

Massa seca de plantas de cobertura e atividade micorrízica em sistema orgânico de plantio direto de hortaliças

Cover crops dry mass and mycorrhizal activity in an organic no-tillage vegetable system

Masa seca de plantas de cobertura y actividad micorrízica en área orgánica de sistema de plantio direto de hortalizas

Leonardo Khaoê Giovanetti

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0000-0002-3593-0713

Carolina Oliveira de Alcântara

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0000-0003-2129-3802

Lucas Raimundo Rauber

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina,
Lages/Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0000-0002-5998-269X

Miguel Augusto Schulte Barth

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0009-0009-3401-9408

Pedro de Mello Holme

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0009-0003-8759-2386

Bárbara Santos Ventura

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0000-0002-5051-7222

Jucinei José Comin

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0000-0002-6176-6208

Paulo Emílio Lovato

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

 0000-0001-5828-696X

Resumo: O uso de plantas de cobertura é essencial no sistema de plantio de hortaliças (SPDH) e promove melhorias ao agroecossistema, especialmente em sistemas orgânicos. Entretanto, o caráter de se associar ou não aos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) das plantas pode alterar a atividade dos fungos do solo e o rendimento do sistema. Nós avaliamos como o cultivo de uma espécie não micorrízica (nabo-forrageiro), em comparação a uma espécie micorrízica (aveia-preta), altera o potencial micorrízico do solo e a produção de massa seca em um sistema orgânico de plantio direto de hortaliças. Quantificamos a produção de massa seca das plantas de cobertura (rendimento), colonização micorrízica arbuscular das plantas de cobertura, esporos de fungos micorrízicos e teores de proteína relacionados às frações de glomalina do solo, sob a influência de dois tratamentos: aveia-preta e nabo-forrageiro. A aveia-preta apresentou 42, 27 e 12% de colonização total, por arbúsculos e por vesículas, respectivamente, e se diferenciou do nabo-forrageiro, que não apresentou colonização. As demais variáveis não diferiram. Os resultados reforçam a importância da diversidade de cultivos (histórico anterior da área) na manutenção da funcionalidade biológica do solo e indicam que a inclusão eventual de espécies não micorrízicas em sistemas diversificados não necessariamente compromete o potencial micorrízico do solo, permitindo maior flexibilidade ao agricultor na escolha das plantas de cobertura.

Palavras-chave: *Avena strigosa*; diversidade funcional; FMA; *Raphanus sativus*; SPDH.

Abstract: The use of cover crops is essential in the no-tillage vegetable system (NTVS) and promotes improvements on the system, especially with organic management. However, whether or not these plants associate with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can alter soil fungal activity and system yield. We evaluated how the cultivation of a non-mycorrhizal species (oilseed-radish), compared to a mycorrhizal species (black-oats), affects the soil's mycorrhizal potential and dry matter production in an organic no-till vegetable cropping system. We quantified the dry matter production of the cover crops (yield), arbuscular mycorrhizal colonization of the cover crops, mycorrhizal fungal spores, and protein content related to soil glomalin fractions under the influence of two treatments: black oat and oilseed-radish. Black oats showed 42, 27, and 12% for total colonization, by arbuscules and by vesicles, respectively, and differed from oilseed-radish, which showed no colonization. The other variables did not differ. The results observed reinforce the importance of crop diversity (previous history of the area) in maintaining soil biological functionality and indicate that the eventual inclusion of non-mycorrhizal species in diversified systems does not necessarily compromise the mycorrhizal potential of the soil, allowing greater flexibility for the farmer in choosing cover crops.

Keywords: *Avena strigosa*; Functional diversity; AMF; *Raphanus sativus*; NTVS.

