



AVALIAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA EM SUCESSÃO À CULTURA DA SOJA

EVALUATION OF COVER PLANTS IN SUCCESSION TO SOYBEAN CROP

Rafael Goulart MACHADO ✉*1,2 Davi LONDERO *2 Leandro HAHN*3

Resumo

O estudo avaliou o efeito de diferentes espécies (aveia-preta, ervilhaca, centeio e milho) cultivadas após a soja sobre a produção de biomassa e a qualidade física do solo no Planalto Norte do Rio Grande do Sul. O experimento foi realizado em Latossolo Vermelho e foram avaliadas a massa seca, comprimento das raízes, densidade do solo, infiltração de água e porosidade total após o cultivo das plantas de cobertura. A aveia-preta foi a espécie mais eficiente na produção de biomassa. O milho, apesar de semeado fora de época e com menor biomassa, teve um maior comprimento radicular, porém não houve efeito sobre os parâmetros de infiltração de água, densidade e porosidade total do solo. O estudo conclui que a aveia-preta é a melhor opção de cultivo no vazio outonal, podendo proporcionar inúmeros benefícios ao solo e às culturas em sucessão.

Palavras-Chaves: Aveia-Preta. Cobertura do Solo. Qualidade do Solo. Rotação de Culturas.

Abstract

The study evaluated the effect of different species (black oats, vetch, rye and corn) grown after soybeans on biomass production and soil physical quality in the Northern Plateau of Rio Grande do Sul. The experiment was carried out in a Oxisoil and dry mass, root length, soil density, water infiltration and total porosity were evaluated after the cultivation of cover crops. Black oats were the most efficient species in biomass production. Corn, despite being sown out of season and with lower biomass, had a greater root length, but there was no effect on the parameters of water infiltration, density and total soil porosity. The study concludes that black oats are the best option for cultivation in the autumn gap, and can provide numerous benefits to the soil and crops in succession.

Keywords: Black Oat. Soil Cover. Soil Quality. Crop Rotation

✉ *Rafael G. Machado, rafaelmachado@epagri.sc.gov.br*

Endereço

*1: Pesquisador da Estação Experimental de Canoinhas, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) Rua Maria Olsen,S/N, Bairro Marcílio Dias, 89465-250, Canoinhas-SC

*2: Faculdade de Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Educacional de Passo Fundo, Av. Rui Barbosa, 103 - Petrópolis, Passo Fundo/RS, CEP 99050-120

*3: Pesquisador da Estação Experimental de Caçador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) Rua Abílio Franco, N. 1500, Bom Sucesso, 89501-032, Caçador-SC

ORCID:

Rafael Goulart Machado. Orcid Id.: 0000-0001-8162-9326

Davi Londero. Orcid Id.: 0009-0003-3040-8883

Leandro Hahn. Orcid Id.: 0000-0002-1796-9761

Manuscrito recebido: 27/05/2025

Aceito para publicação: 08/08/2025

Introdução

A soja tem grande importância econômica para o norte do Rio Grande do Sul. Na região de Passo Fundo abrange 42 municípios, onde são cultivados 660 mil ha da oleaginosa (EMATER/RS, 2025). Na safra de 2024/2025, produtividade da soja na região de Passo Fundo é de 2.550 kg.ha⁻¹ (EMATER, 2025), inferior à média nacional estimada, de 3.533 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2025). Em 18 dos últimos 20 anos, a produtividade da soja no Rio Grande do Sul foi inferior à média nacional (CONAB, 2025). Mediante frustrações frequentes, bem como do aumento dos custos de produção, é necessária a identificação de estratégias que aumentem a capacidade de armazenamento de água no solo, associado ao maior crescimento radicular da soja. Deste modo, busca-se maior exploração do solo para absorção de água, que tem sido limitante para a estabilidade produtiva. Neste sentido, a diversificação espacial e temporal das culturas de cobertura melhora a estrutura do solo e a infiltração de água (Rauber et al., 2025).

