



## C A P Í T U L O 4

# Manejo do solo e aplicação de microrganismos na produtividade das culturas da soja, feijão comum, arroz, trigo, sorgo e milho em região de Cerrado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2182509094>

### **Orivaldo Arf**

Docente da UNESP – Ilha Solteira, Avenida Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/235995407903863>

### **Edson Lazarini**

Docente da UNESP – Ilha Solteira, Avenida Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1069202908129771>

### **Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues**

Docentes da UNESP – Ilha Solteira, Avenida Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7474964143537239>

### **Erik Roberto Jun Korim**

Engenheiro Agrônomo, ex-aluno da UNESP – Ilha Solteira (SP)  
<http://lattes.cnpq.br/9692352182462045>

### **Vinicius Penteado Catalani**

Engenheiro Agrônomo, ex-aluno da UNESP – Ilha Solteira (SP)  
<http://lattes.cnpq.br/8536120704753135>

### **Silvio Henrique Rezende Saraiva**

Engenheiro Agrônomo, ex-aluno da UNESP – Ilha Solteira (SP)  
<http://lattes.cnpq.br/1264415744335074>

### **Camila Caroline Martins**

Engenheira Agrônoma e aluna do Programa de Pós-graduação da UNESP – Ilha Solteira (SP)  
<http://lattes.cnpq.br/8021471395954916>

### **Bruna Miguel Cardoso**

Engenheira Agrônoma e aluna do Programa de Pós-graduação da UNESP – Ilha Solteira (SP)  
<http://lattes.cnpq.br/9979931953047900>

### **Cesar Henrique Alves Seleguin**

Engenheiro Agrônomo e aluno do Programa de Pós-graduação da UNESP – Ilha Solteira (SP)  
<http://lattes.cnpq.br/2810798513251417>

**Fernando de Souza Buzo**

Engenheiro Agrônomo, Doutor pela UNESP – Ilha Solteira (SP)

<http://lattes.cnpq.br/5878276941992102>

**Marcello Assad Felipe**

Pesquisador em Protocolos Agronômicos / Insumos / Combinação de

Moléculas Biológicas – Minho Fertil Indústria e Comércio de Fertilizantes

<http://lattes.cnpq.br/3955611714054559>

**RESUMO:** O uso de microrganismos em sistemas de produção agrícola tem demonstrado potencial para aumentar a produtividade e otimizar economicamente os custos de cultivo em diversas culturas. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes manejos de solo, associados à aplicação de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP), sobre a produtividade de soja, feijão, arroz, trigo, sorgo e milho. O experimento foi conduzido na área experimental da UNESP – Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), em delineamento em blocos casualizados, com sete repetições. Os tratamentos consistiram em três tipos de manejo: manejo convencional, com tratamento e inoculação de sementes, adubação mineral e controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas de acordo com as exigências de cada cultura; manejo semi-orgânico 1, com aplicação de metade da adubação mineral recomendada, remineralizador de solo (Brutal Rocks<sup>®</sup>), composto orgânico, MPCP (Brutal Plus<sup>®</sup>) e nutrientes (Brutal Cálcio<sup>®</sup> e Ultrasal<sup>®</sup>); manejo semi-orgânico 2, semelhante ao anterior, porém sem a utilização de adubação mineral. Nos manejos semi-orgânicos, não houve controle químico de pragas e doenças, sendo utilizados apenas herbicidas para o manejo de plantas daninhas. As avaliações realizadas foram a produtividade de grãos de cada cultura e análise econômica de cada manejo. Os dados de produtividade foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR<sup>®</sup>. Os resultados indicaram que, nos sistemas de manejo semi-orgânico, as plantas apresentaram sanidade e desempenho agronômico semelhantes ao manejo convencional quanto à produtividade de grãos. Além disso, observou-se redução nos custos com fertilizantes minerais. Esses dados evidenciam o potencial do uso de microrganismos associados à suplementação nutricional como estratégia viável para a promoção de sistemas de cultivo mais sustentáveis, economicamente eficientes e com elevada produtividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Remineralizador de Solo. Nutrientes. Microrganismos. Promotores de Crescimento de Plantas. Sustentabilidade.

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção agrícola intensivos são, em geral, caracterizados pelo monocultivo ou sucessão de culturas, e pelo uso de insumos químicos em larga escala, como os fertilizantes. Frente ao atual cenário de mudanças climáticas e degradação ambiental, torna-se imprescindível adotar práticas sustentáveis nos sistemas de produção. Nesse contexto, os sistemas conservacionistas de manejo, como o Sistema Plantio Direto (SPD), destacam-se por promover benefícios à produção agrícola e, simultaneamente, à conservação dos recursos naturais.

O Sistema Plantio Direto (SPD) fundamenta-se em três princípios, a rotação de culturas, o mínimo revolvimento e a cobertura permanente do solo. Estas características permitem melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas dos solos, resultando em maior estabilidade e produtividade dos sistemas agrícolas (Denardin et al., 2012; Madari, 2018). A rotação de culturas com leguminosas, por exemplo, contribui para a disponibilidade de nitrogênio (N) no solo, devido a capacidade realizarem simbiose com bactérias diazotróficas, reduzindo, assim, a necessidade de adubação nitrogenada (Hungria, 2011).

As gramíneas, por sua vez, produzem expressiva quantidade de matéria seca por área, caracterizada pela alta relação carbono/nitrogênio (C/N) e teor de lignina, o que permite uma degradação lenta e o solo coberto por mais tempo, protegendo-o contra erosão, perda de umidade e grandes oscilações de temperatura (Fernandes et al., 2024). De acordo com Hungria et al. (2007), a manutenção de resíduos vegetais de diferentes culturas possibilita o aumento da população e diversidade de microrganismos, os quais decompõem este material, contribuindo com o incremento de matéria orgânica no solo.

O incremento de matéria orgânica no solo está diretamente associado à atividade microbiana. Os microrganismos desempenham funções essenciais nos sistemas agrícolas, como a ciclagem de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S), a imobilização de metais pesados e a degradação de compostos xenobióticos. Adicionalmente, sintetizam fitohormônios, induzem a produção de compostos de defesa nas plantas e atuam como agentes de controle biológico de fitopatógenos (Hungria, 2011; Cardoso e Andreato, 2016). Além disso, a inoculação de microrganismos apresenta baixo custo, sendo uma técnica economicamente viável. Assim, seu uso contribui para a sustentabilidade dos sistemas de produção.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes manejos de solo associados à aplicação de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP), sobre as características químicas do solo e produtividade de soja, feijão, arroz, trigo, sorgo e milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos durante os anos agrícolas de 2019/20 a 2023/24, em área experimental irrigada por pivô central, pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, situada a aproximadamente 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 metros. O solo do local é classificado como LATOSOLO Vermelho-escuro, epieutrófico álico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2018).