Resumen: El uso de plantas de cobertura es esencial en el sistema de plantación de hortalizas (SPH) y promueve mejoras en el sistema, principalmente con el manejo orgánico. Sin embargo, el hecho de asociarse o no con los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) de estas plantas puede alterar la actividad de los hongos del suelo y el rendimiento del sistema. Hemos evaluado cómo el cultivo de una especie no micorrízica (nabo forrajero), en comparación con una especie micorrízica (avena negra), altera el potencial micorrízico del suelo y la producción de materia seca en un sistema orgánico de siembra directa de hortalizas. Quantificamos a produção de massa seca das plantas de cobertura (rendimento), colonização micorrízica arbuscular das plantas de cobertura, esporos de hongos micorrízicos y contenido de proteínas relacionados às frações de glomalina do solo, sob a influência de dos tratamientos: aveia-negra e nabo-forrageiro. La avena negra presentó un 42, un 27 y un 12% de colonización total, por arbúsculos y por vesículas, respectivamente, y difirió del nabo forrajero, que no presentó colonización. Las demás variables no difirieron. Los resultados observados refuerzan la importancia de la diversidad de cultivos (historial anterior de la zona) en el mantenimiento de la funcionalidad biológica del suelo e indican que la inclusión eventual de especies no micorrízicas en sistemas diversificados no compromete necesariamente el potencial micorrízico del suelo, permitiendo una mayor flexibilidad al agricultor en la escuela de plantas de cobertura.

Palabras clave: *Avena strigosa*; diversidad funcional; HMA; *Raphanus sativus*; SPDH.

O uso de plantas de cobertura é essencial para a melhoria da saúde do solo, em especial na produção de hortaliças em que o solo frequentemente sofre intenso revolvimento. Diante disso, o uso dessas espécies torna-se ainda mais relevante para promover a melhoria dos atributos químicos (Souza *et al.*, 2021), físicos (Rauber *et al.*, 2026) e biológicos do solo (Ventura *et al.*, 2021; Bortolini *et al.*, 2025; Giovanetti *et al.*, 2026).

Em sistemas conservacionistas, como o sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH), que entre seus manejos faz uso de plantas de cobertura, rotação de cultivos e mínimo revolvimento do solo, os efeitos das plantas de cobertura podem ser ainda mais evidentes (Fayad *et al.*, 2019), com destaque para sistemas orgânicos que não fazem uso de

produtos químicos (Meena *et al.*, 2021). Entretanto, a seleção adequada das espécies de cobertura no sistema é crucial para a produção de massa seca e para a saúde do solo, com destaque para a atividade biológica, indicador considerado mais sensível a mudanças (Haruna *et al.*, 2025).

Entre os indicadores biológicos, a interação entre plantas de cobertura e fungos micorrízicos arbusculares (FMA), simbiontes mutualísticos que aumentam a área de absorção radicular e promovem o crescimento das plantas (Smith; Read, 2008), é particularmente relevante, pois nem todas as espécies se associam a estes fungos, e isso pode afetar o potencial micorrízico para os cultivos subsequentes e consequentemente a funcionalidade do solo.

No sul do Brasil, por exemplo, é comum durante o inverno, o uso de aveia-preta (*Avena strigosa* L.), espécie que se associa aos FMA e nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.), que não se associa, para anteceder cultivos comerciais (Fayad *et al.*, 2019). Nesse contexto, torna-se relevante compreender se a utilização de uma espécie não micorrízica no sistema de rotação altera o potencial de inóculo micorrízico do solo em sistemas conservacionistas (Ventura *et al.*, 2026). Desse modo, a compreensão dessas interações é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo que favoreçam a saúde do solo e a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Diante disso, buscou-se avaliar se o cultivo de uma espécie não micorrízica (nabo-forrageiro), em comparação a uma espécie micorrízica (aveia-preta), altera o potencial micorrízico do solo e a produção de massa seca em um sistema orgânico de plantio direto de hortaliças.

O trabalho foi conduzido entre novembro de 2023 e abril de 2024, em propriedade rural no Assentamento Comuna Amarildo de Souza (com certificação orgânica pela rede Ecovida® desde 2016), no município de Águas Mornas, Santa Catarina (Latitude -27°43'55", Longitude -48°56'58"). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é subtropical mesotérmico úmido (Cfa), com temperatura média anual de 18,5°C e precipitação anual média de 1.810mm.

O solo da área, de acordo com a Embrapa (2018), está em uma zona de transição entre Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico. O histórico da área nos últimos cinco anos é de plantio de hortaliças, como beterraba (*Beta vulgaris*), cenoura (*Daucus carota*), cebola (*Allium cepa*), acelga (*Beta vulgaris* L. var. cicla) e grãos (feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.).