Existem diversas espécies invernais para cobertura do solo que podem ser cultivadas após a cultura da soja com o intuito de melhorar as características físicas do solo. Porém ocorre uma janela de pousio, entre a colheita da soja e a semeadura de culturas comerciais e invernais (LUDWIG, 2022). Este intervalo entre a colheita de uma cultura e o estabelecimento de outra pode ser de até 60 dias. Ao optar pelo pousio após a colheita da soja (vazio outonal), o produtor estará perdendo oportunidade de promover melhorias na qualidade física do solo, que podem ser obtidas por plantas de serviço. Além disso, o cultivo de plantas de cobertura suprime plantas daninhas (OSIPITAN et al., 2019) e contribui com a quantidade e qualidade do carbono estocado no solo (JIMÉNEZ-GONZÁLEZ et al., 2023; ACHARYA et al., 2024). Neste sentido, é adequado antecipar a semeadura de culturas de inverno, ou ainda realizar a semeadura de espécies de cobertura neste vazio outonal. O cultivo de plantas de cobertura possibilita a utilização de espécies que contribuam com o aporte de palha no sistema de produção, além de melhorar as características físicas do solo, como por exemplo, a resistência do solo à penetração (GABRIEL et al., 2021; MACHADO et al., 2021). Haruna et al. (2020) apontam que as plantas de cobertura

reduzem a densidade do solo em aproximadamente 4%, aumentam os macroporos e a infiltração de água em até 33% e 629%, respectivamente. Para Koudahe et al. (2022), a integração de culturas de cobertura em sistemas de cultivo convencionais pode reduzir a densidade do solo, melhorando sua estrutura e propriedades hidráulicas, promovendo o aumento da infiltração e do armazenamento de água.

O estudo justifica-se, visto que melhorias na qualidade física do solo otimizam o uso de recursos produtivos como sementes, defensivos e fertilizantes, propiciando maior economia; melhoram a armazenagem da água no solo, evitando a contaminação de recursos hídricos decorrente de processos erosivos; e contribuem com a manutenção do homem no campo, devido a melhoria na qualidade de recursos naturais por ele consumidos, como a água, o solo e a proteína animal produzida por animais que venham a consumir a água localizada à jusante de empreendimentos agrícolas. O estudo é relacionado a cinco objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil (ODS), conforme ONU (NAÇÕES UNIDAS - BRASIL, 2025): 2 (Fome zero e agricultura sustentável); 6 (Água potável e saneamento); 12 (Consumo e produção responsáveis); 13 (Ação contra a mudança global do clima) e 15 (Vida terrestre).

A hipótese central da pesquisa busca responder qual espécie cultivada no vazio outonal representa a melhor opção de cobertura vegetal, promovendo benefícios nos atributos físicos do solo e na produção de biomassa aérea e radicular, quando comparada às demais. Outra hipótese é que por serem de crescimento fasciculado e vigoroso, as raízes de milho mesmo cultivadas fora de época, no vazio outonal, podem ter rápido crescimento, alterando parâmetros de solo até a ocorrência das primeiras geadas que propiciem a dessecação natural da cultura. O estudo também se justifica dado à carência de informações locais referentes ao tema. O objetivo do trabalho foi comparar plantas de cobertura invernais aveia-preta, centeio e ervilhaca, além de estudar o efeito do desenvolvimento vegetativo do milho em sucessão à soja quanto à capacidade de produzir biomassa e efeitos sobre propriedades físicas do solo.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado no município de Sertão-RS, (-27°59' 40,24 " ; -52°17' 18,88", altitude de 724 metros), localizado no Planalto Norte do RS, Brasil. O clima da região é do tipo Cfa (Köppen), clima “subtropical”, sem estação seca. O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (SANTOS et al., 2018), de textura argilosa (52,5 % de argila, 25,0 % de silte e 22,5% de areia) conforme Curi et al. (1993), classe de água disponível AD5, ponto de murcha permanente (PMP) 1,06 mm.cm⁻¹ e capacidade de campo (CC) 1,40 mm.cm⁻¹, conforme IN MAPA de 21 de junho de 2022. Quanto ao histórico da área, houve manejo sob sistema de plantio direto (SPD) em rotação de soja e milho no verão e sucessão de gramíneas (aveia ou azevém) para pastoreio de bovinos de leite no inverno durante 20 anos. No momento da implantação do estudo, havia sido colhida a cultura da soja, com a manutenção da palha sobre a superfície do solo.