O clima, segundo a classificação de Köppen, é Aw, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar entre 70 e 80% (média anual).

Antes da instalação do projeto foram coletadas amostras de solo da camada de 0-0,20 m para caracterização química da área experimental, de acordo com método proposto por Raij et al. (2001). A análise da fertilidade do solo apresentou os valores descritos na Tabela 1.

P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	-----	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----	-----	-----	-----	%	-----	mg dm <sup>-3</sup>	-----	-----	-----	-----
25	18	5,0	0,7	19	16	31	1	66,7	54	3	0,27	1,6	25	11,1	0,6

M.O: Matéria orgânica; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: Enxofre extraível; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio (acidez trocável); CTC: Capacidade de troca de cátions; V%: Saturação por bases; B: Boro; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco. Métodos de extração: P – Resina; B – Água quente; Cu, Fe, Mn e Zn – DTPA.

Tabela 1. Valores das características químicas do solo da área experimental da camada de 0 - 0,20 m. Selvíria (MS), 2019.

Em 24 de outubro de 2019 foi realizada em área total, uma calagem utilizando 1,3 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico. Anteriormente à semeadura da primeira cultura (soja), existiam restos culturais de milho, dessa forma, realizou-se o manejo químico das plantas daninhas com a aplicação do herbicida glifosato (1560 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) e, posteriormente, os restos culturais foram manejados pelo uso de desintegrador mecânico para uniformização da palhada, aproximadamente sete dias antes da semeadura da soja.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com sete repetições. As parcelas foram constituídas por uma área de 6,30 m de largura por 7 m de comprimento e as linhas espaçadas entre si, de acordo com a cultura, considerando-

se como bordadura as linhas laterais da parcela e 0,5 m em ambas as extremidades de cada linha.

Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três manejos, sendo eles:

Manejo convencional: tratamento de sementes de acordo com a especificidade de cada cultura; adubação mineral recomendada para as culturas, levando em consideração as características químicas do solo; aplicação de inseticidas, fungicidas e herbicidas conforme as necessidades de cada cultura.

Manejo MOMFS 1 (Manejo Orgânico Minho Fértil Sustentável): aplicação de 1,5 t ha<sup>-1</sup> do remineralizador de solo Brutal Rocks<sup>®</sup>, à lanço, antes da semeadura da soja; aplicação de 2,0 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico Minho Fértil<sup>®</sup> à lanço em 29 de março de 2021; em 15 de setembro de 2022 foi realizada uma nova aplicação de 1,7 t ha<sup>-1</sup> de Brutal Rocks<sup>®</sup>; inoculação de sementes com microrganismos promotores de crescimento contidos no Brutal Plus<sup>®</sup> (200 mL 40 kg<sup>-1</sup> de sementes) + 1/2 da adubação mineral utilizada no sistema convencional + aplicações foliares de Brutal Plus<sup>®</sup> (250 mL ha<sup>-1</sup>), 150 g ha<sup>-1</sup> de Brutal Calcio<sup>®</sup> (fertilizante contendo 32% de cálcio e 2% de magnésio) e 200 g ha<sup>-1</sup> de Ultrasal<sup>®</sup> (fertilizante contendo 3,5% de zinco, magnésio e enxofre); aplicações foliares de Brutal Plus<sup>®</sup> a cada 10-12 dias (totalizando, em média, de cinco a sete aplicações em cada cultura).

Manejo MOMFS 2: aplicação de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de Brutal Rocks<sup>®</sup> à lanço antes da semeadura da soja; aplicação de 2,0 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico Minho Fértil<sup>®</sup> à lanço em 29 de março de 2021; em 15 de setembro de 2022 foi realizada uma nova aplicação de Brutal Rocks<sup>®</sup> utilizando 2,5 t ha<sup>-1</sup>; inoculação de sementes com Brutal Plus<sup>®</sup> (200 mL 40 kg<sup>-1</sup> de sementes) + zero kg ha<sup>-1</sup> da adubação mineral + aplicações foliares de Brutal Plus<sup>®</sup> (250 mL ha<sup>-1</sup>), Brutal Calcio<sup>®</sup> (150 g ha<sup>-1</sup>) e Ultrasal<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>) a cada 10-12 dias (totalizando, em média, de cinco a sete aplicações em cada cultura).

Na área experimental foram realizados dez cultivos envolvendo a primeira e a segunda safra durante cinco anos, na seguinte sequência:

## SOJA

A semeadura mecanizada da soja ocorreu no dia 9 de dezembro de 2019, utilizando-se o cultivar TMG 7063 IPRO, no espaçamento de 0,45 m e densidade de 16 sementes m<sup>-2</sup>. No sistema convencional as sementes foram tratadas com o fungicida Derosal<sup>®</sup> e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as sementes não foram tratadas com fungicida, apenas inoculadas com Brutal Plus<sup>®</sup> (200 mL 40 kg<sup>-1</sup> de sementes).

A adubação mineral nos sulcos de semeadura no sistema convencional foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 02-20-20 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 3,0 a 3,4 t ha<sup>-1</sup> e levando-se em consideração as recomendações de Mascarenhas e Tanaka (1996). No manejo MOMFS 1 e MOMFS 2 a adubação no sulco de semeadura foi de 150 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 02-20-20 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós emergência utilizando herbicidas registrados para a cultura. Nos manejos MOMFS 1 e 2 adicionou-se à calda do herbicida 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus.

Na área do Sistema Convencional foram realizadas 3 aplicações de inseticidas e fungicidas registrados para a cultura, visando o controle de pragas e doenças. Nas áreas com manejo MOMFS 1 e 2 não foi realizada aplicação de inseticidas ou fungicidas.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as aplicações foliares de Brutal Plus (250 mL ha<sup>-1</sup>) e Ultrasal (200 g ha<sup>-1</sup>) foram realizadas em 20/01; 02/02; 13/02; 24/02; 02/03 e 11/03/2020. Nas aplicações realizadas em 02/03 e 11/03 foi adicionado também Brutal Calcio (150 g ha<sup>-1</sup>).

A colheita foi realizada em 26 de março de 2020 na área do sistema convencional e 2 de abril de 2020 nas áreas com manejo MOMFS 1 e MOMFS 2.

