

Revista  
**Ciência, Tecnologia & Ambiente**

## Produção de fitomassa por plantas de cobertura e seus efeitos em atributos do solo

Phytomass production by cover crops and its effects on soil attributes

James Matheus Ossacz Laconski<sup>1\*</sup> , Paulo Henrique da Silva Nogueira<sup>1</sup>; Luan Domiciano Pessoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil. \*Autor para correspondência: james-matheus@hotmail.com

**Como citar:** 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. https://doi.org/10.4322/2359-6643.12219

### RESUMO

Associado ao impacto positivo da utilização de plantas de cobertura na formação de resíduos e melhoria dos atributos do solo, objetivou-se verificar o efeito de distintos mixes de plantas de cobertura comparados à aveia preta solteira, em atributos físicos do solo e na produção de fitomassa. O experimento foi conduzido no município de Jardim Alegre, PR, sob delineamento em blocos casualizados com 3 tratamentos e 7 repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois mixes de plantas de cobertura (Mix 1 e Mix 2) e aveia preta cv. Embrapa 139. Decorridos 97 dias após a semeadura (DAS), avaliou-se a produção de fitomassa úmida e seca, e aos 100 DAS a densidade e porosidade total do solo nas profundidades de 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,15 m. Os resultados indicam que o uso do mix de plantas de cobertura contendo trigo mourisco, capim sudão e nabo forrageiro (Mix 1) resulta em maior aporte de resíduos vegetais ao solo. A utilização do mix de cobertura formado por aveia-preta, aveia-branca, centeio, nabo japonês e nabo forrageiro (Mix 2) proporciona menor quantidade de resíduos, comparado à aveia preta solteira. A densidade e porosidade do solo não foram afetadas em ambas profundidades de solo. Nesse sentido, verifica-se que 100 DAS não há efeitos nos atributos físicos de solo avaliados, demonstrando a necessidade de estudos à longo prazo sobre o efeito das coberturas para esses atributos.

**Palavras-chave:** porosidade do solo, densidade do solo, adubação verde.

### ABSTRACT

Associated with the positive use of cover crops, the aim of this research was to analyze the effect of mixes of cover crops compared to single black oat on the soil physical attribute and in the production of phytomass. The experiment was carried out in Jardim Alegre, PR under a randomized block design with 3 treatments and 7 replications. The treatments consisted of two mixes of cover crops (Mix 1 and Mix 2) and black oat cv. Embrapa 139. 97 days after sowing (DAS), the production of wet and dry phytomass and at 100 DAS the total density and porosity of the soil at depths of 0.05 to 0.10 and 0.10 to 0.15 m. The results indicate that the use of a cover crop mix containing buckwheat, sudan grass and forage radish (Mix 1) results in a greater contribution of plant residues to the soil. The use of cover crops formed by oat, white oat, rye, japanese radish and forage radish (Mix 2) provides a smaller amount of residues, compared to single black oat. Soil density and porosity were not affected in both soil depths. In this way, at 100 DAS there are no effects on the physical attributes, demonstrating the need for long-term studies on the effect of cover crops for these attributes.

**Keywords:** soil porosity, soil density, green manure.



## INTRODUÇÃO

As plantas de cobertura são essenciais para o sucesso do Sistema de Plantio Direto (SPD), enquanto sistema conservacionista e sustentável para o manejo adequado do solo, contribuindo para a reestruturação dos atributos químicos e físicos (Cardoso et al., 2013; Snapp et al., 2005). Segundo Alvarenga et al. (2018) o principal objetivo da utilização de plantas de cobertura é manter o solo coberto sempre que possível.

De acordo com Alvarenga et al. (2018), complementado por Burgess et al. (2014), Housman et al. (2021) e Wulanningtyas et al. (2021), a utilização de plantas de cobertura proporcionam a melhoria de diversos aspectos relacionados ao solo, a cultura principal e atividades relacionadas, sendo elas: proteção adicional aos restos culturais contra erosão do solo, alimento e proteção para organismos, proporção adequada de carbono e nitrogênio na palhada, aumento do aporte de nitrogênio no agroecossistema, efeito alelopático e de supressão sobre plantas daninhas, aumento da matéria orgânica no solo, redução do encrostamento superficial e compactação dos solos pela ação das raízes, aumento da infiltração, retenção de água e aeração pelo aumento da porosidade do solo, aumento da proteção contra os raios solares reduzindo a temperatura e amplitude térmica no solo e a oxidação da matéria orgânica, melhorando assim sua atividade microbiana e dentre outros fatores.

