

Influência de plantas de cobertura nas propriedades físicas do solo

Laura Eloisa Salvadori^{1*}; Helton Aparecido Rosa¹

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

^{1*}salvadorilaura@outlook.com

Resumo: O objetivo deste experimento foi avaliar a utilização de plantas de cobertura na melhoria de propriedades físicas do solo em primeiro ano de utilização. O experimento foi conduzido no Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, localizado no município de Cascavel, Paraná, no período de dezembro de 2023 a maio de 2024. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas de 4,10 x 4,50 m. As espécies utilizadas foram as seguintes: T1 – testemunha, T2 - feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), T3 – labe-labe (*Dolichos lablab*), T4 - mucuna preta (*Mucuna pruriens*), T5 - crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e T6 - mix contendo as quatro plantas. Todas as culturas foram semeadas manualmente com espaçamento entre linhas de 0,45 m e sem adubação química. Realizou-se duas capinas manuais nos estágios iniciais das plantas e, aos 102 dias a dessecação química a qual foi realizada de acordo com o manejo da Fazenda Escola. Foram avaliados os seguintes parâmetros: densidade do solo (g cm^{-3}), porosidade total (%) e resistência do solo a penetração (MPa). Após a coleta de dados e análise dos parâmetros, realizou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância com auxílio do software estatístico SISVAR. Não houve alterações significativas para Ds e Pt após um ano de cultivo de plantas de cobertura. A RSP diferenciou-se apenas na profundidade de 0,20-0,30 m onde a mucuna preta apresentou potencial para diminuir a resistência nessa profundidade.

Palavras-chave: *Crotalaria spectabilis*; *Canavalia ensiformis*; *Dolichos lablab*; *Mucuna pruriens*

Influence of cover crops on soil physical properties

Abstract: The objective of this experiment was to evaluate the use of cover crops in improving soil physical properties in the first year of use. The experiment was conducted at the Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, located in the municipality of Cascavel, Paraná, from December 2023 to May 2024. The experimental design used was in randomized blocks (DBC), with six treatments and four replications, totaling 24 plots measuring 4,10 x 4,0 m. The species used were the following: T1 – control, T2 - jack bean (*Canavalia ensiformis*), T3 – labe-labe (*Dolichos lablab*), T4 - black mucuna (*Mucuna pruriens*), T5 - sunn hemp (*Crotalaria spectabilis*) and T6 - mix containing four plants. All crops were sown manually with row spacing of 0,45 m and without chemical fertilization. Two manual weeding were carried out in the initial stages of the plants and, at 102 days, chemical desiccation was carried out in accordance with the management of the School Farm. The following parameters were evaluated: soil density (g cm^{-3}), total porosity (%) and soil resistance to penetration (MPa). After data collection and analysis of parameters, the Shapiro-Wilk normality test was performed and the data were subjected to analysis of variance (ANOVA), treatment means were compared using the Tukey test at 5% significance with the aid of the SISVAR statistical software. There were no significant changes for Ds and Pt after one year of cover crop cultivation. The RSP differed only at a depth of 0.20-0.30 m where the black velvet showed the potential to reduce resistance at this depth.

Keywords: *Crotalaria spectabilis*; *Canavalia ensiformis*; *Dolichos lablab*; *Mucuna pruriens*

Introdução

A necessidade de conservação física, química e biológica do solo é conhecida há séculos. Com isso, nota-se um aumento do interesse, por parte do produtor rural, na busca de técnicas de manejo do solo diferenciadas que propiciem essa conservação. Uma das alternativas válidas é a utilização de plantas de cobertura, pois este tipo de manejo influencia em fatores como: controle de erosão, redução da amplitude térmica do solo, descompactação do solo, agrega matéria orgânica e cobertura vegetal além de influenciar na diminuição do potencial de germinação de plantas daninhas.