## FEIJÃO COMUM

A semeadura mecanizada do feijão ocorreu no dia 23 de abril de 2020, utilizando-se o cultivar BRS Estilo, no espaçamento de 0,45 m e densidade de 12 sementes m<sup>-1</sup>. No sistema convencional, as sementes foram tratadas com o fungicida Standak Top® (2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes) e inoculadas com *Rhizobium tropici* (200 mL ha<sup>-1</sup>). Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as sementes não foram tratadas com inseticida e fungicida, apenas inoculadas com Brutal Plus® (200 mL 40 kg<sup>-1</sup> de sementes).

A adubação mineral nos sulcos de semeadura no sistema convencional foi de 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 2,5 a 3,5 t ha<sup>-1</sup> e levando-se em consideração as recomendações de Ambrosano et al. (1996). No manejo MOMFS 1 e MOMFS 2 a adubação no sulco de semeadura foi de 136 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós emergência utilizando herbicidas registrados para a cultura (Podium EW<sup>®</sup> - 0,7 L ha<sup>-1</sup> e Flex<sup>®</sup> - 0,85 L ha<sup>-1</sup>). Nos manejos MOMFS 1 e 2 adicionou-se à calda do herbicida 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus<sup>®</sup>.

Na área do sistema convencional foram realizadas quatro aplicações de inseticidas e fungicidas registrados para a cultura, visando o controle de pragas e doenças. Nas áreas com manejo MOMFS 1 e 2 foi utilizada apenas uma aplicação dos fungicidas (Dithane<sup>®</sup> - 1,3 kg ha<sup>-1</sup> + FOX XPRO - 0,5 L ha<sup>-1</sup>) com 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus<sup>®</sup> na calda de aplicação.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as aplicações foliares de Brutal Plus<sup>®</sup> (250 mL ha<sup>-1</sup>), Ultrasal<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>) e Brutal Calcio<sup>®</sup> (150 g ha<sup>-1</sup>) foram realizadas em 08/05; 19/05; 29/05; 09/06; 19/06, 30/06 e 10/07/2020.

A colheita foi realizada em 23 de julho de 2020 na área do sistema convencional e nas áreas com manejo MOMFS 1 e MOMFS 2, aos 87 dias após a emergência das plantas.

## ARROZ

A semeadura mecanizada do arroz ocorreu nos dias 9 de novembro 2020 (manejo convencional) e 11 de novembro de 2020 (manejos MOMFS 1 e MOMFS 2), utilizando-se o cultivar BRS A 502, no espaçamento de 0,35 m e densidade de 70 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, objetivando obter 180 plantas por m<sup>2</sup>. No sistema convencional as sementes foram tratadas com o fungicida Standak Top<sup>®</sup> (2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes). Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as sementes foram tratadas da mesma forma que as do manejo convencional e inoculadas com Brutal Plus<sup>®</sup> (200 mL 40 kg<sup>-1</sup> de sementes).

A adubação mineral nos sulcos de semeadura no sistema convencional foi de 200 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 4,5 a 5,0 t ha<sup>-1</sup> e levando-se em consideração as recomendações de Cantarella e Furlani (1996). No manejo MOMFS 1 e MOMFS 2 a adubação no sulco de semeadura foi de 120 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pré-emergência com o herbicida pendimethalin (1.400 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) e em pós-emergência utilizando o herbicida metsulfuron metil (2,0 g ha<sup>-1</sup> do i.a.). Nos manejos MOMFS 1 e 2 adicionou-se à calda do herbicida 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus<sup>®</sup>.

Na área do sistema convencional foram realizadas 2 aplicações de inseticida (tiametoxam 37,5 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) e fungicida (trifloxistrobina 75 g ha<sup>-1</sup> do i.a. + tebuconazol 150 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) para o controle de pragas e doenças. Nas áreas com manejo MOMFS 1 e 2 não foi realizada aplicação de inseticida e fungicida na parte aérea das plantas.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as aplicações foliares de Brutal Plus<sup>®</sup> (250 mL ha<sup>-1</sup>), Ultrasal<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>) e Brutal Cálcio<sup>®</sup> (150 g ha<sup>-1</sup>) foram realizadas em 09/12; 21/12; 04/01; 12/01; 21/01, 02/02, 15/02 e 22/02/2021.

A colheita foi realizada em 26 de fevereiro de 2021 na área do sistema convencional e nas áreas com manejo MOMFS 1 e MOMFS 2 no dia 1 de março de 2021, aos 104 dias após a emergência das plantas.

## TRIGO

A semeadura mecanizada do trigo ocorreu no dia 24 de abril de 2021, utilizando-se o cultivar ORS 1403 no espaçamento de 0,17 m e densidade de 65 sementes m<sup>-1</sup> (350 plantas por m<sup>2</sup>). No sistema convencional as sementes foram tratadas com o fungicida Standak Top<sup>®</sup> (2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes). Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as sementes receberam o mesmo tratamento da área convencional e antes da semeadura foram inoculadas com Brutal Plus<sup>®</sup> (200 mL 40 kg<sup>-1</sup> de sementes).

A adubação mineral feita à lanço no sistema convencional foi de 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 3,5 a 5 t ha<sup>-1</sup> e levando-se em consideração as recomendações de Camargo e Freitas (1996). No manejo MOMFS 1 e MOMFS 2, a adubação de semeadura feita à lanço foi de 125 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura, em 25 de abril de 2021.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pré-emergência utilizando o herbicida pendimethalin (1.400 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) e em pós-emergência utilizando o herbicida metsulfuron metil (3,3 g ha<sup>-1</sup> do i.a.). Nos manejos MOMFS 1 e 2 adicionou-se à calda do herbicida 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus<sup>®</sup>.

Na área do sistema convencional e nas áreas com manejo MOMFS 1 e 2 foi utilizada apenas uma aplicação de Moddus<sup>®</sup> (etil trinexapac na dose de 0,4 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial) no dia 1 de junho de 2021, aos 37 dias após a emergência das plantas, no início da fase de alongamento dos colmos. Foi adicionado 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus<sup>®</sup> na calda de aplicação nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as aplicações foliares de Brutal Plus<sup>®</sup> (250 mL ha<sup>-1</sup>), Ultrasal<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>) e Brutal Calcio<sup>®</sup> (150 g ha<sup>-1</sup>) foram realizadas em 07/05; 18/05; 28/05; 08/06; 18/06 e 30/06/2021. A colheita foi realizada no dia 12 de julho de 2021 aos 109 dias após a emergência das plantas.