Porém, mesmo diante de tantos benefícios da utilização de plantas de coberturas, existem algumas questões que não são amplamente disseminadas, seja por desconhecimento técnico, insegurança quanto à sua eficácia ou falta de estímulos para os produtores adotarem tais práticas (Oliveira et al., 2021). Contudo a utilização vem ganhando força através da utilização do sistema de plantio direto.

Atualmente existem diversas pesquisas que demonstram o potencial da utilização de plantas de cobertura e os efeitos benéficos desta técnica. Em trabalho desenvolvido por Volk et al. (2004) verificou-se que a utilização de aveia preta (*Avena strigosa* S.) como planta de cobertura conferiu ao solo maior resistência à erosão hídrica quando comparada ao cultivo somente de milho. Borges et al. (2016a) verificaram maior estabilidade de agregados do solo ao utilizar diferentes plantas de

coberturas em distintas quantidades de sementes por hectare e atribuíram os resultados à quantidade de restos vegetais na superfície do solo que são proporcionados. Além disso, há relatos dos efeitos de plantas de cobertura na inibição da emergência e do crescimento de plantas daninhas (Pacheco et al., 2013), no aumento da produtividade de culturas principais (Altieri et al., 2011; Ritter et al., 2018), na resistência à penetração, densidade e porosidade total do solo (Sequinatto et al., 2014), dentre outras melhorias.

Os restos culturais devem cobrir pelo menos 80% da superfície do solo, e contabilizar 7 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca para a cobertura ideal. Esse é um dos requisitos mais importantes para o sucesso do plantio direto por atuar praticamente em todas as modificações que o sistema promove (Acosta-Martínez et al., 2007; Alvarenga et al., 2018). De acordo com Araújo et al. (2019) a busca pelo equilíbrio entre a quantidade de palhada produzida, o tempo de permanência sobre o solo e a ciclagem de nutrientes pode ser dificultado quando se utiliza de apenas uma única espécie de planta de cobertura. A partir disso, têm-se os mixes de cobertura que são um conjunto de distintas sementes que apresentam diferentes espécies de plantas de cobertura.

Dessa forma objetivou-se com este estudo verificar o efeito de distintos mixes de plantas de cobertura comparados à aveia preta (*Avena strigosa* S.) solteira, nos atributos físicos (densidade e porosidade total) do solo e na produção de fitomassa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Jardim Alegre, Paraná, (24° 09' 01" S e 51° 39' 10" W), no período de julho a outubro de 2021, sob um Latossolo Vermelho distrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012). A região apresenta, de acordo com a classificação climática de Köppen (1948), clima tipo subtropical úmido (Cfa), com verões quentes (temperatura média superior a 22°C), invernos com geadas e ausência de estação seca. A precipitação média da região é de aproximadamente 1700 mm anuais (Caraminan et al., 2019).

A área experimental apresentava a soja como cultura antecessora de verão nas safras 2019/20 e 2020/21 e, anteriormente o local era destinado à produção de cafeeiro.

O sistema plantio direto iniciou-se com o trigo (*Triticum aestivum* L.) em 2019. O solo foi preparado com três arações e gradagens. Posteriormente adotou-se o cultivo de soja (*Glycine max* L.) (2019/20), seguido da cultura do trigo (2020) e novamente a soja (2020/21). Como alternativa à cultura do trigo, adotou-se os tratamentos deste experimento.

O experimento foi instalado a campo, sob delineamento em blocos casualizados com 3 tratamentos e 7 repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois mixes de plantas de cobertura (mix comerciais) e aveia preta (*Avena strigosa* S.) cv. Embrapa 139, solteira. As informações referentes aos tratamentos estão expressas na Tabela 1.

