



## **Plantas de cobertura e fornecimento de nitrogênio para o milho em sistema de plantio direto orgânico.**

*Cover crops and nitrogen supply for corn in organic no-till planting system.*

SILVA, Maira Abigail dos Santos<sup>1</sup>; CHINEN, Melissa Akemi<sup>2</sup>; MACEDO, Fabiely Viana Nascimento<sup>3</sup>; DORIGAN, Bianca Santa Rosa<sup>4</sup>; FONTANETTI, Anastácia<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos, mairasilva@estudante.ufscar.br; <sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos, melissachinen@estudante.ufscar.br; <sup>3</sup> Universidade Federal de São Carlos, fabiely@estudante.ufscar.br; <sup>4</sup> Universidade Federal de São Carlos, biancasrd@estudante.ufscar.br; <sup>5</sup> Universidade Federal de São Carlos, anastacia@ufscar.br

### **RESUMO EXPANDIDO**

#### **Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas**

**Resumo:** Neste estudo, avaliamos os efeitos das plantas de cobertura no fornecimento de nitrogênio (N) e desenvolvimento do milho em plantio direto orgânico. O delineamento foi blocos casualizados, com 5 repetições e 4 tratamentos: 1) Mix - crotalária ochroleuca, guandu-anão, milheto e trigo mourisco; 2) milheto; 3) crotalária ochroleuca; 4) pousio/vegetação espontânea. As coberturas foram semeadas em novembro de 2022 e manejadas em março de 2023. O milho foi semeado em sequência, população 55 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Avaliamos: produção massa verde/seca das coberturas; índice clorofila (IC) do milho, altura de plantas e inserção da espiga. A produção de massa seca das plantas de cobertura foi semelhante. O milho semeado sobre a palha do milheto apresentou o menor IC. Já o milho semeado sobre a palha do mix teve maior altura de planta e de espiga.

**Palavras-chave:** adubação verde; agricultura orgânica regenerativa; conservação do solo; fixação biológica de nitrogênio.

#### **Introdução**

A agricultura orgânica é criticada pelo excessivo preparo do solo, para o manejo das plantas daninhas, potencialmente comprometendo a qualidade do solo, aumentando os riscos de erosão (CARR, 2017) e a emissão de gases de efeito estufa. Soma-se a dependência no uso de fertilizantes orgânicos oriundos de animais, contrassensos às metas de sustentabilidade. O fornecimento de nitrogênio (N) em doses adequadas para as culturas agrícolas ainda é o maior entrave para a expansão da agricultura orgânica mundial (MULLER et al., 2017).

O Sistema de Plantio Direto (SPD), amplamente utilizado na produção convencional de grãos no Brasil, também pode ser aplicado na produção orgânica. O SPD promove melhorias na qualidade do solo, reduz a erosão, as emissões de gases de efeito estufa e contribui para o uso eficiente da água (PEDROTTI et al., 2015; RIBEIRO et al., 2016; BESEN et al., 2018). No entanto, ainda são necessárias



tecnologias apropriadas para o manejo de plantas espontâneas, fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas no SPD orgânico.

As plantas de cobertura desempenham importantes funções nos agroecossistemas. A nível de solo, podem contribuir para a melhoria dos atributos físico-hídricos e químicos, além de estimular processos biológicos, como a fixação biológica de nitrogênio e a ciclagem de fósforo orgânico. Espécies como milho (*Pennisetum glaucum*), crambe (*Crambe abyssinica*) e trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) podem solubilizar fósforo (P) e reduzir a compactação dos solos (LOSS et al., 2014; TORRES et al., 2022).

Quando as plantas de cobertura são cultivadas em misturas (mix), exercem mais de uma função no agroecossistema, potencializando os efeitos. Leguminosas (Fabaceae) cultivadas com gramíneas (Poaceae) podem facilitar a transferência de N fixado biologicamente, aumentando a produção de biomassa (RASMUSSEN et al., 2013), e influenciar a dinâmica de P no sistema solo-planta (DU et al., 2020).

As diferenças nas entradas e qualidade de biomassa pode impactar a fauna do solo por meio de modificações em seu micro-habitat e recursos alimentares (MENTA et al., 2020). As propriedades da biomassa de leguminosas podem definir a complexidade das comunidades de artrópodes e minhocas no solo (FIORINI et al., 2022), e a biodiversidade do solo é fundamental para a disponibilidade de nutrientes.

Nosso objetivo foi avaliar a contribuição de plantas de cobertura no fornecimento de nitrogênio e consequente desenvolvimento das plantas de milho em sistema de plantio direto orgânico.

## Metodologia

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2022/23, em área orgânica, localizada no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), município de Araras, SP. A área está situada a 690 metros de altitude, nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°18'27,75" Sul e longitude 47°23'09,83" Oeste.

O delineamento experimental foi blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram: (1) Mix das plantas de cobertura: *Crotalaria ochroleuca* G. Don, guandu-anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), milho (*Cenchrus americanus* L. Morrone), trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench); (2) *C. ochroleuca*; (3) Milheto; (4) Pousio/Vegetação espontânea.