Os tratamentos foram compostos por quatro espécies de cobertura vegetal: aveia-preta comum (*Avena strigosa*); ervilhaca cultivar Ametista (*Vicia sativa L.*); centeio cultivar BRS Serrano (*Secale cereale L.*) e milho de galpão (*Zea mays*), distribuídas em delineamento blocos ao acaso com cinco repetições por tratamento e parcelas de 5,0 x 2,2 m. O milho foi implantado com grãos colhidos e armazenados na propriedade, provenientes de geração F2 da cultivar DKB240, prática realizada por agricultores locais sem o objetivo de produção de grãos, apenas de massa verde e raízes, as quais mesmo com a alta variabilidade decorrente da recombinação genética, propiciam uma cobertura com sementes de baixíssimo custo e hipoteticamente capazes de produzir massa de parte aérea e radicular. O tratamento milho foi mantido até a ocorrência das primeiras geadas, as quais naturalmente o mataram no mês de julho aos 90 dias após a semeadura. A semeadura das culturas foi realizada no dia 11 de abril de 2019, com semeadora mecânica Semeato com 13 linhas modelo SHM 1113, com treze linhas espaçadas em 0,17 m. As respectivas densidades são apresentadas na Tabela 1. Em todos os tratamentos, no momento da semeadura foi aplicado no sulco 200 kg.ha⁻¹ da fórmula 05-30-15 (N, P₂O₅ e K₂O). Não foi realizada aplicação de herbicidas em pré-plantio, porém aos 30 e 60 dias

após a semeadura foi realizado o arranquio manual das plantas invasoras.

Tabela 1. Densidades de semeadura das plantas de cobertura implantadas nos tratamentos.

Tratamento	Densidades (plantas.m ⁻²)
Aveia-preta	250
Centeio	300
Ervilhaca	150
Milho	18



Figura 1. Croqui da área experimental, demonstrando a distribuição dos tratamentos, respectivas repetições e norte geográfico. Imagem extraída do Google Earth, 2025. Aveia: aveia-preta; Ervilh.: ervilhaca; Cent.: centeio; R: repetição. Coordenadas: -27°59' 40,24 " ; -52°17' 18,88", altitude de 724 metros, Sertão, RS.

A coleta das amostras para obtenção da massa seca da parte aérea do milho foi realizada aos 90 dias após a semeadura devido à ocorrência de geadas, que ocasionaram a morte das plantas, no mês de julho. As plantas dos tratamentos com aveia-preta, centeio e ervilhaca foram dessecadas aos 135 dias após a semeadura com o herbicida glifosato 1080 g i.a. ha⁻¹. Após 10 dias, foi feito o corte das plantas rente ao solo com uma foice em duas subamostras de 0,25 m² por parcela, para determinação da produção de massa seca da parte aérea (MSPA). As amostras foram secas em estufa com ar forçado, a 65 oC até peso constante, valores obtidos em aproximadamente 80 horas após início da secagem. Nesta mesma data, foram coletadas 10 plantas de tamanho médio por parcela, para determinar o comprimento radicular. Para isso, as plantas foram removidas do solo com pá e as raízes lavadas em água corrente. Em seguida, o

comprimento radicular foi medido com o auxílio de uma régua graduada.

As análises de qualidade física do solo foram realizadas 40 dias após a dessecação das plantas. Os parâmetros avaliados foram a densidade, a taxa de infiltração da água e a porosidade total do solo. A densidade do solo foi determinada conforme a metodologia descrita pela Embrapa (1997), utilizando-se um anel volumétrico com 75 mm de diâmetro e 50 mm de altura (220,78 cm³). Em cada parcela, foram coletadas quatro subamostras nas profundidades de 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm e 15–20 cm. As amostras foram secas em estufa a 105 °C por 48 horas para posterior determinação da densidade.

A infiltração de água no solo foi avaliada pelo método dos anéis concêntricos, adaptado de Bono et al. (2012). Foram utilizados dois cilindros metálicos com diâmetros de 0,40 e 0,25 m, inseridos de forma concêntrica até a profundidade de 0,10 m. Após a instalação em cada parcela, adicionou-se água em ambos os cilindros, sendo a lâmina infiltrada quantificada por meio de uma régua graduada acoplada a uma bóia. A taxa de infiltração foi determinada com base na média do volume infiltrado após 60 minutos.

A porosidade total do solo foi determinada por meio do método direto, adaptado de Embrapa (1997). Para cada repetição e cada profundidade, a densidade dos sólidos foi quantificada a partir da obtenção de cinco agregados de solo seco em estufa a 105 °C por 24 h. Os agregados tinham aproximadamente 20 mm de diâmetro. Foi medida a massa seca média dos agregados de cada repetição. Após os agregados foram inseridos em balão volumétrico de 250 mL. Depois da adição