## SOJA

A semeadura mecanizada da soja ocorreu no dia 14 de dezembro de 2021, utilizando-se o cultivar TMG 7063 IPRO, no espaçamento de 0,45 m e densidade de 16 sementes  $m^{-2}$ . No sistema convencional as sementes foram tratadas com o fungicida Derosal® e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as sementes não foram tratadas com fungicida, apenas inoculadas com Brutal Plus® (200 mL 40 kg $^{-1}$  de sementes).

A adubação mineral nos sulcos de semeadura no sistema convencional foi de 300 kg  $ha^{-1}$  da formulação 02-20-20 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 3,0 a 3,4 t  $ha^{-1}$  e levando-se em consideração as recomendações de Mascarenhas e Tanaka (1996). No manejo MOMFS 1 e MOMFS 2 a adubação no sulco de semeadura foi de 150 kg  $ha^{-1}$  da formulação 02-20-20 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós emergência utilizando os herbicidas glifosato + clorimuron etil. Nos manejos MOMFS 1 e 2 adicionou-se à calda do herbicida 100 mL  $ha^{-1}$  de Brutal Plus®.

Na área do sistema convencional foram realizadas duas aplicações de inseticidas e fungicidas registrados para a cultura, visando o controle de pragas e doenças. Nas áreas com manejo MOMFS 1 e 2 não foi realizada aplicação de inseticidas ou fungicidas.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as aplicações foliares de Brutal Plus® (250 mL  $ha^{-1}$ ), Ultrasal® (200 g  $ha^{-1}$ ) e Brutal Calcio® (200 g  $ha^{-1}$ ) foram realizadas em 11/01; 25/01; 06/02; 17/02 e 03/03/2022. Nas aplicações realizadas em 02/03 e 11/03 foi adicionado também Brutal Calcio® (150 g  $ha^{-1}$ ). A colheita foi realizada no dia 5 de abril de 2022, aos 107 dias após a emergência das plantas.

## FEIJÃO COMUM

A semeadura mecanizada do feijão ocorreu no dia 3 de maio de 2022, utilizando-se o cultivar IAC 1850, no espaçamento de 0,45 m e densidade de 12 sementes  $m^{-2}$ . No sistema convencional, as sementes foram tratadas com o fungicida Standak Top® (2 mL kg $^{-1}$  de sementes) e inoculadas com *Rhizobium tropici* (200 mL  $ha^{-1}$ ). Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as sementes não foram tratadas com inseticida ou fungicida, apenas inoculadas com Brutal Plus® (200 mL 40 kg $^{-1}$  de sementes).

A adubação mineral nos sulcos de semeadura no sistema convencional foi de 250 kg  $ha^{-1}$  da formulação 08-28-16 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 2,5 a 3,5 t  $ha^{-1}$  e levando-

se em consideração as recomendações de Wutke et al. (2022). No manejo MOMFS 1 e MOMFS 2, a adubação no sulco de semeadura foi de 136 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos seis dias após a semeadura.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós emergência utilizando herbicidas registrados para a cultura (Podium EW® - 0,7 L ha<sup>-1</sup> e Flex® - 0,85 L ha<sup>-1</sup>). Nos manejos MOMFS 1 e 2 adicionou-se à calda do herbicida 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus®.

Na área do sistema convencional foram realizadas quatro aplicações de inseticidas e fungicidas registrados para a cultura, visando o controle de pragas e doenças. Nas áreas com os manejos MOMFS 1 e 2 não foram utilizadas aplicações de inseticidas ou de fungicidas.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as aplicações foliares de Brutal Plus® (250 mL ha<sup>-1</sup>), Ultrasal® (200 g ha<sup>-1</sup>) e Brutal Calcio® (200 g ha<sup>-1</sup>) foram realizadas em 25/05; 30/05; 13/05; 23/06; 30/06, 07/07 e 18/07/2022. A colheita foi realizada no dia 1 de agosto de 2022 na área do sistema convencional e nas áreas com manejo MOMFS 1 e MOMFS 2, aos 85 dias após a emergência das plantas.

## SORGO GRANÍFERO

A semeadura mecanizada do sorgo ocorreu no dia 25 de outubro de 2022, utilizando-se o cultivar Agromen 70G70, com germinação de 90%, no espaçamento de 0,50 m e densidade de 12 sementes m<sup>-2</sup>. No sistema convencional as sementes foram tratadas com o fungicida Standak Top® (2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes). Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as sementes não receberam tratamento e antes da semeadura foram inoculadas apenas com Brutal Plus® (200 mL 40 kg<sup>-1</sup> de sementes).

A adubação mineral feita à lanço no sistema convencional foi de 240 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 4 a 6 t ha<sup>-1</sup> e levando-se em consideração as recomendações de Duarte et al. (2022). Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 a adubação de semeadura foi de 122 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos seis dias após a semeadura.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência com o herbicida atrazina (3 L ha<sup>-1</sup> do p.c.). Nos manejos MOMFS 1 e 2 adicionou-se à calda do herbicida 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus®.

A adubação nitrogenada em cobertura, em todos os tratamentos, foi realizada em uma única vez quando as plantas apresentavam em média cinco folhas completamente formadas, utilizando-se 80 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia. Após a aplicação, foi realizada irrigação com lâmina de 12,6 mm de água, com o objetivo de minimizar as perdas por volatilização.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as aplicações foliares de Brutal Plus<sup>®</sup> (250 mL ha<sup>-1</sup>), Ultrasal<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>) e Brutal Calcio<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>) foram realizadas em 23/11; 01/12; 14/12; 22/12; 02/01, 12/01 e 22/01/2022. A colheita estava programada para ser realizada em meados do mês de fevereiro de 2023, porém em função de um grande ataque de maritacas, houve perdas acentuadas e decidiu-se por não efetuar a colheita.

Em 11 de agosto de 2022 foi realizada nova calagem em área total envolvendo os três manejos de solo. Foi aplicado à lanço e sem incorporação 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com PRNT de 80%. No dia 15 de outubro de 2022 foi realizada uma nova aplicação de Brutal Rocks<sup>®</sup> sendo 1,7 t ha<sup>-1</sup> no Manejo MOMFS 1 e 2,5 t ha<sup>-1</sup> no Manejo MOMFS 2.