O solo da área é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico latossólico, de textura argilosa (YOSHIDA; STOLF, 2016), com as seguintes características



químicas (0-0,20 m): P resina = 37 mg dm<sup>-3</sup>, Matéria orgânica (MO) = 32,8 mg dm<sup>-3</sup>, pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,71, K = 7,11 mmolc dm<sup>-3</sup>, Ca = 65,0 mmolc dm<sup>-3</sup>, Mg = 16,2 mmolc dm<sup>-3</sup>, H+Al = 18,2 mmolc dm<sup>-3</sup>, Al < 0,1 mmolc dm<sup>-3</sup>, SB = 88,7 mmolc dm<sup>-3</sup>, CTC = 106,9 mmolc dm<sup>-3</sup>, V = 83%, S = 4 mg dm<sup>-3</sup>, B = 0,45 mg dm<sup>-3</sup>, Cu = 1,9 mg dm<sup>-3</sup>, Fe = 12,9 mg dm<sup>-3</sup>, Mn = 14,3 mg dm<sup>-3</sup>, Zn = 4,9 mg dm<sup>-3</sup>, Na = 9,1 mg dm<sup>-3</sup> e Si = 13,1 mg kg<sup>-1</sup>.

As plantas de cobertura foram semeadas em novembro de 2022. O Mix foi semeado na densidade de 40 kg ha<sup>-1</sup> de sementes (8 kg de *C. ochroleuca*, 8 kg de guandu-anão, 16 kg de milho e 8 kg de trigo mourisco); a *C. ochroleuca* na densidade de 30 kg ha<sup>-1</sup> e o milho na densidade de 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Em março de 2023, elas foram cortadas rentes ao solo e em seguida semeou-se o milho (variedade IAC Airan), em sistema de plantio direto, no espaçamento de 0,7 m entrelinhas, na população de 55 mil plantas por hectare.

Após a emergência, o milho foi adubado com composto orgânico, na dose de 10,5 t ha<sup>-1</sup> de massa seca. As características químicas do composto orgânico em base seca são: N (0,54%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (1,2%), K (1,05%), Ca (8,10%), Mg (0,46%), S (0,68%), M.O (16,26%), C.O (9,03); C:N (17); Cu (0,006%), Fe (1,949%), Mn (0,062%), Zn (0,014%), B (0,001%), Na (0,942%) e densidade 0,744 kg L<sup>-1</sup>.

O manejo das plantas espontâneas foi realizado no estágio V4 (4 folhas expandidas), com roçadeira costal nas entrelinhas e enxada nas linhas de semeadura. O controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) foi realizado no estágio V3 (3 folhas expandidas), utilizando-se o inseticida Tracer<sup>®</sup>, aplicado em área total na dose de 50 ml ha<sup>-1</sup>, seguindo as indicações do fabricante. Para o controle da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott), foi utilizado o produto Bovemip<sup>®</sup> na dose de 1kg ha<sup>-1</sup>.

As plantas de cobertura e a vegetação espontânea foram avaliadas aos 90 dias após a emergência (DAE) anterior a roçada. Colheu-se a biomassa das coberturas presentes em 1 m<sup>2</sup> por parcela, que foi pesada para a determinação da massa verde (MV). Posteriormente, as amostras foram secas em estufa com ventilação forçada de ar na temperatura de 65°C, até a estabilização da massa, para a determinação da massa de matéria seca (MS).

As avaliações do índice de clorofila foram realizadas nos estádios fenológicos V4 (quatro folhas expandidas) e R1 (emissão da espiga) do milho, utilizando o clorofilômetro ClorofiLOG<sup>®</sup> modelo CFL 1030, produzido pela Falker Automação Agrícola (FALKER, 2008). No estágio V4, a leitura foi realizada no terço médio da última folha expandida e no estágio R1 a leitura foi realizada na primeira folha abaixo e oposta a espiga, ambas em 10 plantas por parcela, foi utilizada a média das leituras foi utilizada (KAPPES et al., 2013). As alturas de planta e de inserção da espiga do milho foram realizadas no estágio VT (pendoamento do milho).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.



## Resultados e Discussão

O mix das plantas de cobertura produziu maior massa verde quando comparado com *C. ochroleuca* solteira e não diferiu do milho e da vegetação espontânea (Tabela 1). Porém, não houve diferença na produção de massa seca (MS) entre as coberturas avaliadas, provavelmente em função do menor teor de MS do mix quando comparado às espécies solteiras (Tabela 1).

**Tabela 1.** Produção de massa verde, massa seca e teor de massa seca das plantas de cobertura do solo.

Coberturas	Massa verde	Massa seca	Teor de MS
	----- t ha <sup>-1</sup> -----		%
Mix	63,94 a <sup>1</sup>	15,20 <sup>ns</sup>	23,83 b
Milheto	49,33 ab	13,90	28,19 a
<i>C. ochroleuca</i>	39,80 b	10,97	27,39 a
Veget. espontânea	47,95 ab	11,92	24,89 b
CV (%)	17,72	19,82	4,80

<sup>ns</sup>Não significativo de acordo com o teste F em nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

A maior produção de massa verde do mix em relação a crotalária solteira indica que a mistura de espécies como o milho (*Poaceae*) no mix pode contribuir para a maior produção de biomassa. Leguminosas (*Fabaceae*) cultivadas com gramíneas (*Poaceae*) podem facilitar a transferência de N fixado biologicamente, aumentando a produção de biomassa (RASMUSSEN et al., 2013).