dos agregados, o volume do balão foi completado até o menisco com álcool etílico (96%), cujo volume foi previamente medido em proveta. O álcool foi utilizado por ter maior capacidade em ultrapassar superfícies cerosas em comparação com a água destilada, sendo mais eficiente em expulsar o ar do interior dos agregados. O volume dos agregados foi estimado pela diferença entre o volume do balão volumétrico (250 mL) e o volume de álcool etílico adicionado para cada repetição e profundidade. Após a obtenção da massa de solo seco dos agregados e volume total dos agregados (volume dos sólidos, após a expulsão do ar), a densidade dos sólidos foi obtida pela divisão da massa de solo seco pelo volume dos sólidos. A porosidade total foi obtida, aplicando-se a fórmula: $P = 1 - (\text{densidade do solo} / \text{densidade dos sólidos})$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando identificada significância estatística, comparou-se as médias dos tratamentos pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas no software Sisvar (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

A aveia-preta produziu 67, 86 e 558 % a mais massa seca da parte aérea (MSPA), em relação ao centeio, à ervilhaca e ao milho, respectivamente, enquanto a cultura do milho produziu 73, 107 e 81 % maior comprimento radicular em comparação à aveia-preta, centeio e ervilhaca (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento de raízes e taxa de infiltração de água no solo submetido ao cultivo de plantas de cobertura do solo.

Tratamento	MSPA (kg.ha ⁻¹)	Comprimento de raízes (cm)	Taxa de infiltração (mm.h ⁻¹)
Aveia-preta	6.736 a	15,61 b	47,40 *
Centeio	4.032 b	13,02 b	38,40
Ervilhaca	3.616 b	14,89 b	28,86
Milho	1.024 c	26,99 a	66,00
CV (%)	11,15	9,21	52,62

Médias seguidas por letras distintas mostram diferenças entre tratamentos pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05$); * diferenças não significativas ($P < 0,05$).

O milho foi a cultura que apresentou menor produção de MSPA, o que foi devido à cultura ser uma espécie para cultivo na primavera/verão e a

ocorrência de temperaturas baixas e dias com pouca radiação solar no período de condução do estudo prejudicaram seu desenvolvimento. O ciclo do milho foi interrompido dia 11 de julho, em

decorrência de uma geada que proporcionou a morte das plantas, aos 90 dias após semeadura. Apesar disso, a cultura do milho apresentou raízes com tamanho superior às demais, com comprimento médio de 26,99 cm (Tabela 2).

Sobre a infiltração da água no solo, aos 60 minutos após início da infiltração, as leituras estabilizaram-se em valores constantes, devido à saturação do solo (Tabela 2). Estes valores foram convertidos em volume de água infiltrável em 1 hora após solo saturado, sendo comparados entre si. Dado à alta variabilidade entre as leituras (CV 52,62%), a taxa de infiltração de água no tratamento com a cultura do milho após solo

saturado, foi equivalente aos demais tratamentos, apesar de atingir o valor médio de 66 mm.h⁻¹.

As densidades e porosidades dos solos avaliados nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 15 e 15 a 20 cm não apresentaram diferença entre os tratamentos (Tabelas 3 e 4). A camada 0-5 cm mostrou menores densidades do solo que as camadas mais profundas (Tabelas 3). Isso ocorreu possivelmente devido à maior presença de raízes nessa camada, as quais promovem uma redução dos valores deste parâmetro.

Em todos os tratamentos, foi observada menor porosidade total do solo na camada 0-5 cm comparativamente às demais profundidades (Tabelas 4).

Tabela 3. Densidade do solo (g.cm⁻³) em diferentes camadas do solo após cultivo de diferentes plantas de cobertura do solo.

Profundidade (cm)	Ervilhaca	Milho	Centeio	Aveia-preta	(CV%)
0 a 5	0,95 a	0,92 a	0,87 a	0,89 a	9,37
5 a 10	1,14 b	1,16 b	1,14 b	1,14 b	5,65
10 a 15	1,17 b	1,19 b	1,17 b	1,21 b	2,21
15 a 20	1,16 b	1,19 b	1,14 b	1,13 b	4,30
CV (%)	6,30	7,17	4,98	4,70	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste de Scott Knott (P <0,05). Não houve diferenças significativas entre as médias apresentadas nas linhas (P <0,05); CV = coeficiente de variação.

Tabela 4. Comparação da porosidade total do solo (g.cm⁻³) em diferentes profundidades, mediante diferentes cultivos.