## MILHO SEGUNDA SAFRA

Em abril de 2023 foi realizada escarificação da área toda envolvendo os três manejos de solo e, na sequência, uma gradagem leve para destorramento e nivelamento do solo. A semeadura mecanizada do milho ocorreu no dia 13 de abril de 2023, utilizando-se o cultivar AG 7098, híbrido simples e com boa resistência a cigarrinha e lagartas. O espaçamento foi de 0,85 m entrelinhas e densidade de 5,4 sementes m<sup>-1</sup>. As sementes já estavam com tratamento industrial com inseticidas e fungicidas. Nas áreas MOMFS 1 e MOMFS 2, as sementes, antes da semeadura, foram inoculadas com Brutal Plus<sup>®</sup> (200 mL 40 kg<sup>-1</sup> de sementes) e 6 g de Brutal Cálcio<sup>®</sup> kg<sup>-1</sup> de semente.

A adubação mineral no sistema convencional foi de 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 6 a 8 t ha<sup>-1</sup> e levando-se em consideração as recomendações de Duarte et al. (2022). No manejo MOMFS 1 e MOMFS 2 a adubação de semeadura foi de 136 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura, em 18 de abril de 2023.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência com o herbicida atrazina (3 L ha<sup>-1</sup> do p.c.) e Soberan<sup>®</sup> (0,2 L ha<sup>-1</sup>), quando as plantas apresentavam seis folhas completamente formadas (8 de maio de 2023). Nos manejos MOMFS 1 e 2, adicionou-se à calda do herbicida 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus<sup>®</sup>.

A adubação nitrogenada em cobertura, em todos os tratamentos, foi realizada no dia 4 de maio de 2023, utilizando-se 80 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia. Após a aplicação, a área foi irrigada utilizando uma lâmina de 12,6 mm de água, com o objetivo de minimizar as perdas por volatilização.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2, as aplicações foliares de Brutal Plus<sup>®</sup> (250 mL ha<sup>-1</sup>), Ultrasal<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>), Brutal Cálcio<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>) e *Bacillus thuringiensis* (0,5 kg ha<sup>-1</sup>) foram realizadas em 25/04 (plantas com 2 folhas completamente formadas); 02/05 (4 folhas); 08/05 (6 folhas) e 16/05 (08 folhas). No manejo convencional foram feitas aplicações em 25/04 com Perito<sup>®</sup> (1,0 kg ha<sup>-1</sup>) + Lanate<sup>®</sup> (0,8 L ha<sup>-1</sup>) + espalhante (2 folhas); 02/05 com Sperto<sup>®</sup> (300g ha<sup>-1</sup>) + Prêmio<sup>®</sup> (100 mL ha<sup>-1</sup>) + espalhante (4 folhas); 08/05 com Sperto<sup>®</sup> (300 g ha<sup>-1</sup>) + espalhante (6 folhas); 16/05 com Esalt<sup>®</sup> (100 mL ha<sup>-1</sup>) + Magnum<sup>®</sup> (1 kg ha<sup>-1</sup>) + espalhante (8 folhas). A colheita foi realizada no dia 6 de setembro de 2023, aos 141 dias após a emergência.

## SOJA

A semeadura mecanizada da soja ocorreu no dia 14 de dezembro de 2023, utilizando-se o cultivar BMX Desafio RR, no espaçamento de 0,45 m e densidade de 14,2 sementes m<sup>-2</sup>. Na área convencional, as sementes foram tratadas com o fungicida Standak Top<sup>®</sup> (2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes) e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (1,2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes). Nas áreas MOMFS 1 e MOMFS 2, as sementes não foram tratadas com fungicida e inseticida, apenas inoculadas com Brutal Plus<sup>®</sup> (200 mL 40 kg<sup>-1</sup> de sementes) e Brutal Cálcio<sup>®</sup> (6 g kg<sup>-1</sup> de sementes).

A adubação mineral nos sulcos de semeadura no sistema convencional foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 02-20-20 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 3,0 a 3,4 t ha<sup>-1</sup> e levando-se em consideração as recomendações de Quaggio et al. (2022). No manejo MOMFS 1 e MOMFS 2 a adubação no sulco de semeadura foi de 150 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 02-20-20 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos sete dias após a semeadura (21 de dezembro de 2023).

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós emergência utilizando os herbicidas glifosato (1,5 kg ha<sup>-1</sup>) + clorimuron etil (30 g ha<sup>-1</sup>). Nos manejos MOMFS 1 e 2 adicionou-se à calda do herbicida 100 mL ha<sup>-1</sup> de Brutal Plus<sup>®</sup>.

No sistema convencional foram realizadas duas aplicações de inseticidas e fungicidas registrados para a cultura, visando o controle de pragas e doenças. Nas áreas com manejo MOMFS 1 e 2 não foram realizadas aplicações de inseticidas ou fungicidas.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as aplicações foliares de Brutal Plus<sup>®</sup> (250 mL ha<sup>-1</sup>), Ultrasal<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>) e Brutal Cálcio<sup>®</sup> (200 g ha<sup>-1</sup>), *Bacillus thuringiensis* (200 g ha<sup>-1</sup>) e Brutal Citrus<sup>®</sup> (150 mL ha<sup>-1</sup>) foram realizadas em 12/01; 22/01; 29/01; 09/02; 19/02; 28/02; 12/03 e 20/03/2024. A colheita foi realizada em 6 de maio de 2024, aos 138 dias após a emergência.

## TRIGO

A semeadura mecanizada do trigo ocorreu no dia 21 de maio 2024, utilizando-se o cultivar ORS Feróz no espaçamento de 0,17 m e densidade de 65 sementes  $m^{-1}$  (350 plantas por  $m^2$ ). No sistema convencional as sementes foram tratadas com o fungicida Standak Top<sup>\*</sup> (2 mL  $kg^{-1}$  de sementes). Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as sementes receberam antes da semeadura inoculação com Brutal Plus<sup>\*</sup> (200 mL 40  $kg^{-1}$  de sementes) e Brutal Cálcio<sup>\*</sup> (120 g 40  $kg^{-1}$  de sementes).

A adubação mineral feita à lanço no sistema convencional foi de 250 kg  $ha^{-1}$  da formulação 08-28-16 (NPK), calculada de acordo com as características químicas do solo, considerando a produtividade esperada de 4 a 6 t  $ha^{-1}$  e levando-se em consideração as recomendações de Cantarella et al. (2022). Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 a adubação de semeadura feita à lanço foi de 125 kg  $ha^{-1}$  da formulação 08-28-16 e sem adubação, respectivamente. A emergência das plântulas ocorreu aos seis dias após a semeadura, em 27 de maio de 2024.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pré-emergência com o herbicida pendimethalin (1.400 g  $ha^{-1}$  do i.a.) e em pós-emergência utilizando o herbicida metsulfuron metil (5,0 g  $ha^{-1}$  do i.a.). Nos manejos MOMFS 1 e 2 adicionou-se à calda do herbicida 100 mL  $ha^{-1}$  de Brutal Plus<sup>\*</sup>.