Os dados meteorológicos desde o período da implantação do estudo até o corte das plantas foram obtidos na estação meteorológica localizada na Unicentro, Campus Cedeteg (Figura 1).

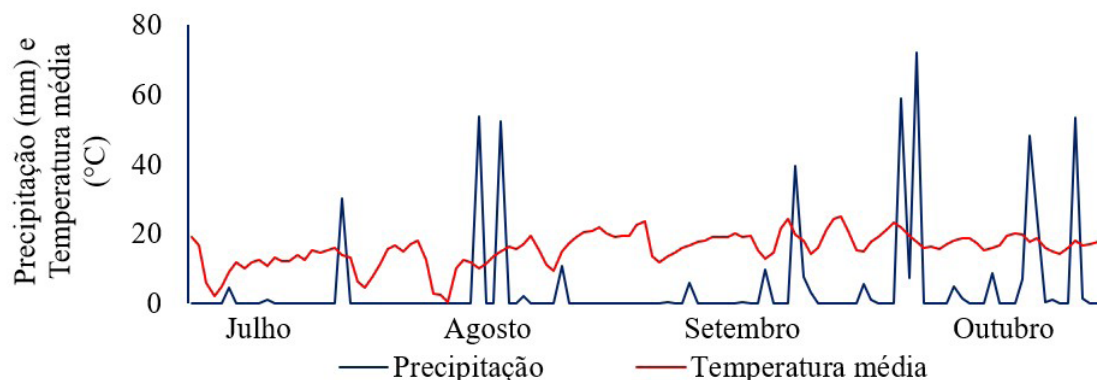
Anterior à semeadura, para manejo das plantas infestantes, utilizou glifosato potássico, sob a dose

de 3,2 L.ha<sup>-1</sup>. Em 28 de maio de 2021 foi realizada a semeadura das plantas de cobertura à lanço sobre a superfície do solo. Não foram realizadas adubações e aplicação de defensivos nas plantas dos tratamentos. Cada repetição foi constituída por 3 m de comprimento e largura, totalizando área de 9m<sup>2</sup>, sendo que a área útil da parcela, na qual foram realizadas as análises, correspondia a 3 m<sup>2</sup>.

Decorridos 97 dias após a semeadura (DAS), no início do processo de senescências das plantas, avaliou-se a produção de massa de matéria fresca e seca oriunda da área útil de cada parcela. Para isso realizou-se o corte das plantas de cobertura à 1 cm acima do solo e obteve-se sua massa. Para massa de matéria seca, a fitomassa úmida de cada parcela foi seca em estufa de circulação de ar forçada a 55°C, até que atingissem massa constante para pesagem. Com a obtenção das massas os dados foram extrapolados para kg.ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos com mixes de plantas de cobertura e aveia-preta, com suas respectivas composições, cultivares e dosagem.

Tratamentos	Composição	Nome científico	Cultivar	Dosagem (kg.ha <sup>-1</sup> )
Aveia Preta	100% Aveia Preta	( <i>Avena strigosa</i> S.)	Embrapa 139	80
Mix 1	33,3% Trigo Mourisco	( <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench L.)	IPR 92 Altar	30
	33,3% Capim Sudão	( <i>Sorghum sudanense</i> S.)	BRS Estribo	
	33,3% Nabo Forrageiro	( <i>Raphanus sativus</i> L. var <i>oleiferus</i> )	IPR 116	
Mix 2	20% Aveia Preta	( <i>Avena strigosa</i> S.)	Embrapa 139	50
	20% Aveia Branca	( <i>Avena sativa</i> L.)	IPR Esmeralda	
	20% Centeio	( <i>Secale cereale</i> L.)	BRS Progresso	
	20% Nabo Japonês	( <i>Raphanus sativus</i> var <i>acanthioformis</i> )	Japonês Minowase	
	20% Nabo Forrageiro	( <i>Raphanus sativus</i> L. var <i>oleiferus</i> )	IPR 116	



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica, temperatura média de julho a outubro de 2021.

