.; GUERRA, D.; DE SOUZA, E. L.; PELIZZON, M. G.; BOHRER, R. E. G. Influência de plantas de cobertura em atributos do solo e produtividade do trigo em sistema plantio direto. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 6, p. 4948-4967, 2023.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, L. H. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 491-501, 2013.

MOTTIN, M. C.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; VANELLI, J.; ALVES, A. L.; RICHART, A.; FRANDOLOSO, J. F.; ANSCHAU, K. A.; FRANCZISKOWSKI, M. A. Biomass Productivity and Physical Properties of the Soil after Cultivation of Cover Plant in the Autumn and Winter. **American Journal of Plant Sciences**, v. 09, p. 775-788, 2018.

MOTTIN, M. C.; SEIDEL, E. P.; RIBEIRO, L. L. O.; PAN, R.; FEY, E.; ROSSET, J. S. Efeito do cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura na produção de massa seca e nas propriedades físicas do solo. **Conjecturas**, v. 22, n. 9, p. 70-91, 2022.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. D. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina PR: IAPAR, 2019.

NERY, J. S.; JUNIOR, K. S. F. Plantas de cobertura como estratégia de melhoria da fertilidade do solo. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 10, p. e36121043363-e36121043363, 2023.

PACHECO, E. P.; CANTALICE, J. R. B. Análise de trilha no estudo dos efeitos de atributos físicos e matéria orgânica sobre a compressibilidade e resistência à penetração de um Argissolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 403–415, 2011.

PACHECO, E.; BARROS, I. D.; SOBRAL, L.; BARRETO, A.; FERNANDES, M. Manejo e conservação do solo em sistemas de produção de grãos no bioma Mata Atlântica do Nordeste brasileiro. **Embrapa Gado de Leite**-Capítulo em livro científico, 2021.

PESSOTTO, P. P.; DA SILVA, V. R.; ORTIGARA, C.; KOPPE, E.; STROJAKI, T.; SANTI, A. L. Influência de diferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas de um latossolo vermelho. **Agrarian**, v. 9, n. 34, p. 348-356, 2016.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ci. Amb.**, 27:29-48, 2003.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 32(5),1805-1816. 2022.

ROBOREDO, D.; MAIA, J. C. S.; OLIVEIRA, O. J.; ROQUE, C. G. Uso de dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica de um Latossolo Vermelho Distrófico. (2010). **Revista Engenharia Agrícola**, 30(2), 307-314, 2010

RUARO, E. L. Avaliação do uso de plantas de cobertura de solo na entressafra milho-trigo. 2022.

RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; KRETZSCHMAR, A. A.; PICOLOTTO, L.; FACHINELLO, J. C. Coberturas vegetais no desenvolvimento vegetativo de plantas de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 107-109, 2007.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. 2012. 59 p. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste. Guarapuava, 2012.

SANCHEZ, E.; MAGGI, M. F.; GENÚ, A. M.; MÜLLER, M. M. L. Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Magistra**, 26, 48, 2014

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SENE, M.; VEPRASKAS, M. J.; NADERMAN, G. C.; DENTON, H. P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, p. 422-27, 1985

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B.; MAGALHÃES, E. N. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo capim-tifton 85. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 39-45, 2010.

SOUZA, Z. M. de; CAMPOS, M. C. C.; CAVALCANTE, I. H. L.; MARQUES JÚNIOR, J.; CESARIN, L. G.; SOUZA, S. R. de. Dependência espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água do solo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v.36, p.128-134, 2006.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v.59,n.4,p.795-801, 2002.

TROIAN, D.; ROSSET, J. S.; MARTINS, L. F. B. N.; OZÓRIO, J. M.B.; CASTILHO, S. C. DE P.; MARRA, L. M. Carbono orgânico e estoque de carbono do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista em agronegócios e Meio Ambiente**. v. 13 n. 4, p. 1447-1469, 2020.