Nos manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 as aplicações foliares de Brutal Plus<sup>\*</sup> (250 mL  $ha^{-1}$ ), Ultrasal<sup>\*</sup> (200 g  $ha^{-1}$ ), Brutal Cálcio<sup>\*</sup> (200g  $ha^{-1}$ ) e *Bacillus thuringensis* (200 g  $ha^{-1}$ ) foram realizadas em 20/06; 28/06; 09/07; 19/07; 31/07 e 08/07/2024. A colheita foi realizada no dia dois de setembro de 2024, aos 99 dias após a emergência.

## AVALIAÇÕES

Para cada cultura determinou-se a produtividade de grãos ( $kg\ ha^{-1}$ ) por meio da coleta das plantas (soja e feijão), panículas (arroz), espigas (trigo e milho) da área útil das parcelas, desprezando-se as linhas laterais e meio metro nas extremidades de cada linha. Após a trilha mecânica, os grãos obtidos foram pesados e os dados transformados em  $kg\ ha^{-1}$  (13% base úmida), com os valores extrapolados para  $kg\ ha^{-1}$ . Na análise estatística da produtividade, os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002). As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR<sup>\*</sup> (Ferreira, 2000).

Nos meses de agosto/2020, setembro/2022 e setembro/2024, após a colheita do feijão, feijão comum e trigo, respectivamente, foi realizada amostragem de solo na profundidade de 0 – 0,20 m para determinação das características químicas em cada um dos manejos, de acordo com método proposto por Raij et al. (2001).

Também em setembro/2024, foi realizada uma outra amostragem do solo, retirando-se 20 amostras em cada tratamento, na profundidade de 0 – 0,10 m, que após homogeneização, obteve-se uma amostra composta, onde foram determinadas as enzimas Arilsulfatase e  $\beta$ -Glicosidase, segundo metodologia de Mendes et al. (2021) e Fostase Ácida, segundo metodologia de Tabatabai e Bremner (1969)..

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes do início do desenvolvimento do projeto, foi realizada análise de solo da área experimental (0,0 a 0,20 m), e as características químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Pelos valores obtidos, é possível verificar que o pH ( $\text{CaCl}_2$ ) era de 5,0 e a saturação de bases 54% (Tabela 1). Em 24 de outubro de 2019, foi feita uma aplicação de 1,3 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário dolomítico, de PRNT 80%, à lanço, com o objetivo de elevar a saturação de bases para 70%. Após o cultivo da soja e do feijão, uma nova amostragem foi realizada, no entanto, individualmente para cada manejo, e as características químicas estão apresentadas na Tabela 2. Os resultados indicam elevação do pH e da saturação por bases (%), bem como a redução do alumínio (Al) e acidez potencial ( $\text{H+Al}$ ) (Tabela 2).

P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V	$\text{S-SO}_4^{2-}$	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg $\text{dm}^{-3}$	mg $\text{dm}^{-3}$	$\text{CaCl}_2$		mmol <sub>c</sub> $\text{dm}^{-3}$				%		mg $\text{dm}^{-3}$					
23 <sup>1</sup>	22	5,8	1,4	28	26	25	0	35	69	25	0,12	2,1	2,1	21,7	1,1
39 <sup>2</sup>	21	5,9	1,5	27	22	22	0	37	70	19	0,14	2,1	17	19,9	1,2
27 <sup>3</sup>	21	5,8	1,1	26	21	20	0	31	71	10	0,16	2,1	17	19,4	1,1

M.O: Matéria orgânica;  $\text{S-SO}_4^{2-}$ : Enxofre extraível; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio (acidez trocável); CTC: Capacidade de troca de cátions; V%: Saturação por bases; B: Boro; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco. Métodos de extração: P – Resina; B – Água quente; Cu, Fe, Mn e Zn – DTPA. <sup>1</sup>: Manejo convencional; <sup>2</sup>: Manejo MOMFS 1 e <sup>3</sup>: Manejo MOMFS 2.

Tabela 2. Valores das características químicas do solo da área experimental da camada de 0 - 0,20 m após o cultivo do feijão. Selvíria (MS), 2020.

De acordo com Malavolta (1981), a aplicação de calcário eleva o pH do solo por meio da redução da concentração de íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ). Isso se deve à presença de carbonatos de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), que, ao reagirem com a água do solo, liberam íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). Os cátions  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  aumentam a saturação por bases (V%), enquanto os ânions  $\text{OH}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$  neutralizam a acidez do solo por meio da reação com  $\text{H}^+$ . Adicionalmente, o íon hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) contribui para a neutralização do alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), elemento tóxico para as plantas e predominante em condições de baixa acidez.

Com a redução da acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), os coloides do solo, anteriormente ocupados por  $H^+$  e  $Al^{3+}$ , passam a ser predominantemente associados aos cátions  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , essenciais ao desenvolvimento das plantas (Malavolta, 1981; Malavolta, 2006). No entanto, observa-se uma redução na CTC após a calagem (Tabela 2), possivelmente em decorrência da diminuição dos teores de  $H^+$  e  $Al^{3+}$ , que anteriormente ocupavam dos sítios de troca.

Em relação aos teores de fósforo (P), destacam-se os manejos MOMFS 2 e, principalmente, MOMFS 1, que apresentaram  $39\ mg\ dm^{-3}$ , enquanto o manejo convencional registrou  $23\ mg\ dm^{-3}$ . Esse incremento nos manejos MOMFS 1 e 2 pode estar associado à aplicação do remineralizador de solo Brutal Rocks®, cujos nutrientes foram possivelmente solubilizados pela ação dos microrganismos presentes no bioinsumo Brutal Plus®.

Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentadas as produtividades de grãos obtidas nas safras 2019/20 a 2023/24, para as diferentes culturas exploradas, em sistema de rotação, na primeira e segunda safra de cada ano agrícola (soja/feijão; arroz/trigo; soja/feijão; sorgo/milho e soja/trigo). Na cultura do sorgo não foi possível avaliar a produtividade em função do grande ataque de maritacas no final do ciclo da cultura (Tabela 4).

Manejo	2019/2020		2020/2021		2021/2022	
	Soja	Feijão	Arroz	Trigo	Soja	Feijão
Convencional	63,6 a	54,0 a	121,9 a	59,3	65,8 a	46,9 a
MOMFS 1	51,6 b	50,8 b	117,8 a	60,0	53,0 b	34,2 b
MOMFS 2	53,8 b	52,6 a	94,7 b	55,6	55,2 a	35,6 b
Valores de F	6,10*	4,45*	12,90**	2,01 <sup>ns</sup>	14,01**	27,34**
CV (%)	12,13	5,76	14,65	11,63	13,19	9,02

\* , \*\* e ns: significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 3. Produtividade das culturas (sacas ha<sup>-1</sup>) em função de diferentes manejos. Selvíria (MS), 2019/20 a 2021/22.