Em novembro de 2023 cultivou-se mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*) (160kg ha⁻¹) como planta de cobertura, cortada em pleno florescimento, que produziu 8,6Mg ha⁻¹ de massa seca. Após, foram coletadas amostras de solo (0-10cm) para análise dos atributos químicos (Tabela 1).

Tabela 1 – Atributos físico-químicos do solo (0-10cm) do estudo em Águas Mornas, Santa Catarina (2024)

pH (água)	Argila	Matéria Orgânica	P	K	Ca	Mg	CTC	V%
		%	mg dm ⁻³		cmolc kg ⁻¹			
7,0	29	3,3	110,0	136,6	7,6	2,8	12,0	89

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Nota: P (fósforo), K (potássio): Mehlich 1. Ca (cálcio), Mg (magnésio), CTC (capacidade de troca catiônica), V% (saturação por bases).

Em abril de 2024 foram semeados aveia-preta (160kg ha⁻¹) e nabo-forrageiro (40kg ha⁻¹), que constituíram os dois tratamentos deste estudo, em blocos completos casualizados com quatro repetições (5m² - 2,5 x 2m), distanciados a cada dois metros. Durante o ciclo das plantas de cobertura não foi realizado nenhum manejo. Em pleno florescimento, as plantas de cobertura foram então cortadas e se analisou a massa seca, além da coleta de raízes para colonização micorrízica arbuscular e de solo para contagem de esporos de fungos micorrízicos e teores de proteína relacionados às frações de glomalina, como segue.

A massa seca foi obtida a partir de três subamostras da parte aérea coletada com o uso de um quadro de 0,5m x 0,5m (0,25m²) lançado ao acaso. O material foi secado em estufa de ventilação forçada a 62°C, até a massa constante.

Foram coletados os sistemas radiculares de três plantas ao acaso, representantes de cada repetição, para análise da colonização micorrízica radicular. As raízes foram dispostas em sacos plásticos, transportadas em caixas térmicas e armazenadas a 4°C até o processamento em laboratório. Lavadas em água corrente sobre peneira de 10 mesh (2mm), clareadas com hidróxido de potássio (KOH) 10%, tratadas com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 30%, enxaguadas em água destilada, acidificadas com ácido clorídrico (HCl) 1% e coradas com azul de tripano 0,05% (Koske; Gemma, 1989). A avaliação foi realizada pela técnica de contagem de interseções, por meio da observação de estruturas específicas, como

arbúsculos, vesículas e hifas (colonização total) em microscópio óptico (Mcgonigle *et al.*, 1990) com aumento de 400x. Foram analisadas duas lâminas por planta e 100 interseções por lâmina.

As amostras de solo (0-10cm) foram compostas de quatro subamostras coletadas em cada parcela para análise do número de esporos, pela técnica de peneiramento úmido em amostras de 50cm³ de solo, com o uso de sacarose 60% e a contagem realizada no material retido na peneira de 45µm (Gerdemann; Nicolson, 1963) e dos teores de proteína do solo relacionados às frações de glomalina facilmente extraível (GE) e total (GT), quantificadas conforme Wright e Upadhyaya (1998). Para quantificação de GE, amostras de um grama de terra fina seca ao ar foram dispostas em tubos Falcon de 15mL com 8mL de citrato de sódio (20mM L⁻¹), autoclavados a 121°C por 30 minutos e centrifugados a 4.500g por cinco minutos. O sobrenadante foi recolhido. A quantificação de GT foi conduzida nas mesmas condições que GE, exceto pela concentração de citrato de sódio, que foi de 50mM L⁻¹, e tempo de autoclavagem de uma hora. Esse processo foi repetido até a extração total de proteína do solo, indicada pela coloração amarelo-clara das amostras (Menezes Júnior *et al.*, 2018). O conteúdo de GE foi determinado após o primeiro ciclo de autoclavagem e a GT pela soma das sucessivas autoclavagens. O padrão foi preparado com albumina bovina sérica e a leitura foi feita em espectrofotômetro (595nm).

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e de Bartlett para normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Os valores de colonização micorrízica foram transformados por arco-senov². Então, submetidos à análise de variância (ANOVA). Os testes foram feitos no R 4.5.1 (p<0,05) (R Core Team, 2022).