O processo de compactação é um dos principais responsáveis pelas mudanças nas condições físicas do solo e, conseqüentemente, um fator limitante para o estabelecimento e desenvolvimento das culturas (SHAH *et al.*, 2017; KELLER *et al.* 2017; TIAN *et al.*, 2019). A compactação promove uma nova organização das partículas do solo, aumentando a proximidade entre as partículas sólidas ocasionando uma redução da porosidade total e variação na distribuição do tamanho dos poros (SIVARAJAN *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2022; HOLTHUSEN *et al.*, 2018).

Visto isso, o efeito da compactação excessiva do solo resulta em degradação física, aumenta a resistência do solo à penetração (RSP) e densidade (Ds) aparente e reduz a porosidade, aeração, infiltração de água no solo e fluxo de água, reduzindo o transporte de nutrientes no solo. Além de deformar o sistema radicular e, até mesmo impedir o desenvolvimento do mesmo ela altera o ciclo do carbono e atividade biológica do solo reduzindo quantidade de nutriente mineralizado da matéria orgânica (NAWAZ *et al.*, 2013), o que também diminui a produção de grãos rendimento (MOALEMI ORE e KARPARVARFARD, 2008; BOTTA *et al.*, 2010; GUBIANI *et al.*, 2018).

Com isso, surge a utilização das chamadas plantas de cobertura como alternativa de manejo cultural no qual estas, por sua vez, possuem sistema radicular forte, com capacidade de crescer em solos altamente resistentes, criando poros pelos quais as raízes das culturas subsequentes podem desenvolver-se melhor (ROSA *et al.*, 2012).

Assim como as demais culturas, as plantas de cobertura são divididas entre gramíneas e leguminosas. Segundo Fonseca (2017), as leguminosas podem servir como boa alternativa para auxiliar na recuperação de áreas degradadas devido a sua capacidade de proporcionar boa cobertura para o solo, devido à produção de biomassa e, a exploração que o sistema radicular promove nas camadas do solo.

Segundo Leal *et al.* (2012), quando estas plantas são utilizadas como adubos verdes, se tornam uma alternativa para suprir a utilização de fertilizantes orgânicos no entanto, para que seja possível, faz-se necessário a seleção de espécies com alta capacidade produtiva de matéria verde e alta capacidade de incorporação de N fixado biologicamente. Outra característica que deve ser alcançada por essas espécies é o fácil cultivo e integrarem facilmente a diversos sistemas de produção agropecuária.

Os fatores citados anteriormente são possíveis devido às características apresentadas pelas leguminosas, as quais são espécies rústicas, capazes de produzir muita biomassa e então proteger o solo contra a erosão (IMBANA *et al.*, 2021).

Uma das espécies conhecidas pela alta adaptação e recomendada para fins de adubação verde é a *Crotalaria spectabilis*. Segundo Tiecher (2016), estas plantas possuem um crescimento inicial lento e são caracterizadas pelo porte arbustivo de crescimento vertical determinado com altura média de 1,0 a 1,5 metros o que permite o cultivo em entre linhas de culturas perenes sem prejudicar o tráfego de máquinas ou pessoas. Assim como a crotalária, o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC) apresenta crescimento inicial lento, porém, seu porte é herbáceo, rasteiro e com crescimento ereto e determinado, podendo atingir 1,2 metros de altura (LÓPEZ, 2012).

Além disso, o feijão-de-porco torna-se uma alternativa no manejo devido às características morfológicas do sistema radicular constituído por raiz pivotante e um grande volume de raízes secundárias, o que favorece a abertura de pequenas galerias no solo, aumentando a aeração e capacidade de absorção de água do solo (PADOVAN *et al.*, 2011).

Ao contrário da crotalária e do feijão-de-porco citados anteriormente, a mucuna-preta é uma leguminosa tolerante ao sombreamento e ligeiramente resistente ao encharcamento temporário do solo, porém, também tolerante à seca (BARRETO; FERNANDES, 2001). Segundo Abud, Reis e Teófilo (2009), esta leguminosa possui sistema radicular bastante ramificado e profundo, o que permite extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo.

Característico pela capacidade de desenvolver-se em solos de baixa fertilidade, mesmo que com desenvolvimento inicial lento, o labe-labe é uma leguminosa que não tolera geadas e secas severas (CIESLIK, 2014).