Para a produtividade da soja, verifica-se que não houve diferença significativa entre o manejo convencional e o MOMFS 2, para os dois últimos cultivos (Tabelas 3 e 4). O manejo convencional e o MOMFS 2 também foram estatisticamente iguais para a produtividade do feijão no primeiro ano (Tabela 3). Para o arroz, não houve diferença entre o manejo convencional e o MOMFS 1 (Tabela 3), enquanto nos dois anos de cultivo de trigo (Tabelas 3 e 4) e o milho segunda safra (Tabela 4) apresentaram produtividades estatisticamente iguais nos três manejos.

Manejo	2022/2023		2023/2024	
	Sorgo	Milho 2ª Safra	Soja	Trigo
Convencional	-	144,9	70,6 a	70,2 a
MOMFS 1	-	120,0	60,1 b	66,7 a
MOMFS 2	-	129,7	70,6 a	69,1 a
Valores de F	-	2,97 <sup>ns</sup>	4,03*	0,95 <sup>ns</sup>
CV (%)	-	15,77	17,84	13,43

\* , \*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação.

Tabela 4. Produtividade das culturas (sacas ha<sup>-1</sup>) em função de diferentes manejos. Selvíria (MS), 2022/22 a 2023/24.

De maneira geral, pode-se observar que o manejo convencional apresentou produtividade superior nos mais variados cultivos (Figura 1). Somando-se as produtividades de todos os cultivos, foram de 697,2 sacas ha<sup>-1</sup> no manejo convencional, comparativamente às 614,7 sacas ha<sup>-1</sup> do MOMFS 1 e 616,0 sacas ha<sup>-1</sup> do MOMFS 2 (Figura 1). Apesar da superioridade do manejo convencional na maioria dos cultivos, as Tabelas 3 e 4 evidenciam resultados positivos obtidos nos manejos MOMFS 1 e 2.

Esses valores podem estar associados às condições proporcionadas pelo sistema plantio direto (SPD), que, aliado à aplicação de composto orgânico e MPCP (Brutal Plus\*), possivelmente favoreceu a atividade microbiológica do solo. A atuação dos microrganismos, por meio da decomposição do material orgânico, ciclagem e solubilização de nutrientes, pode explicar o desempenho positivo observado nesses manejos (Hungria, 2011; Cardoso e Andreote, 2016).

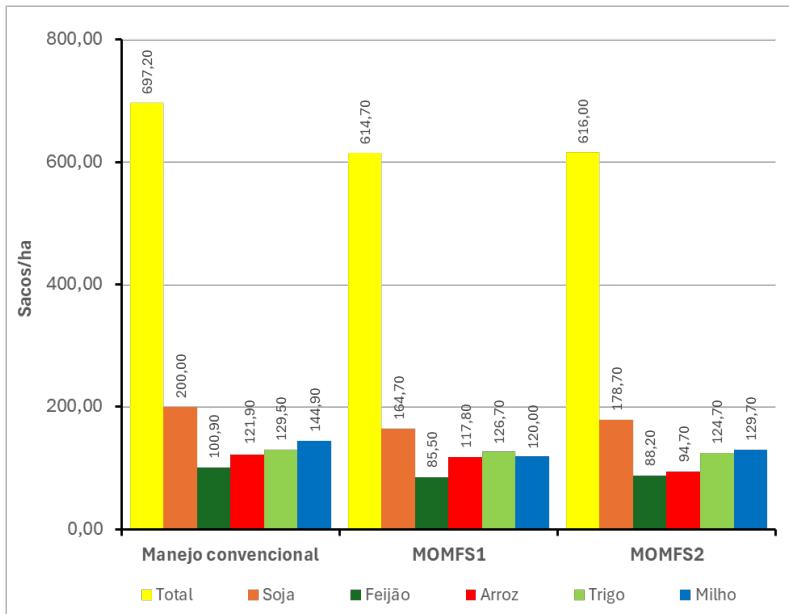


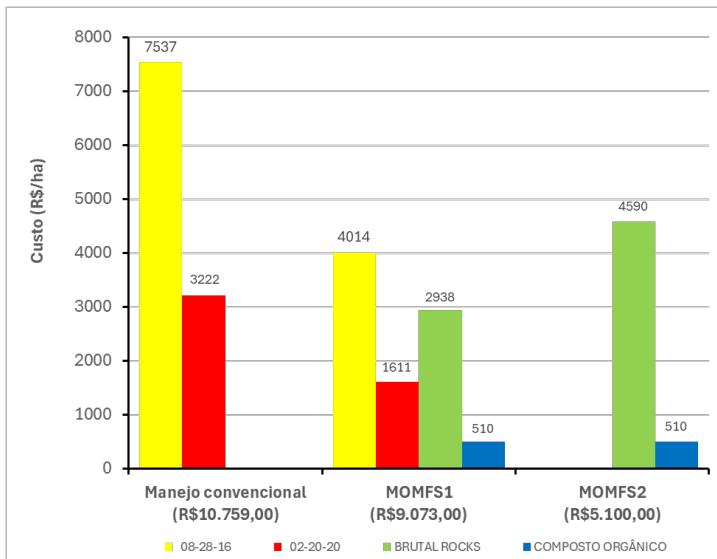
Figura 1. Quantidade de grãos produzidos (sacas  $\text{ha}^{-1}$ ) em cada manejo durante os dez cultivos. Selvíria (MS), 2021-2024.

A Figura 2 ilustra as quantidades de fertilizantes utilizadas em cada manejo na semeadura das culturas, com destaque para o MOMFS 1, com metade da adubação mineral e o MOMFS 2, o qual não houve adubação mineral. Segundo Vieira (2017), os fertilizantes nitrogenados, quando utilizados em excesso, podem contaminar lençóis freáticos através da lixiviação do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e a atmosfera, através da emissão de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado, devido ao baixo custo e ao elevado teor de N. No entanto, sua eficiência pode ser prejudicada pela volatilização da amônia ( $\text{NH}_4^+$ ).