A produção de massa seca dos cultivos de inverno não diferiu entre as espécies e variou entre 4,8-5,0Mg ha⁻¹ (Tabela 2). Souza *et al.* (2021) observaram nos oito primeiros anos de SPDH em Ituporanga (SC) valores semelhantes de produção de matéria seca de aveia-preta, nabo-forrageiro e centeio, solteiro e consorciado. Isso vem ao encontro dos resultados observados nesse experimento em SPDH de transição (início). A mucuna-cinza, que antecedeu as plantas de inverno, produziu 8,6Mg ha⁻¹, com isso, a produção mínima de 10Mg ha⁻¹ ano⁻¹ recomendada para o SPDH (Fayad *et al.*, 2019) foi atingida em ambos os tratamentos.

Tabela 2 – Massa seca das plantas de cobertura e atividade micorrízica (colonização total, por arbúsculos e vesículas, número de esporos e frações de proteína relacionadas à glomalina facilmente extraível e total) após diferentes plantas de cobertura em SPDH orgânico em Águas Mornas, Santa Catarina (2024)

Planta de cobertura	Massa seca	Total ¹	Arbúsculos ¹	Vesículas ¹	Número de esporos	Glomalina facilmente extraível	Glomalina total
	Mg ha ⁻¹	Colonização (%)			cm ³ solo	mg g solo ⁻¹	
Aveia-preta	5,0(±0,2) ^{ns}	42(±5)*	27(±1)*	12(±1)*	13(±1) ^{ns}	4,2(±0,3) ^{ns}	13,9(±0,2) ^{ns}
Nabo-forrageiro	4,8 (±0,2)	0(±0)	0(±0)	0(±0)	14(±2)	4,7(±0,4)	13,7(±0,4)
CV(%)	15,3	36,3	41,0	31,0	30,8	9,7	4,8

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Nota: ¹ Dados transformados por arco-senov². *Difere e ^{ns} não significativo para ANOVA (p<0,05).

A aveia-preta apresentou 42, 27 e 12% para colonização total por arbúsculos e por vesículas, respectivamente, e diferiu do nabo-forrageiro, que não apresentou colonização por nenhuma estrutura dos FMA (Tabela 2). Isso está relacionado ao caráter micorrízico da Poaceae (Ventura *et al.*, 2021) e não micorrízico da Brassicaceae (Miranda *et al.*, 2001).

Ao avaliar a aveia-preta em pleno florescimento no Paraná, foi observada colonização total de 36% para a aveia-preta em área com 11mg dm⁻³ de fósforo e argila de 30% (Lermen *et al.*, 2012), teor considerado baixo para olerícolas no estado onde foi realizado o trabalho citado (SBCS, 2019). No presente trabalho, os teores de fósforo do solo foram de 110mg dm⁻³ (Tabela 1), isso acontece devido à constante adubação orgânica (cama de aviário) aplicada no sistema. Além disso, esse teor é considerado muito alto em Santa Catarina (SBCS, 2016) e, ainda assim, houve colonização total de 42% (Tabela 2). Isso pode estar relacionado à diversidade de espécies cultivadas no sistema, ao mínimo revolvimento do solo e ao não uso de produtos químicos no sistema que provavelmente beneficiou o potencial de inóculo da área, demonstrados pelas taxas de colonização da espécie de cobertura micorrízica e consequentes melhorias para os possíveis cultivos micorrízicos posteriores (Heberle *et al.*, 2015).

A colonização por arbúsculos, principal estrutura de troca entre a planta e o fungo, da aveia-preta (27%) (Tabela 2) demonstra que a simbiose está ativa e funcional no sistema e indica alto potencial de inóculo para as espécies posteriores (Smith; Read, 2008), visto que esses valores foram observados em pleno florescimento, época em que ocorre o corte das espécies de cobertura no SPDH para o cultivo posterior das espécies comerciais.

A colonização por vesículas de 12% na aveia-preta apontada na Tabela 2 foi menor que a de arbúsculos (27%), e pode indicar predominância funcional da troca de metabólitos entre a planta e o fungo (arbúsculos) e não armazenamento ou final de ciclo dos fungos (vesículas). Isso pode estar relacionado também à alta diversidade de FMA nativos presentes no sistema (Silvana *et al.*, 2018), o que sugere trabalhos futuros.