No estágio V4 não houve efeito das coberturas do solo no IC do milho. Porém no estágio R1 observou-se menor IC no milho semeado sobre a palhada de milho (Tabela 2). O mix proporcionou a maior altura de plantas quando comparado com a vegetação espontânea, e a maior altura de inserção da espiga em relação ao milho e a vegetação espontânea (Tabela 2).

Provavelmente, o milho limitou o fornecimento de N para o milho em sucessão. De fato, alguns resíduos de plantas de cobertura podem afetar negativamente o crescimento e rendimento de grãos de milho e soja, e esse efeito pode ser evitado com plantas de cobertura de decomposição rápida, que permitem maximizar a entrada de N (FIORINI et al., 2022). Os mesmos autores destacam que a adição de resíduos com baixa relação C:N, em vez de privilegiar plantas que forneçam altas taxas de resíduos e elevada relação C:N, parece ser mais adequado para promover a ciclagem de C do solo e o aumento do C total do solo e os reservatórios, bem como disponibilizar N para as plantas.



**Tabela 2.** Índice de clorofila (IC) nos estádios quatro folhas expandidas (V4) e emissão da espiga (R1), altura de plantas e altura de inserção da espiga de milho em função das coberturas do solo.

Coberturas	IC		Altura (m)	
	V4	R1	Planta	Espiga
<i>C. ochroleuca</i>	36,14 <sup>ns</sup>	41,33 a <sup>1</sup>	1,70 ab	0,69 ab
Milheto	37,17	37,75 b	1,61 ab	0,66 b
Mix	38,12	41,03 a	1,73 a	0,76 a
Veget. espontânea	35,97	42,26 a	1,56 b	0,67 b
CV (%)	4,57	3,34	4,70	6,57

<sup>ns</sup>Não significativo de acordo com o teste F em nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey em nível de 5% de significância.

## Conclusões

O mix de plantas de cobertura apresenta potencial para a produção de milho em sistema de plantio direto orgânico. Embora a produção de massa seca não tenha variado entre as coberturas, o mix promoveu maior altura de plantas e inserção de espigas no milho, em relação ao milheto e à vegetação espontânea. Isso sugere que o uso desse mix pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a biomassa e melhorar o crescimento do milho. Entretanto, são necessários maiores estudos para a compreensão dos efeitos das plantas de cobertura utilizadas em mix.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Código de Financiamento 001.

## Referências bibliográficas

BESEN, Marcos Renan et al. Soil conservation practices and greenhouse gases emissions in Brazil. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 3, p. 429-439, 2018.

COÊLHO, Jackson Dantas. Milho: produção e mercados. 2021.

Conab - Boletim da Safra de Grãos. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 14 jul. 2023.

DU, Qing et al. Relay-intercropping soybean with maize maintains soil fertility and increases nitrogen recovery efficiency by reducing nitrogen input. **The Crop Journal**, v. 8, n. 1, p. 140-152, 2020.



FIORINI, Andrea et al. Driving crop yield, soil organic C pools, and soil biodiversity with selected winter cover crops under no-till. **Soil and Tillage Research**, v. 217, p. 105283, 2022.

LOSS, Arcângelo et al. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. **Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata**, v. 113, n. 1, p. 1-8, 2014.

MENTA, Cristina et al. Soil arthropod responses in agroecosystem: Implications of different management and cropping systems. **Agronomy**, v. 10, n. 7, p. 982, 2020.

MULLER, Adrian et al. Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. **Nature communications**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2017.

PEDROTTI, Alceu et al. Atributos químicos do solo modificados por diferentes sistemas de cultivo associados a culturas antecessoras ao cultivo do milho, nos Tabuleiros Costeiros. **Magistra**, v. 27, n. 3/4, p. 292-305, 2015.

RASMUSSEN, Jim et al. Spatial and temporal variation in N transfer in grass–white clover mixtures at three Northern European field sites. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 57, p. 654-662, 2013

RIBEIRO, Pablo Lacerda et al. Condições físico-hídricas de Planossolo cultivado com soja em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1484-1491, 2016.

SANTOS, N.C.N; TIVELLI, S.W. Como Produzir Milho Orgânico? Rio de Janeiro: **Sociedade Nacional de Agricultura**; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; Centro de Inteligência em Orgânicos, 56 p.: il. (Série Capacitação Técnica),2017.

TORRES, José Luiz Rodrigues et al. Physical attributes of an irrigated oxisol after brassicas crops under no-tillage system. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1825, 2022

VINCENT-CABOUD, Laura; DAVID, Christophe. Species Mix As Cover Crop To Practice No Tillage In Organic Arable Production. 2021.

YOSHIDA, Fernando A.; STOLF, Rubismar. Mapeamento digital de atributos e classes de solos da UFSCar-Araras/SP. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2016.