Profundidade (cm)	Ervilhaca	Milho	Centeio	Aveia-preta	(CV%)
0 a 5	0,41 a	0,42 a	0,38 a	0,40 a	9,09
5 a 10	0,48 b	0,51 b	0,53 b	0,51 b	7,38
10 a 15	0,48 b	0,52 b	0,52 b	0,55 b	6,74
15 a 20	0,49 b	0,53 b	0,49 b	0,51 b	6,15
CV (%)	8,71	8,85	3,95	5,98	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste de Scott Knott (P <0,05). Não houve diferenças significativas entre as médias apresentadas nas linhas (P <0,05); CV = coeficiente de variação.

Discussão

Entre outras vantagens, a aveia-preta acumula altas quantidades de nutrientes na parte aérea que podem ser disponibilizados à cultura subsequente. Por exemplo, Koefender et al. (2016) observaram o acúmulo de 11,50 g kg⁻¹ de nitrogênio (N); 3,62 g kg⁻¹ de fósforo (P); 27,25 g kg⁻¹ de potássio (K); 3,62 g kg⁻¹ de cálcio (Ca) e 2,02 g kg⁻¹ de magnésio (Mg) na MSPA da aveia-preta. Associando estes valores da literatura com a produção de MSPA da aveia-preta do presente

estudo, seriam acumulados na parte aérea da cultura o equivalente a 77 kg de N.ha⁻¹; 24 kg de P₂O₅.ha⁻¹; 184 kg de K₂O.ha⁻¹; 24 kg de Ca.ha⁻¹; 14 kg de Mg.ha⁻¹. Por meio da ciclagem de nutrientes no solo, estes nutrientes seriam disponibilizados para as culturas sucessoras. Adicionalmente, a cobertura com aveia-preta ameniza problemas de erosão (Merten et al., 2015; Rodrigues et al., 2024), também melhora a conservação da água e indicadores biológicos de qualidade do solo (Marquez et al., 2022), bem

como contribui para a supressão de plantas daninhas (Lang et al., 2022; Grün et al., 2024). Assim, a aveia-preta em sucessão à soja poderá contribuir para a maior sustentabilidade do sistema produtivo, tanto pela redução dos custos financeiros e ecológicos decorrentes da menor utilização de herbicidas, quanto pela ciclagem de nutrientes promovida pela decomposição da palha.

Após a aveia-preta, o centeio e a ervilhaca apresentaram as maiores MSPA (Tabela 1). De acordo com Wildner et al. (2023), a produção de MSPA de centeio pode variar de 5 a 10 ton.ha⁻¹, superior à encontrada no presente estudo. Na cultura da ervilhaca, foram encontrados por Koefender et al. (2016), 34,25 g.Kg⁻¹ de N, 4,40 g.Kg⁻¹ de P, 43,75 g.Kg⁻¹ de K, 8,27 g.Kg⁻¹ de Ca e 2,92 g.Kg⁻¹ de Mg. Verifica-se que devido à fixação biológica de N e à ciclagem do K, o cultivo da ervilhaca contribui também com o aporte e ciclagem desses nutrientes para o sistema produtivo, possibilitando redução da adubação mineral para a cultura sucessora. Adicionalmente, por ser de desenvolvimento tardio, a ervilhaca ainda teria potencial para maior produção de MSPA, caso o seu desenvolvimento vegetativo não tivesse sido interrompido pela dessecação. Em experimento também realizado no Planalto Norte do RS, a ervilhaca em um ciclo de cerca de 150 dias produziu MSPA que variou de 4,7 a 5,8 ton.ha⁻¹ (Pott et al., 2021), inclusive aumento o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão pelo N fornecido pela ervilhaca.

A grande capacidade enraizadora da cultura do milho também foi observada por Rosa et al. (2019), que obtiveram comprimento de 134 cm ao final do ciclo vegetativo de genótipo tolerante à seca. Para Ogilvie et al. (2021), as raízes das plantas de cobertura contribuem para vários serviços no solo, incluindo ciclagem de carbono e inúmeros nutrientes minerais, intemperismo e formação do solo. De acordo com os autores, as raízes também modificam as propriedades físicas do solo como o estoque de água no solo, distribuição do tamanho dos poros, e a densidade aparente, impactando desta forma no crescimento das culturas subsequentes. Neste sentido, o uso de plantas de cobertura no período de vazio outonal, em sucessão à soja, é de fundamental importância, sobretudo em sistemas produtivos em que cada vez mais os agricultores

deparam-se com restrições e má distribuição hídrica, como as que têm ocorrido nos últimos anos no estado do Rio Grande do Sul.