A densidade e a porosidade total do solo foram avaliadas aos 100 DAS, e nas profundidades de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,15 m. Obteve-se uma amostra por parcela, e essa foi retirada na porção central de cada uma delas. Para a densidade do solo as amostras do solo foram coletadas com anel volumétrico de 97,31 cm<sup>3</sup> e, o volume obtido pela fórmula (Teixeira et al., 2017):

$$Vc = \pi \cdot (r)^2 \cdot h \quad (1)$$

Na qual 'Vc' se referiu ao volume do cilindro em cm<sup>3</sup>; 'r' ao raio, e 'h' à altura do cilindro, ambos em cm. Com isso as amostras foram secas a 105 °C em estufa até que obtivessem massa constante. Assim aplicou-se os dados obtidos na fórmula (Teixeira et al., 2017):

$$Ds = Ma / v \quad (2)$$

Em que 'Ds' correspondeu à densidade do solo, em kg dm<sup>-3</sup> (equivalente a g cm<sup>-3</sup>); 'Ma' à massa da amostra de solo seco em gramas e 'v' ao volume do cilindro, em cm<sup>3</sup>. Para porosidade total do solo obteve-se a massa saturada do solo e a massa seca total (obtida através da submissão das amostras de solo em estufa à 105 °C). Com isso aplicou-se os dados na seguinte fórmula (Teixeira et al., 2017):

$$Pt = (Msaturada - Mseca) / v \cdot 100 \quad (3)$$

Na qual 'Pt' correspondeu à porosidade total, obtida em %; 'Msaturada' à massa saturada do solo em gramas; 'Mseca' à massa seca total do solo em gramas e 'v' ao volume do cilindro expresso em cm<sup>3</sup>. A multiplicação se justifica pela expressão dos dados em percentagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR 5.8 (Ferreira, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mix das plantas de coberturas, contendo trigo mourisco, capim sudão e nabo forrageiro (Mix 1) produziu maior massa de matéria fresca, quando comparado com o mix contendo aveia-preta, aveia-branca, centeio, nabo japonês e nabo forrageiro (Mix 2) e, ambos os tratamentos não diferiram da massa de matéria fresca produzida pela aveia-preta solteira (Tabela 1). Para a massa de matéria

de matéria seca, a maior produção foi obtida pelo Mix 1, seguido pela aveia-preta solteira e o Mix 2 (Tabela 2).

Dentre os mix de plantas de cobertura, a maior massa de matéria fresca e seca obtida no Mix 1 quando comparado com Mix 2 pode ser atribuída à utilização do menor número de espécies. O maior número de espécies pode exacerbar a competição pelos fatores de produção (água, nutrientes e luz solar). Uma vez que essa interação biológica pode ser determinante para a limitação de crescimento das plantas (Castro e Garcia, 1996).

O uso do mix de plantas de cobertura pode aumentar a produção de massa de matéria seca por área. Porém, a adoção do mix com mais de três espécies (Mix 2) pode reduzir tal parâmetro. Fato que pode ser atribuído ao aumento do número de espécies na área de cultivo, gerando competição entre plantas, bem como as distintas espécies presentes em cada mix.

A produção de massa de matéria seca pela aveia-preta, obtida com o presente estudo foi inferior aos trabalhos desenvolvidos por Giacomini et al. (2003), Heinrichs et al. (2001) e Dahlem (2013), que obtiveram 4,1, 4,9 e 3,6 mil kg.ha<sup>-1</sup>. Quanto aos mixes, de acordo com Raix Sementes (2019) em ensaios experimentais, a massa de matéria fresca obtida para o Mix 1 foi de 6,4 mil kg.ha<sup>-1</sup>, enquanto que para Mix 2, foi de 8 mil kg.ha<sup>-1</sup>. Além disso foram comparadas com o Mix 2 a produtividade de massa de matéria seca de aveia preta, com produtividade de 3,4 mil kg.ha<sup>-1</sup>, resultados que se opõem aos obtidos no presente estudo, quanto

**Tabela 2.** Massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) dos mix de plantas de cobertura e aveia-preta solteira, Jardim Alegre-PR, 2021.