O número de esporos não variou entre as espécies de cobertura que demonstraram amplitude entre 13 a 14 esporos por cm³ de solo (Tabela 2). Não foi observada redução da produção de esporos pelo nabo-forrageiro, não micorrízico, tal fato pode decorrer da alta diversidade de plantas cultivadas no histórico da área, visto que são manejadas diferentes espécies vegetais ano a ano, majoritariamente micorrízicas. A maior diversidade vegetal e a rotação de cultivos tendem a manter ou até aumentar o potencial de inóculo micorrízico no solo, mesmo quando espécies não micorrízicas são cultivadas temporariamente devido à persistência de propágulos fúngicos e da rede micelial no solo (Bowles *et al.*, 2016).

Com relação às frações de proteína do solo relacionadas à glomalina, não houve diferença, que variaram entre 4,2-4,7 e 13,7-13,9mg g solo⁻¹ para glomalina facilmente extraível e total, respectivamente (Tabela 2), comportamento semelhante ao número de esporos, o que indica que devido ao histórico conservacionista da área e principalmente à diversidade de espécies predominantemente micorrízicas cultivadas anteriormente, não houve alterações no estoque dessas proteínas no solo, o que também está relacionado à natureza desta glicoproteína, já que a glomalina é produzida, também, pelas hifas de FMA e apresenta alta estabilidade e persistência no solo, podendo permanecer acumulada por vários anos (Wright; Upadhyaya, 1998).

Em síntese, a similaridade entre aveia-preta e nabo-forrageiro em sistema de SPDH em transição quanto à produção de massa seca, densidade de esporos e teores de glomalina indica que o potencial micorrízico do solo foi mantido. Ainda, a manutenção desses indicadores após o cultivo do nabo-forrageiro sugere que a ausência de associação micorrízica durante um ciclo de cultivo não foi suficiente para comprometer o potencial micorrízico estabelecido no solo. Esse comportamento pode estar relacionado ao histórico diversificado da área, no qual diferentes espécies vegetais, predominantemente micorrízicas, foram cultivadas ao longo dos anos, contribuindo para a manutenção de propágulos fúngicos e da rede micelial no solo. Além disso, o mínimo revolvimento e a ausência de produtos químicos no sistema podem ter favorecido a persistência desses propágulos. Dessa forma, os resultados indicam que a inclusão eventual de uma espécie não micorrízica, como o nabo-forrageiro, não necessariamente representa uma interrupção da funcionalidade micorrízica construída ao longo do histórico de manejo.

Os resultados observados neste trabalho reforçam a importância da diversidade de cultivos (histórico anterior da área) na manutenção da funcionalidade biológica do solo e indicam que a inclusão eventual de espécies não micorrízicas em sistemas diversificados não necessariamente compromete o potencial micorrízico do solo. Além disso, permitem ao agricultor maior flexibilidade na escolha das espécies de cobertura, considerando outros serviços ecossistêmicos desejados no sistema produtivo, como bioturbação do solo, reciclagem de nutrientes e produção de palhada, sem prejuízo imediato à dinâmica dos fungos micorrízicos arbusculares.

Dessa forma, conclui-se que a inclusão eventual de uma espécie não micorrízica, como o nabo-forrageiro, não necessariamente representa uma interrupção da funcionalidade micorrízica construída ao longo do histórico de manejo. Entretanto, essa interpretação deve ser associada às condições específicas do sistema avaliado, especialmente seu histórico de diversidade vegetal e manejo conservacionista, não sendo possível afirmar que a utilização contínua de espécies não micorrízicas produziria o mesmo efeito.

REFERÊNCIAS

BORTOLINI, J. G.; COMIN, J. J.; GIOVANETTI, L. K.; VENTURA, B. S.; ALMEIDA, J.; MORAIS, G. P.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; SOARES, C. R. F. S. Soil microbial activity in a long-term organic no-till onion System. **Organic Agriculture**, v. 15, p. 245-257, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13165-025-00495-8>

BOWLES, T.; JACKSON, L.; LOEHER, M.; CAVAGNARO, T. Ecological intensification and arbuscular mycorrhizas: A meta-analysis of tillage and cover crop effects. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 6, p. 1785-1793, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12815>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 355 p.