Bertol et al. (2015) observaram resultados semelhantes ao presente estudo quanto à infiltração da água no solo, com valores de 57 a 62 mm.h⁻¹ durante o ciclo do milho em diferentes intensidades de chuva simulada. As maiores taxas de infiltração de água no solo evitam perdas por erosão, favorecendo seu armazenamento no solo, o que está diretamente relacionado à estabilidade produtiva das culturas.

Quanto à densidade do solo, resultados semelhantes foram observados por Carvalho et al. (2020) e Reis & Borsoi (2020), os quais ao final de um ciclo cultivo de plantas de cobertura também não identificaram efeito. Como observado por Silva et al. (2009), no presente estudo também não houve diferença entre as plantas de cobertura quanto ao efeito sobre a porosidade total do solo. Provavelmente os maiores níveis de matéria orgânica na camada superficial proporcionaram menor densidade do solo (Nunes et al., 2019). Quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, menor é o valor da densidade máxima e maior o teor de água necessário para atingi-lo (Braida et al., 2006).

Quanto à porosidade total e densidade do solo, não houve diferença entre os tratamentos avaliados, possivelmente devido à curta duração do experimento. Neste sentido, por meio de avaliações em safras futuras, pode-se identificar diferenças significativas entre as plantas de cobertura no que se refere a alterações dos parâmetros de qualidade física do solo. Estas alterações podem demandar mais de um ciclo produtivo, conforme observado por Chalise et al. (2018) e Klopp et al. (2023). Em estudo com diferentes plantas de cobertura, Cercioglu et al. (2018) relacionam o cultivo de plantas de cobertura durante cinco anos com a maior ocorrência de macroporos no solo. Utilizando imagens de varredura com um scanner de tomografia computadorizada, os autores observaram um número 50% maior de macroporos em tratamento com o uso de plantas de cobertura do que em tratamentos sem plantas de cobertura.

Rambo & Vanzetto (2025) observaram redução na resistência do solo à penetração e aporte de MSPA com o uso de plantas de cobertura isoladamente ou em consórcio. No

presente estudo foi possível observar o destaque da aveia-preta na produção de MSPA, sendo mais efetiva na cobertura e proteção do solo. Este efeito pode ser importante para a conservação do solo e supressão de plantas daninhas, pois a maior cobertura vegetal está relacionada à ocupação de espaço sobre o solo o que pode estar associado a maior competitividade da espécie na busca por disputa por luminosidade, água e nutrientes. Por outro lado, apesar do destaque da aveia preta na produção de MSPA e do milho quanto ao comprimento radicular, não houve diferença entre os tratamentos avaliados quanto aos parâmetros de qualidade física do solo.

Conclusão

A aveia-preta é a melhor opção de cobertura do solo após a colheita da soja por produzir mais biomassa da parte aérea que o centeio, ervilhaca e milho. No entanto, o milho tem o maior comprimento radicular. Por outro lado, as plantas de cobertura tiveram desempenho semelhante sobre a taxa de infiltração de água, densidade e porosidade total do solo quando cultivadas e avaliadas no período de uma safra, não havendo diferenças quanto a alterações dos parâmetros de solo avaliados.

Referências

- ACHARYA, P. GHIMIRE, R.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V. Cover crop-mediated soil carbon storage and soil health in semi-arid irrigated cropping systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdã, v. 361, 108813, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880923004723>>. Acesso em: 07 abr. 2025.
- BERTOL, I.; BARBOSA, F.T.; BERTOL, C.; LUCIANO, R.V. Water infiltration in two cultivated soils in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 573-588, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8dpq67C97TWXnmX33p5wTjk/>> Acesso em: 08 abr. 2025.
- BONO, J.A.M.; MACEDO, M.C.M.; TORMENA, C. A.; NANNI, M. R.; GOMES, E.

P.; MÜLLER, M. M. L. Infiltração de água no solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n.6 p. 1845-1853, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/MY598FrwgjDZPmDXnrKyXTj/>>. Acesso em: 08 abr. 2025.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 605-614, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/wzqJGz9FgJtrVLG5PW4mnPP/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

CARVALHO, C.A.; FERREIRA, R.L.F.; ANDRADE, R.A.; BRITO, R.S.; PEREIRA, T.C.R.; LIMA, T.J.L. Atributos físicos em solos cultivados com plantas de cobertura. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 2, n. 1, p. 38-41, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/3655>> . Acesso em: 09 abr. 2025.