Plantas de cobertura	MMF (kg ha <sup>-1</sup> )	MMS (kg ha <sup>-1</sup> )
Aveia Preta	6.632,00 ab*	1.804,00 b
Mix 1 <sup>1/</sup>	8.944,00 a	2.294,00 a
Mix 2 <sup>2/</sup>	5.080,00 b	1.126,00 c
CV (%)	21,41	13,62

\*Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si de acordo com teste de Tukey (p<0,05). Obs.: Mix 1<sup>1/</sup>: Trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench L.), Capim sudão (*Sorghum sudanense* S.) e Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var *oleiferus*); Mix 2<sup>2/</sup>: Aveia preta (*Avena strigosa* S.), Aveia branca (*Avena sativa* L.), Centeio (*Secale cereale* L.), Nabo japonês (*Raphanus sativus* var *acanthioformis*) e Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var *oleiferus*); CV: coeficiente de variação.

a quantidade produzida, bem como com a massa de matéria seca obtida.

A densidade e a porosidade do solo nas camadas de 0,05-0,10 m e 0,10-0,15 m não foram afetadas pelos mix de plantas de cobertura e aveia-preta (Tabela 3). A média de densidade do solo foi de 1,66 g cm<sup>-3</sup> para a camada de 0,05-0,10 m, enquanto que em 0,10-0,15 m a média foi de 1,68 g cm<sup>-3</sup>. Para porosidade, as médias obtidas para os tratamentos foram de 26,33% para ambas as camadas avaliadas (Tabela 3).

Os resultados demonstram que a curto prazo as plantas de cobertura não influenciaram tais atributos, com isso não há a possibilidade de diferenciar as espécies mais eficazes na melhoria dos mesmos. Este fato corrobora com os resultados obtidos por Pessoto et al. (2016) que buscaram avaliar a densidade e porosidade do solo sob distintas espécies de plantas de cobertura e não verificaram aumentos nesses atributos, os quais foram avaliados 90 dias após a semeadura.

Existem outros relatos quanto a ausência dos efeitos das plantas de cobertura nos atributos densidade e porosidade total do solo. Em trabalho desenvolvido por Sanchez et al. (2014), foi observado que a utilização de plantas de cobertura (aveia *Avena strigosa* S., azevém *Lolium multiflorum* L., nabo forrageiro *Raphanus sativus* L. var *oleiferus* e ervilhaca *Vicia sativa* L.), no seu primeiro ciclo de cultivo, não promoveram alterações na densidade e porosidade, bem como observado por Carvalho et al. (2020) e Francziskowski et al. (2019).

A ausência de efeitos sobre os atributos físicos do solo avaliados pode ser atribuída ao curto prazo de cultivo das plantas de cobertura na área de estudo. Uma vez que o tempo de ação das raízes e do material orgânico

é importante no processo de alterações de aspectos relacionados à física do solo (Genro Junior et al., 2004; Borges et al., 2016b).

Contudo, podem não haver respostas mesmo com a adoção por períodos maiores. Silva et al. (2009) buscando verificar o efeito de distintas plantas de cobertura em um período de cinco anos observaram ausência de efeitos marcantes dos tratamentos de adubos verdes avaliados sobre a qualidade física do solo.

Além disso, a ausência de resposta pode estar associada, de acordo com Ferreira et al. (2012) à necessidade de utilização de plantio de coberturas de forma frequente, de modo a acumular resíduos vegetais no solo e com isso contribuir para melhoria dos atributos físicos do solo.

A necessidade da adoção contínua das plantas de cobertura é mencionada também por Francziskowski et al. (2019). A melhoria que pode ser conferida por suas utilizações está associada ao aumento da diversidade microbológica e ao incremento contínuo de matéria orgânica no sistema de cultivo. No presente estudo, as plantas testadas não sofreram a decomposição e mineralização, e por esse motivo também não foram verificados efeitos da matéria orgânica, uma vez que ao se decompor essa deixa espaços vazios no solo, que são os bioporos que podem contribuir na melhoria da estrutura do solo (Debiasi et al., 2010; Sanchez et al., 2012).