FAYAD, J. A.; ARL, V.; COMIN, J. J.; MAFRA, A.; MARCHESI, D. R. (org.). **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)**. 2. ed. Epagri: Florianópolis, 2019. 431 p.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. Spores of mycorrhizal Endogone species eExtracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)

GIOVANETTI, L. K.; RAUBER, L. R.; MEYER, E.; DE ALCÂNTARA, C. O.; KURTZ, C.; COMIN, J. J.; LOVATO, P. E.; LOSS, A. Soil microbiome in long-term onion cropping systems. **Frontiers in Environmental Science**, v. 14, n. 1772808, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2026.1772808>

HARUNA, S.; EKE, D.; HAQUE, M. A.; KU, S. Cover crop effects on select soil physicochemical and biological properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 393, n. 109817, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109817>

HEBERLE, E. S.; ARMAS, R. D.; HEBERLE, D. A.; STURMER, S. L.; PERUCH, L. A. M.; LOVATO, P. E.; SOARES, C. R. F. S. Occurrence and Structure of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities in Cassava after Cultivation of Cover Crops as Observed by the “PCR-DGGE” Technique. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 39, p. 1292-1301, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100683rbcs20140216>

KOSKE, R.; GEMMA, J. A Modified Procedure for Staining Roots to Detect VA Mycorrhizas. **Mycological Research**, v. 92, p. 486-488, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(89\)80195-9](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(89)80195-9)

LERMEN, C.; FERREIRA, F.; CAMILOTTI, J.; RAIMUNDO, K. F.; URCOVICHE, R.; GUELLIS, C.; ALBERTON, O. Potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com aveia em Umuarama – PR. **Arq. Ciênc. Vet. Zool.**, v. 15, n. 1, p. 49-55, 2012.

MCGONIGLE, T.; MILLER, M.; EVANS, D.; FAIRCHILD, G.; SWAN, J. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 115, p. 495-501, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1990.tb00476.x>

MEENA, V.; MEENA, S.; RAKSHIT, A.; STANLEY, J.; SRINIVASARO, C. (ed.). **Advances in Organic Farming**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2021. 260 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2019-0-04079-4>.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G. M.; GONÇALVES, P. A. S.; MARCUZZO, L. L. Avaliação de sistemas de produção convencional, racionais e orgânicos na cultura da cebola em plantio direto no Alto Vale do Itajaí – SC. **Revista Thema**, v. 15, n. 3, p. 1123-1136, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.15.2018.1123-1136.977>

MIRANDA, J. C.; MIRANDA, L. N.; VILELA, L.; VARGAS, M. A.; CARVALHO, A. M. **Manejo da Micorríza Arbuscular por meio da Rotação de Culturas nos Sistemas Agrícolas do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 3 p. (Comunicado técnico, n. 42).

RAUBER, L. R.; GIOVANETTI, L. K.; ALCÂNTARA, C. O.; HOLME, P. M.; LOURENZI, C. R.; KURTZ, C.; COMIN, J. J.; LOSS, A. Functional differentiation of cover crops in the long-term no-tillage vegetable system. **Soil and Tillage Research**, v. 260, n. 107102, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2026.107102>

SILVANA, V.; CARLOS, F.; LUCÍA, A.; NATALIA, A.; MARTA, C. Colonization dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in *Ilex paraguariensis* crops: Seasonality and influence of management practices. **Journal of King Saud University – Science**, v. 32, p. 183-188, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.03.017>

SMITH, S.; READ, D. **Mycorrhizal symbiosis**. 3. ed. London: Academic Press. 787 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Florianópolis: SBCS- Região Sul. 2016. 376 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de calagem e adubação para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS. 2019. 289 p.

SOUZA, M.; VARGAS, M.; VENTURA, B.; JÚNIOR, V.; SOARES, C.; KURTZ, C.; COMIN, J.; LOVATO, P. Soil chemical properties and yield of onion crops grown for eight years under no-tillage system with cover crops. **Soil and Tillage Research**, v. 208, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104897>

VENTURA, B.; MEYER, E.; SOUZA, M.; VIEIRA, A.; SCARSANELLA, J.; COMIN, J.; LOVATO, P. Soil phosphorus availability and uptake by mycorrhizal and non-mycorrhizal plants in an onion no-tillage system. **Cienc. Rural**, v. 51, n. 10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200740>

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2022. Available in: <https://www.R-project.org>. Access at: 20 fev. 2026.