CERCIOGLU, M.; ANDERSON, S.H.; UDAWATTA, R.P.; HARUNA, S.I. Effects of cover crop and biofuel crop management on computed tomography-measured pore parameters. **Geoderma**, Amsterdã, v. 319, p. 80-88, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706117314301>> . Acesso em: 08 abr. 2025.

CHALISE, K.S.; SINGH, S.; WEGNER, B.R.; KUMAR, S.; PÉREZ-GUTIÉRREZ, J.D.; OSBORNE, S.L.; NLEYA, T.; GUZMAN, J.; ROHILA, J.S. Cover crops and returning residue impact on soil organic carbon, bulk density, penetration resistance, water retention, infiltration and soybean yield. **Agronomy Journal**, Hoboken, v. 110, p. 99-108, 2018. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2018.03.0213>> . Acesso em: 09 abr. 2025.

CONAB. **Soja, séries históricas**. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab),

2025. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>> . Acesso em: 11 abr. 2025.

CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KAMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F.F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 89 p.

EMATER/RS **Segunda estimativa da safra de verão 2024/2025**. Não-Me-Toque: Emater/RS, 2025. 21 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

FERREIRA, D.F. **Sistemas de análise estatística para dados balanceados**. Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 2000. 145 p.

GABRIEL, J.L.; GARCÍA-GONZÁLEZ, I.; QUEMADA, M.; MARTÍN-LAMMERDING, D.; ALONSO-AYUSO, M.; HONTORIA, C. Cover crops reduce soil resistance to penetration by preserving soil surface water content, **Geoderma**, Amsterdã, v. 386, 114911, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706120326665>>. Acesso em: 08 abr. 2025.

GRÜN, E.; ALVES, A.F.; SILVA, A.L.; ZANON, A.J.; CORRÊA, A.R.; LEICHTWEIS, E.M.; AVILA NETO, R.C.; ULGUIM, A.R. How do off-season cover crops affect soybean weed communities?, **Agriculture**, Basel, v. 14, 1509, 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2077-0472/14/9/1509>>. Acesso em: 09 abr. 2025.

HARUNA, S.I.; ANDERSON, S.H.; UDAWATTA, R.P.; GANTZER, C.J.; PHILLIPS, N.C.; CUI, S.; GAO, Y. Improving soil physical properties through the use of cover crops: a review. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, Hoboken, v. 3, n. 1, p. 1-18, 2020. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/agg2.20105>>. Acesso em: 08 abr. 2025.

INSTRUÇÃO NORMATIVA SPA/MAPA Nº 1, DE 21 DE JUNHO DE 2022.

JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, M.A.; LÓPEZ-ROMANO, H.; CARRAL, P.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, A.M.; HERRANZ-LUQUE, J.E.; SASTRE-RODRÍGUEZ, B.E.; GARCÍA-DÍAZ, A.; MUÑOZ-ORGANERO, G.; MARQUES, M.J. Ten-year impact of cover crops on soil organic matter quantity and quality in semi-arid vineyards. **Land**, Basel, v. 12, 2143, 2023. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-445X/12/12/2143>>. Acesso em: 08 abr. 2025.

KLOPP, H.W.; BLANCO-CANQUI, H.; SINDELAR, M.; JIN, V.L.; SCHMER, M.R.; FERGUSON, R.B. Did cover crop or animal manure ameliorate corn residue removal effects on soil mechanical properties after 10 years?. **Journal of Agriculture and Food Research**, Amsterdã, v. 14, 100802, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154323003095>>. Acesso em: 09 abr. 2025

KOEFENDER, J.; SCHOFFEL, A.; MANFIO, C.E.; GOLLE, D.P. Biomass and nutrient cycling by winter cover crops. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 6, p. 816-821, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rceres/a/fCgXdgYnLrDcXGqdT7xjSSd/>>. Acesso em: 08 abr. 2025.

KOUDAHE, K.; ALLEN, S.C.; DJAMAN, K. Critical review of the impact of cover crops on soil properties. **International Soil and Water Conservation Research**, Pequim, v. 10, p. 343-354, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633922000259>>. Acesso em: 08 abr. 2025.

LANG, M.C.; BARBOSA, J.A.; FERREIRA, S.D.; BAPTISTÃO, A.R.G.; COSTA, N.V. Periods of coexistence of weeds with carrot grown with and without black oat straw. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 57, e02897, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/VQSdzzWHxH5V LchVZF38fPk/?lang=en>>. Acesso em: 08 abr. 2025.