Os valores obtidos de densidade em ambas as profundidades se encontram levemente acima do que é considerado adequado para um bom desenvolvimento radicular, uma vez que de acordo com Cavalieri et al. (2006) a densidade entre 1,35 e 1,65 g.cm<sup>-3</sup> proporciona maior disponibilidade de água e menor resistência a penetração

**Tabela 3.** Densidade e porosidade do solo sob mix de plantas de coberturas e aveia-preta solteira. Jardim Alegre-PR, 2021.

Plantas de cobertura	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )		Porosidade (%)	
	0,05 – 0,10 m	0,10 – 0,15 m	0,05 – 0,10 m	0,10 – 0,15 m
Aveia preta	1,67 n.s	1,7 n.s	27,6 n.s	25,2 n.s
Mix 1 <sup>1/</sup>	1,65	1,67	25,2	27,8
Mix 2 <sup>2/</sup>	1,67	1,67	26,2	26,0
CV (%)	6,09	4,23	9,88	15,98

n.s.: não significativo através do teste F da análise de variância. Obs.: Mix 1<sup>1/</sup>: Trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench L.), Capim sudão (*Sorghum sudanense* S.) e Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var *oleiferus*); Mix 2<sup>2/</sup>: Aveia preta (*Avena strigosa* S.), Aveia branca (*Avena sativa* L.), Centeio (*Secale cereale* L.), Nabo japonês (*Raphanus sativus* var *acanthiiformis*) e Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var *oleiferus*); CV: coeficiente de variação.

das raízes, promovendo melhor desenvolvimento dessas. Já Borges et al. (1997) verificaram que densidade acima de  $1,62 \text{ g.cm}^{-3}$  são capazes de impedir o desenvolvimento radicular, demonstrando a importância desse atributo nos sistemas de produção.

Já para porosidade, Camargo e Alleoni (1997) mencionam que um solo deve apresentar 50% de volume de poros totais, dos quais 33,5% deve ser ocupado pela água e 16,5% pelo ar. Os valores encontrados em ambas as profundidades de avaliação estão abaixo do ideal. Fato que pode ser atribuído ao intenso fluxo de máquinas agrícolas (arações e gradagens anteriores à semeadura do trigo em 2019), bem como a adoção de culturas principais que não possuem sistema radicular tão abrangente e resistente ao ponto de diminuir camadas de solos que podem estar mais compactadas. A porosidade total do solo também é um critério de destaque, pois a formação dos bioporos favorece a infiltração de água e a aeração, favorecendo a atividade microbiana do solo, bem como o desenvolvimento radicular.

É importante destacar também que o nabo forrageiro, presente em ambos os mixes de cobertura testados é hospedeiro do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). Desse modo, a cultura é considerada, associado também à dificuldade de separação de sementes de nabo aos escleródios do fungo, a principal fonte de inóculo primário e de introdução do fungo em lavouras. Este fato pode contribuir para maior incidência da doença, em função da adoção do nabo forrageiro para cobertura do solo, contudo em função de sua morfologia, se tratando de raízes do tipo pivotante, demonstra-se que sua utilização deve ser adotada com cautela, de modo a evitar tais situações (Brustolin et al., 2012).

## CONCLUSÕES

O mix das plantas de cobertura com trigo mourisco, capim sudão e nabo forrageiro resulta em maior aporte de massa seca ao solo.

A densidade e porosidade do solo não são afetadas em ambas as camadas de avaliação, pela utilização da aveia preta solteira e pelos mixes de plantas de cobertura

Considerando os atributos físicos do solo, densidade e porosidade total, recomenda-se a avaliação e acompanhamento por maior período.