De modo geral, as plantas de coberturas são espécies vegetais, cultivadas nas entre safras com o objetivo de proteger e melhorar as características do solo. Estas plantas podem ser utilizadas em sistemas de plantio direto, onde a palhada das plantas de cobertura permanece sobre o solo, formando uma camada orgânica que evita a erosão, conserva a umidade e a

temperatura, aumenta a fertilidade e controla as pragas e doenças. A escolha da espécie adequada depende de fatores como o clima, o solo, a época de plantio, a cultura principal e o objetivo do manejo (EMBRAPA, 2017).

No entanto, o objetivo do experimento consistiu em avaliar a utilização de diferentes plantas de cobertura na melhoria de propriedades físicas do solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2023 a maio de 2024, no Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz na área de cultivo do CEDETEC (Centro Universitário de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias) no município de Cascavel, região Oeste do Paraná. O clima da região é classificado como Cfa - subtropical e temperado, sem estação de seca definida (NITSCHKE *et al.*, 2019). O solo é classificado como Latossolo vermelho distroférico (EMBRAPA, 2018).

O delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e quatro repetições totalizando 24 parcelas de 4,10 x 4,50 m cada e corredores de 0,45m, totalizando 519,5 m². Os tratamentos utilizados foram: T1= testemunha, T2= *Canavalia ensiformis*, T3= *Dolichos lablab*, T4= *Mucuna pruriens*, T5= *Crotalaria spectabilis*, T6= *Mucuna pruriens* + *Crotalaria spectabilis* + *Dolichos lablab* + *Canavalia ensiformis*.

Na pré-semeadura realizou-se o controle das plantas daninhas, com produtos químicos recomendados para dessecação pré-semeadura. A marcação das linhas de semeadura foram realizadas de forma mecanizada com espaçamento de 0,45 m entre linhas, porém, a semeadura manual (com a quantidade de sementes viáveis de cada planta de cobertura) devido os diferentes tamanhos de sementes. Durante todo o experimento não foi utilizado qualquer tipo de adubação química e o controle de plantas invasoras deu-se por meio de capina manual sendo realizada duas capinas com 24 dias e 41 dias de semeadura.

Após as plantas de cobertura completarem seu ciclo no campo, com aproximadamente 102 dias, realizou-se a dessecação da área. Com 34 dias de dessecação, realizou-se a avaliação da densidade do solo (g cm⁻³), porosidade total (%) e resistência do solo a penetração (MPa).

A densidade do solo e porosidade total foram avaliadas através da utilização do método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, sendo coletadas as amostras indeformadas, as quais foram colocadas em estufa para secagem a 105 °C por 24 horas até peso constante. A RSP, aferida com a utilização do penetrômetro digital da marca Falker.

Com os dados coletados, realizou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk, com posterior análise de variância (ANOVA), e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância com auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2010).

Resultados e Discussão

Conforme pode-se observar na Tabela 1, não houve diferença para densidade do solo nas profundidades de estudo (0-0,10 m e 0,10-0,20 m) no primeiro ano de cultivo das plantas de cobertura. O mesmo ocorreu para Secretti *et al.* (2018), em Latossolo vermelho distroférrico, nas profundidades de 0-0,05 m e 0,05-0,10 m. Este, por sua vez, utilizou como área de estudo o seguinte: área de pousio, crotalária, milheto, milho, *Urochloa ruziziensis* + Ervilhaca e Milho + *Urochloa ruziziensis*. Embora não tenha diferença entre os tratamentos, nos dois estudos, o baixo valor de Ds pode estar associado ao mesmo fator, por ser uma área experimental com menor fluxo de máquinas agrícolas. Além disto, nota-se que os valores encontrados para Ds estão abaixo do padrão limitante de crescimento radicular das culturas anuais o qual, segundo Reichert *et al.* (2009) é de 1,35 Mg m⁻³ para solos de textura argilosa.