WRIGHT, S.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant Soil**, v. 198, p. 97–107, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1004347701584>

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Breve currículo dos autores

Leonardo Khaoê Giovanetti

Extensionista da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Doutorando em Recursos Genéticos Vegetais (Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC). Mestre em Ciências (UFSC). Agrônomo (Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS). Atua na área de ecologia e microbiologia do solo, bioinsumos e sistema de plantio direto de Hortaliças (SPDH). E-mail: leonardooliveira@epagri.sc.gov.br

Carolina Oliveira de Alcântara

Doutoranda em Agroecossistemas (UFSC), mestra em Ecologia (UFSC), bióloga (Universidade Federal de Uberlândia - UFU com período sanduíche em Johns Hopkins University). Atua na área de ecologia de escarabeídeos em diferentes sistemas de produção e atividade enzimática do solo. E-mail: carolina.oalc@gmail.com

Lucas Raimundo Rauber

Pesquisador da Epagri. Doutor em Ciência do Solo (Universidade Federal de Santa Maria, UFSM), Mestre em Ciência do Solo (Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC), Agrônomo (UFFS). Atua na área de saúde do solo, manejo e conservação da água e do solo, física do solo e SPDH. E-mail: lucasrauber@epagri.sc.gov.br

Miguel Augusto Schulte Barth

Graduando em Agronomia (UFSC). Atua na área de SPDH, bioinsumos e conservação do solo. E-mail: miguelbarth1@gmail.com

Pedro de Mello Holme

Graduando em Agronomia (UFSC). Atua na área de SPDH, atividade enzimática e conservação do solo. E-mail: pedro.mholme@gmail.com

Bárbara Santos Ventura

Doutora em Ciências (UFSC), mestra em Agroecossistemas (UFSC), agrônoma (UFSC). Atua na área de SPDH, microbiologia do solo e conservação do solo. E-mail: bazinhasv@hotmail.com

Jucinei José Comin

Professor titular (UFSC). Doutor em Agronomia (École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes), mestre em Ciência do Solo (Universidade Federal do Paraná, UFPR), agrônomo (UFSC). Atua na área de SPDH, conservação do solo e agroecologia. E-mail: j.comin@ufsc.br

Paulo Emílio Lovato

Professor titular (UFSC). Doutor em Ciências da Vida (Université de Bourgogne, França), mestre em Agronomia (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS), agrônomo (UFRGS). Atua na área de ecologia e microbiologia do solo, SPDH, conservação do solo e fungos micorrízicos arbusculares. E-mail: paulo.lovato@ufsc.br



Contribuição de autoria - CRediT

Leonardo Khaoê Giovanetti: Conceituação, metodologia, análise formal, investigação, escrita - revisão e edição.

Carolina Oliveira de Alcântara: Investigação, escrita - revisão e edição.

Lucas Raimundo Rauber: Investigação, escrita - revisão e edição.

Miguel Augusto Schulte Barth: Investigação, escrita - revisão e edição.

Pedro de Mello Holme: Investigação, escrita - revisão e edição.

Bárbara Santos Ventura: Investigação, escrita - revisão e edição.

Jucinei José Comin: Recursos, escrita - revisão e edição.

Paulo Emílio Lovato: Recursos, supervisão, escrita - revisão e edição.

Conflito de interesses: os autores declaram não haver qualquer conflito de interesses no desenvolvimento do trabalho.

Financiamento: projeto financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapesc) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (405026/2021-8, 406447/2023-3, 311474/2021-7).

Conflitos de interesse: não há conflito de interesses.

Licença de uso: de acordo com as regras da revista CCBY 4.0

Preprints: não se aplica.

Aprovação do comitê de ética na investigação: não se aplica.

Consentimento para o uso de imagens: não se aplica.

Disponibilidade dos dados de investigação e outros materiais: os dados que sustentam este estudo poderão ser disponibilizados pelo autor correspondente, mediante solicitação direta.

Acordo com a revisão aberta: não se aplica.