## REFERÊNCIAS

- Acosta-Martínez, V., Mikha, M.M. & Vigil, M.F., 2007. Microbial communities and enzyme activities in soils under alternative crop rotations compared to wheat-fallow for the Central Great Plains. *Applied Soil Ecology*, vol. 37, no. 1, pp. 41-52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.03.009>.
- Altieri, M.A., Lana, M., Bittencourt, H.V.H., Kieling, A.S., Comin, J.J. & Lovato, P.E., 2011. Enhancing crop productivity via weed suppression in organic no-till cropping systems in Santa Catarina, Brazil. *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 35, no. 8, pp. 855-869. <http://dx.doi.org/10.1080/10440046.2011.588998>.
- Alvarenga, R.C., Passos, A.M.A. & Santos, F.C., 2018. Sistema de plantio direto. In: M.M. NOBRE & I.R. OLIVEIRA. *Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação*. Brasília, DF: EMBRAPA.
- Araújo, F.C., Nascente, A.S., Guimarães, J.L.N., Souza, V.S. & Silva, M.A., 2019. Cultivo de plantas de cobertura na produção de biomassa de plantas daninhas. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado*. Balneário Camboriú.
- Borges, E.N., Lombardi, N.F., Corrêa, G.F. & França, G.V., 1997. Gesso e matéria seca vegetal na floculação de argila e na produção de soja em um latossolo vermelho-escuro com camada subsuperficial compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 21, no. 1, pp. 119-123.
- Borges, W.L.B., Souza, I.M.D.S., Sá, M.E. & Alves, M.C., 2016a. Estabilidade de agregados em Latossolos sob plantas de cobertura em rotação com soja e milho. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 11, no. 3, pp. 156-162. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v11i3a5378>.
- Borges, W.L.B., Souza, I.M.D.S., Sá, M.E. & Alves, M.C., 2016b. Alterações físicas em latossolos cultivados com plantas de cobertura em rotação com soja e milho. *Agrária*, vol. 11, no. 3, pp. 149-155. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v11i3a5380>.
- Brustolin, R., Rossi, R.L. & Reis, E.M., 2012. Mofo branco. In: E.M. REIS & R.T. CASA, orgs. *Doenças da soja*. Passo Fundo: Berthier. p. 217-232.
- Burgess, M., Miller, P., Jones, C. & Bekkerman, A., 2014. Tillage of cover crops affects soil water, nitrogen,

- and wheat yield components. *Agronomy Journal*, vol. 106, no. 4, pp. 1497-1508. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj14.0007>.
- Camargo, O.A. & Alleoni, L.R.F., 1997. *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: ESALQ, 132 p.
- Caraminan, L.M., Santos, M.V., Pericato, A.J., Eduvirgem, R.V., 2019. Mapeamento geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Barra Preta, Paraná. *Caderno de Geografia*, v. 29, n. 58, pp. 649-672.
- Cardoso, D.P., Silva, M.L.N., Carvalho, G.J., Freitas, D.A.F. & Avanzi, J.C., 2013. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. *Agrária*, vol. 8, no. 3, pp. 375-382. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v8i3a2421>.
- Carvalho, A.A., Ferreira, R.L.F., Andrade, R.A., Brito, R.S., Pereira, T.C.R., Lima, T.J.L., 2020. Atributos físicos em solos cultivados com plantas de cobertura. *Scientia Naturalis*, v. 2, n. 1, pp. 38-41.
- Castro, C.R.T. & Garcia, R., 1996. Competição entre plantas com ênfase no recurso da luz. *Ciência Rural*, vol. 26, no. 1, pp. 167-174. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781996000100031>.
- Cavaliere, K.M.V., Tormena, C.A., Vidigal Filho, P.S., Gonçalves, A.C.A. & Costa, A.C.S., 2006. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 30, no. 1, pp. 137-147. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000100014>.
- Dahlem, A.R., 2013. *Plantas de cobertura de inverno em sistema de produção de milho sob plantio direto no sudoeste do Paraná*. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 94 p. Dissertação de mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Produção vegetal.
- Debiasi, H., Levien, R., Trein, C.R., Conte, O. & Kamimura, K.M., 2010. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 45, no. 6, pp. 603-612. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000600010>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2012. *Mapa simplificado de solos do estado do Paraná* [online]. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. [acesso em 24 junho 2022]. Disponível em: <https://sbcs-nepar.org.br/wp-content/uploads/2020/02/mapa-solo-pr.pdf>
- Ferreira, D.F., 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 38, no. 2, pp. 109-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.
- Ferreira, L. E., Souza, E. P., Chaves, A. F., 2012. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. *Revista Verde*, v. 7, n. 1, pp. 33-38.
- Francziskowski, M. A., Seidel, E. P., Fey, E., Anschau, K. A., Mottin, M. C., 2019. Propriedades físicas do solo nos sistemas de plantio direto e preparo reduzido com diferentes plantas de cobertura. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 27, n. 6, pp. 556-564.
- Genro Junior, S.A., Reinert, D.J. & Reichert, J.M., 2004. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 28, no. 3, pp. 477-484. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000300009>.
- Giacomini, S.J., Aita, C., Vendruscolo, E.R.O., Cubila, M., Nicoloso, R.S. & Fries, M.R., 2003. Matéria seca, relação C:N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 27, no. 1
- Heinrichs, R., Aita, C., Amado, T.J.C. & Fancelli, A.L., 2001. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: C:N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 25, no. 1, pp. 331-340. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000200010>.
- Housman, M., Tallman, S., Jones, C., Miller, P. & Zabinski, C.A., 2021. Soil biological response to multi-species cover crops in the Northern Great Plains. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 313, no. 1, pp. 107373. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2021.107373>.
- Köppen, W., 1948. *Climatologia: com um estúdio de los climas de latierra*. México: Fondo de Cultura Economica. 478 p.
- Oliveira, J.C.B., Franco JUNIOR, K.S. & Brigante, G.P., 2021. Diagnóstico sobre o uso de plantas de cobertura e manejo de plantas daninhas. In: R.J. OLIVEIRA, org.