Tabela 1- Densidade do solo (g cm⁻¹) e porosidade (%) nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, após o cultivo de plantas de cobertura.

Tratamentos	Ds		Porosidade	
	0-0,10m	0,10-0,20m	0-0,10m	0,10-0,20 m
T1	1,01 a	1,03 a	61,78 a	61,25 a
T2	1,03 a	1,03 a	61,13 a	61,34 a
T3	1,05 a	1,05 a	60,46 a	60,56 a
T4	0,97 a	1,07 a	63,34 a	59,68 a
T5	1,00 a	1,06 a	62,31 a	60,17 a
T6	0,99 a	1,06 a	62,86 a	60,12 a
DMS	0,14	0,13	5,16	4,94
CV	5,95	5,55	3,70	3,63

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores obtidos para Ds (Tabela 1) corroboram com os de Veloso *et al.* (2013), em estudo utilizando lab-lab, mucuna preta, entre outros. Em profundidades de 0 – 0,10 m e 0,10-0,20 m os valores para Ds encontrados entre os tratamentos são muito próximos.

Quando trata-se da porosidade total, expressa na Tabela 1, não obteve diferença entre tratamentos e profundidade. Porém, observa-se que na camada de 0-0,10 m o tratamento 4 apresentou os maiores valores de porosidade total enquanto o tratamento 3 apresentou o menor valor. Quanto a profundidade de 0,10-0,20 m, o tratamento 2 apresentou os maiores valores para porosidade total e o tratamento 4 foi responsável pelo menor valor nesta profundidade.

Este resultado corrobora com Skalinski (2018), em estudo realizado em Cerro Largo (RS), região de latossolo vermelho, utilizando como tratamento: *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, Feijão guandu, Capim sudão, Sorgo, Milheto e Pousio; o qual verificou-se que não houve diferença significativa, para densidade do solo, entre os tratamentos em nenhuma das camadas avaliadas.

Conforme Andrade e Stone (2009), índices de 50% de porosidade total nos solos são ideais para a produção agrícola. Visto isso, verifica-se que, embora não houve diferenças entre os tratamentos, ambos apresentaram valor superior ao ideal. Situação semelhante foi encontrada por Ledur (2017), na qual a porosidade total em todas as camadas está entre 49% nas camadas subsuperficiais e 59% na camada superficial, estando dentro da faixa ideal de porosidade total.

Na Tabela 2, tem-se os resultados encontrados para resistência a penetração do solo nas profundidades 0-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m. Nas profundidades 0-0,10 m e 0,10-0,20 m não houve diferença de RSP entre os tratamentos, diferente da profundidade de 0,20-0,30 m a qual apresentou altos índices de RSP além de apresentar diferença significativa entre o tratamento 1 e tratamento 4. Os demais tratamentos não diferenciaram entre si.

Tabela 2 - RSP (MPa) em diferentes profundidades após o cultivo de plantas de cobertura.

Tratamentos	Rsp 0-0,10m	Rsp 0,10-0,20m	Rsp 0,20-0,30m
T1	1,08 a	2,62 a	3,05 b
T2	0,75 a	2,22 a	2,20 ab
T3	0,64 a	2,23 a	2,40 ab
T4	1,19 a	2,49 a	2,04 a
T5	0,85 a	2,39 a	2,95 ab
T6	0,61 a	2,28 a	2,86 ab
DMS	0,77	0,97	0,96
CV	40,26	18,11	16,59

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Umidade gravimétrica média do solo no dia da coleta= 32,6%.

Pode-se observar na Tabela 2, que os menores valores encontram-se na camada superficial de solo, de 0-0,10 m e nos tratamentos 2 e 4 na camada de 0,20-0,30. Esta situação também foi encontrada por Pereira (2023), quando utilizou Controle, *Crotalaria juncea*, Labe-Labe, Guandu, Feijão de porco, Milheto e *Crotalaria spectabilis* cultivado em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico. O mesmo ocorre para a profundidade de 0,10-0,20 m o qual há um aumento da RSP sendo valores acima de 2 MPa.