LUDWIG., R.L. **Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas e seus efeitos na produtividade da soja**. 2022. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Agronomia, IFRS, Ibirubá - RS, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifrs.edu.br/handle/123456789/1504> Acesso em: 05 ago. 2025.

MACHADO, R.G.; FRANCO, J.F.; HAHN, L. Soil physical quality influenced by winter plants. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 20, n. 3, p. 225-230, 2021. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/27369>. Acesso em: 08 abr. 2025.

MARQUEZ, J.; PAUDEL, R.; SIPES, B.S.; WANG, K.H. Successional effects of no-till cover cropping with black oat (*Avena strigosa*) vs. soil solarization on soil health in a tropical Oxisoil. **Horticulturae**, Basel, v. 8, 527, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/6/527>. Acesso em: 09 abr. 2025.

MERTEN, G.H.; ARAÚJO, A.G.; BISCAIA, R.C.M.; BARBOSA, G.M.C.; CONTE, O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdã, v. 152, p. 85-93, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198715000823?casa_token=0sFUZ8LyEzwAAAAA:FmeHS0gchqI6teohpYVNX4WuQTG70Ihpfb0UwnZZpiOnqkFAH-lRs9Vq29yDtoyN5VICbAL1nMo >. Acesso em: 11 abr. 2025.

NAÇÕES UNIDAS - BRASIL **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 02 mar. 2025.

NUNES, M.R.; KARLEN, D.L.; DENARDIN, J.E.; CAMBARDELLA, C.A. Corn root and soil health indicator response to no-till production practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdã, v. 285, 106607, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880919302233>. Acesso em: 09 abr. 2025.

OGILVIE, C.M.; ASHIQ, W.; VASAVA, H.B.; BISWAS, A. Quantifying root-soil interactions in cover crop systems: a review. **Agriculture**, Basel, v. 11, 218, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/3/218>. Acesso em: 08 abr. 2025.

OSIPITAN, O.A.; DILLE, J.A.; ASSEFA, Y.; RADICETTI, E.; AYENI, A.; KNEZEVIC, S.Z. Impact of cover crop management on level of weed suppression: a meta-analysis. **Crop Science**, Hoboken, v. 59, p. 833-842, 2019. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2135/cropsci2018.09.0589>. Acesso em: 08 abr. 2025. out. 2025.

RAMBO, G.F.; VANZETTO, G.V. Análise do uso de plantas de cobertura e efeito ao ambiente produtivo. **Revista de Agronomia e Medicina Veterinária**, v. 12, n. 1, p. 01-19, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/ramviv12n1-001>. Acesso em: 08 ago. 2025.

RAUBER, L.R.; REINERT, D.J.; GUBIANI, P.I.; LOSS, A. Structure and water infiltration in an Ultisol affected by cover crops and seasonality. **Soil and Tillage Research**, v. 247, 106366, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198724003672>. Acesso em: 15 abr. 2025.

REIS, G.P.; BORSOI, A. Atributos físicos do solo, incidência de plantas daninhas e massa seca de plantas de cobertura na entressafra da soja em Latossolo Vermelho. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. Edição Especial, p. 69-76, 2020. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1040>. Acesso em: 09 abr. 2025.

RODRIGUES, S.A.; BERTOL, I.; BAGIO, B.; WOLSCHICK, N.H.; BERNARDI, L. OLIVEIRA, M.F.; FEHLAUER, T.V. Water erosion at different slope lengths. **Delos - Desarrollo Local Sostenible**, Curitiba, v. 17, n. 57, p. 1-19, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1581>. Acesso em: 11 abr. 2025

ROSA, A.T.; RUIZ DIAZ, D.A.; HANSEL, F.D.; SEBASTIAN, J.S.V.; ADEE, E.A. Genotypic variation on root growth and nutrient uptake in corn and soybean. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, Hoboken, v. 2, p. 1-12, 2019. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/age2019.03.0018>>. Acesso em: 09 abr. 2025.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; DOS ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. Ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 356 p. Disponível em:

<<https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2025.

SILVA, M.M.; ALVES, M.C.; SOUSA, A.P.; FERNANDES, F.C.S. Plantas de cobertura e sistemas de preparo: impactos na qualidade física de um solo do Cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 1, p. 103-111, 2009. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226702015.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2025.

WILDNER, L.P.; MORALES, R.G.F.; JUSTEN, J.G.K.; KRUNVALD, L. Plantas para adubação verde e cobertura do solo. Caracterização de espécies e informações para o cultivo no estado de Santa Catarina. Florianópolis