*Extensão rural práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar*. 1. ed. São Paulo: Científica Digital, vol. 1.

Pacheco, L.P., Monteiro, M.M.S., Petter, F.A., Alcântara Neto, F. & Almeida, F.A., 2013. Cover crops on the development of beggar's-tick. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 43, no. 2, pp. 170-177. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632013000200011>.

Pessoto, P.P., Silva, V.R., Ortigara, C., Koppe, E., Strojaki, T. & Santi, A.L., 2016. Influência de diferentes plantas de coberturas nas propriedades físicas de um latossolo vermelho. *Agrarian (Dourados)*, vol. 9, no. 34, pp. 48-356.

RAÍX SEMENTES, 2019. *Produtos Raíx 210 e Raíx 240* [online]. [acessado em 15 de outubro de 2021]. Disponível em: <https://raixsementes.com.br/>

Ritter, P., Marcolin, C. D., Maschio, M., Lamb, R. O., 2018. Uso de diferentes plantas de cobertura como alternativa na descompactação do solo e melhoria no rendimento de milho. In *Anais do XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo*, Chapecó, SC: Argos. no. 23.

Sanchez, E., Maggi, M.F., Genú, A.M. & Muller, M.M.L., 2012. Winter cover crops, plant biomass production and soil resistance. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, vol. 5, no. 3, pp. 33-40.

Sanchez, E., Maggi, M.F., Genú, A.M. & Muller, M.M.L., 2014. Propriedades físicas do solo e produtividade de

soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno. *Magistra*, vol. 26, no. 3, pp. 262–271.

Sequinatto, L., Levien, R., Trein, C.R., Mazurana, M. & Muller, J., 2014. Qualidade de um Argissolo submetido a práticas de manejo recuperadoras de sua estrutura física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 18, no. 3, pp. 344-350. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000300015>.

Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneza, J. & O'Neil, K., 2005. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy Journal*, vol. 97, no. 1, pp. 322-332. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2005.0322a>.

Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A. & Teixeira, W.G., 2017. *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA.

Volk, L.B.S., Cogo, N.P. & Streck, E.V., 2004. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 28, no. 4, pp. 763-774. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000400016>.

Wulanningtyas, H.S., Gong, W., Li, P., Sakagami, N., Nishiwaki, J. & Komatsuzaki, M., 2021. A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. *Soil & Tillage Research*, vol. 205, no. 1, pp. 104749. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2020.104749>.