Segundo Reichert *et al.* (2003), o valor crítico para RSP é de 2 MPa considerando a umidade próxima a capacidade de campo. Contudo, nas profundidades de 0,10-0,30 m obteve-se valores acima do crítico, indicando um solo altamente compactado.

Por sua vez, Cremonez (2018), em sua pesquisa realizada em Latossolo Vermelho Eutroférico, com diferentes plantas de cobertura, também não encontrou diferença significativa entre os tratamentos o que indica que, embora exista uma diferença na RSP ela é baixa no primeiro ano de cultivo de plantas de cobertura.

Logo, na profundidade de 0,20-0,30 m encontram-se os maiores valores de RSP, indicando um maior nível de compactação. Observa-se que no tratamento 1, sem utilização de plantas de cobertura, está o maior valor de RSP (3,05 MPa) enquanto no tratamento 4 encontra-se o menor valor, indicando que houve uma diferença significativa na compactação do solo.

Observa-se que, embora não houve diferença significativa para Ds e Pt nas profundidades estudadas obteve-se valores dentro dos padrões. Por sua vez, quando fala-se da RSP na profundidades de 0,10-0,20 m encontrou-se valores críticos. Segundo Rosa *et al.* (2018), essa camada é a que mais sofre com deformações quando se trata do plantio direto devido ao uso de máquinas em condições de umidade inadequada.

Conclusão

Não houve alterações significativas para Ds e Pt após um ano de cultivo de plantas de cobertura.

A RSP diferenciou-se apenas na profundidade de 0,20-0,30 m onde a mucuna preta apresentou potencial para diminuir a resistência nessa profundidade.

Referências

ABUD, H. F.; REIS, R. G. E.; TEÓFILO, E. M. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e germinação de *Mucuna aterrima* Piper & Tracy. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 563-569, 2009.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. S. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 13, n. 4, p. 382-388, 2009.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. **Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de Tabuleiros Costeiros**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 24 p. il.; color. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular técnica, 19).

CIESLIK, L. F. **Leguminosas de verão como cobertura do solo para produção de milho em sistema de plantio direto**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

CREMONEZ, F. E. **Uso de plantas de cobertura na entressafra de milho e soja**. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2018.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Agropecuária Oeste. **Plantas de cobertura: O que é isto?** Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: < Artigo - Plantas de cobertura: O que é isto? - Portal Embrapa >. Acesso em: 03 out. 2023.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed., rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa solos, 2018. 356 p.

EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Tabuleiros Costeiros. **Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros**. 1. ed., rev. e ampl. – Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.0. Lavras: DEX/UFLA, 2010. CD-ROM. Software.

FONSECA, J. S. **Plantas de cobertura e sua influência nas propriedades físicas do solo e no rendimento de culturas estivais**. 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia Agrícola) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS).

GUBIANI, P. I.; MÜLLER, E. A.; SOMAVILLA, A.; ZWIRTES, A. L.; MULAZZANI, R. P.; MARCHESAN, E. Transpiration Reduction Factor and Soybean Yield in Low Land Soil with Ridge and Chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2018. Disponível em: < pt-RBCS-v042-0282-p5.indd (scielo.br) >. Acesso em: 18 set. 2023.

HOLTHUSEN, D.; BRANDT, A. A.; REICHERT, J. M.; HORN, R. Soil porosity, permeability and static and dynamic strength parameters under native forest/grassland compared to no-tillage cropping. **Soil and Tillage Research**, v. 177, p. 113-124, 2018.

IMBANA, R.; BLUM, S. C.; AGUIAR, M. I.; SOUSA, G. G.; NDMAI, M.; DABÓ, I. Leguminosas como plantas de cobertura para melhoria da qualidade do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 4, p. 351-357, 2021.

KELLER, T.; COLOMBI, T.; RUIZ, S.; MANALILI, M. P.; REK, J.; STADELMANN, V.; WUNDERLI, H.; BREITENSTEIN, D.; REISER, R.; OBERHOLZER, H.; SCHYMANSKI, S.; ROMERO-RUIZ, A.; LINDE, N.; WEISSKOPF, P.; WALTER, A.; OR, D. **Long-Term soil structure observatory for monitoring post-compaction evolution of soil structure**, 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.2136/vzj2016.11.0118> >. Acesso em: 17 set. 2023.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. Desempenho de crotalaria cultivada em diferentes épocas de sementeira e de corte. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 386-391, 2012.

LEDUR, C. L. **Uso de plantas de cobertura no período outonal e seu efeito sobre os atributos físicos do solo e a produtividade do trigo**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Cerro Largo, Rio Grande do Sul.

LIMA, R. P.; KELLER, T.; GIAROLA, N. B. F.; TORMENA, C. A.; SILVA A. R.; ROLIM, M. M. Measurements and simulations of compaction effects on the least limiting water range of a no-till Oxisol. **Soil Research**, v. 58, n. 1, p. 62-72, 2020.

LIMA, R. P.; ROLIM, M. M.; TOLEDO, M. P. S.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. R.; SILVA, I. A. C.; PEDROSA, E. M. R. Texture and degree of compactness effect on the pore size distribution in weathered tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v. 215, 2022.

LÓPEZ, R. E. S. *Canavalia ensiformis* (L.) DC (Fabaceae). **Revista Fitos**, v. 7, n. 3, p. 146-154, 2012.

MOALEMI ORE, A. **Effects of Soil Compaction Due to Wheel Traffic on Corn Growth and Yield**, 2008. Disponível em: < Effects of Soil Compaction Due to Wheel Traffic on Corn Growth and Yield | Request PDF (researchgate.net) >. Acesso em: 18 set. 2023.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2019. 210 p.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; FERNANDES, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 182-190, 2011.

PEREIRA, A. V. F. **Efeito de plantas de cobertura nos atributos físicos do solo após cultivo do milho em sementeira direta**. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca, 2023.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**, 2003. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/274250019> >. Acesso em: 27 maio 2024.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HÅKANSSON I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, p. 242-254. 2009

ROSA, H. A.; SECCO, D.; VELOSO, G.; SANTOS, R. F.; SOUZA, N. M.; MARINS, A. C.; BORSOI, A. Effects of the use of cover crops in the structure of an oxisol managed by a no-till farming system in the west of Paraná, Brazil. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 10, n. 2, p. 1278-1280, 2012.

ROSA, H. A.; SECCO, D.; SANTOS, R. F.; MARINS, A. C.; FORNASARI, C. H.; VELOSO, G. Structuring potential of cover crops in a clayey oxisol and their effect on crambe grain yield and oil content. **Revista Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 160-167, 2018.

SECRETI, M. L.; DUTRA, W. S.; MENDES, M. D.; ANTUM, M. M. S. **Influência das plantas de cobertura na densidade e temperatura do solo**. Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia. 2018. Maceió, AL.

SHAH, A. N.; TANVEER, M.; SHAHZAD, B.; YANG, G.; FAHAD, S.; ALI, S.; BUKHARI, M. A.; HAFEEZ, A. SOULIYANONH, B. **Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: an overview**. 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-8421-y#author-information>>. Acesso em: 17 set. 2023.

SIVARAJAN, S.; MAHARLOOEI, M.; BAJWA, S.G.; Impacto of soil compaction due to wheel traffic on corn and soybean growth, development and yield. **Soil and Tillage Research**, v. 175, p. 234-243, 2018.

SKALINSKI, I. **Eficiência das plantas de cobertura na recuperação da estrutura do solo**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Cerro Largo, Rio Grande do Sul.

TIECHER, T. (Org). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 8 p.

VELOSO, G.; SECCO, D.; ROSA, H. A.; SANTOS, R. F.; SOUZA, S. N. M.; MARINS, A. C.; WAZILEWSKI, W. T.; SILVA, T. R. B. Implications of plant cover in the structure of a clayey oxisol under no-tillage. **African Journal of Biotechnology**, v. 12, p. 3807-3810, 2013.