Os fertilizantes nitrogenados, como a ureia, o nitrato de amônio e o sulfato de amônio possuem a amônia ( $\text{NH}_3$ ) como base. Para a obtenção de  $\text{NH}_3$ , através do processo de Haber-Bosch, toneladas de  $\text{CO}_2$  são emitidos na atmosfera, o qual é caracterizado como um gás de efeito estufa, intensificando o aquecimento global (Vieira, 2017). Segundo Silva (2014), os fertilizantes nitrogenados podem acidificar e salinizar os solos. A salinização do solo também pode ocorrer com o uso de fertilizantes potássicos, pois são fornecidos, na maioria das vezes, na forma de cloreto de potássio (KCl) (Marschner, 1997).

Figura 2. Quantidade de fertilizantes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) utilizados em cada manejo, para instalação das culturas, durante os dez cultivos. Selvíria (MS), 2021-2024.

Além dos impactos ambientais associados ao uso de fertilizantes, sua aplicação nos cultivos representa um custo significativo (Figura 3). Observa-se que, no manejo MOMFS 2, o custo por hectare foi inferior a 50% em relação ao manejo convencional. Assim, embora o MOMFS 2 tenha apresentado produtividades inferiores em determinados cultivos, essa limitação pode ser compensada pela expressiva redução nos custos de implantação.



<sup>1</sup> – valores da tonelada de cada fertilizante obtidos em R\$, obtidos em agosto/2025.

Figura 3. Custo<sup>1</sup> de fertilizantes ( $\text{R\$ ha}^{-1}$ ) em cada manejo durante os dez cultivos. Selvíria (MS), 2021-2024.

Observando os valores das características químicas do solo em amostragem realizada em agosto de 2022, nos três manejos utilizados (Tabela 5), destaca-se o incremento nos valores de P, CTC e V%, quando comparado a Tabela 2. No entanto, é importante ressaltar que em 11 de agosto de 2022 foi realizada uma nova calagem, aplicando-se  $2 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário dolomítico, à lanço e sem incorporação. As alterações dessa aplicação somadas à aplicação do Brutal Rocks®, composto orgânico, Brutal Plus®, Brutal Cálcio® e Ultrasal®, em cada cultura, foram positivas, e podem ser visualizadas nas características químicas apresentadas na Tabela 6, onde a coleta de solo foi realizada logo após a colheita do trigo (última cultura), em setembro de 2024.

P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%	mg dm <sup>-3</sup>					
37 <sup>1</sup>	18	5,1	1,6	26	20	25	1	72,6	66	7	0,22	1,6	17	19,3	0,8
62 <sup>2</sup>	17	5,2	1,0	27	20	25	0	73,0	66	5	0,21	1,8	16	19,1	0,8
65 <sup>3</sup>	18	5,9	1,0	29	32	18	0	80,0	82	6	0,10	1,6	10	15,8	0,5

M.O: Matéria orgânica; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: Enxofre extraível; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio (acidez trocável); CTC: Capacidade de troca de cátions; V%: Saturação por bases; B: Boro; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco. Métodos de extração: P – Resina; B – Água quente; Cu, Fe, Mn e Zn – DTPA. <sup>1</sup>: Manejo convencional; <sup>2</sup>: Manejo MOMFS 1 e <sup>3</sup>: Manejo MOMFS 2.

Tabela 5. Valores das características químicas do solo da área experimental da camada de 0 - 0,20 m após o cultivo do feijão. Selvíria (MS), 2022.

P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%	mg dm <sup>-3</sup>					
37 <sup>1</sup>	22	5,8	3,4	34	17	23	0	80,4	75	6	0,40	3,3	46	15,9	5,2
44 <sup>2</sup>	21	6,1	3,0	37	15	27	0	83,0	81	7	0,22	3,0	41	15,4	3,8
52 <sup>3</sup>	22	6,4	1,9	45	18	27	0	86,9	85	5	0,25	2,8	27	14,9	3,2

M.O: Matéria orgânica; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: Enxofre extraível; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio (acidez trocável); CTC: Capacidade de troca de cátions; V%: Saturação por bases; B: Boro; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco. Métodos de extração: P – Resina; B – Água quente; Cu, Fe, Mn e Zn – DTPA. <sup>1</sup>: Manejo convencional; <sup>2</sup>: Manejo MOMFS 1 e <sup>3</sup>: Manejo MOMFS 2.

Tabela 6. Valores das características químicas do solo da área experimental da camada de 0 - 0,20 m após o cultivo do trigo. Selvíria (MS), 2024.

Observando os resultados descritos na Tabela 6, pode-se observar que os manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 apresentaram valores superiores aos do manejo convencional para várias características do solo avaliadas (P, pH, Ca, CTC e V%), indicando que, principalmente o MOMFS 2, é uma estratégia de manejo interessante, considerando a economia com fertilizantes, a produtividade de grãos obtida na maioria dos cultivos utilizados e a sustentabilidade ambiental.

Os valores obtidos na análise da atividade enzimática do solo após um período de 5 anos onde foram realizados 10 cultivos, estão apresentados na Tabela 07. Ao

comparar esses dados nota-se aumento na atividade enzimática de forma geral após os cinco anos de cultivo dessa pesquisa. Para a enzima arilsulfatase, esse incremento foi de 60%, enquanto para  $\beta$ -glicosidase foi de 604% e para fosfatase ácida, de 646% comparando o Manejo Convencional com a média dos Manejos MOMFS 1 e MOMFS 2. Solos com maiores níveis de arilsulfatase e  $\beta$ -glicosidase armazenam mais água, possuem menor população de nematóides, apresentam maior eficiência no uso de nutrientes, maior potencial de biorremediação e grãos com maior qualidade nutricional (Mendes, 2024).

Manejos	Arilsulfatase	$\beta$ -Glicosidase	Fosfatase ácida
	( $\mu$ g/g.h)	( $\mu$ g/g.h)	( $\mu$ g/g.h)
<b>Manejos de solo</b>			
Convencional	297,04	690,00	852,59
MOMFS 1	523,70	5.136,15	6.608,15
MOMFS 2	426,67	4.586,15	6.119,26

**Tabela 07** – Valores para análise da atividade enzimática do solo das enzimas Arilsulfatase,  $\beta$ -Glicosidase e Fosfatase ácida. Selvíria (MS), setembro/2024.

Fonte: Laboratório de Nutrição de Plantas da UNESP – Ilha Solteira.

## CONCLUSÕES

- O Brutal Plus® associado aos fertilizantes foliares Brutal Cálcio® e Ultrasal®, proporcionaram plantas sadias, evitando a utilização de inseticidas e fungicidas;
- Os Manejos MOMFS 1 e MOMFS 2 apresentaram desempenho semelhante ao Manejo Convencional, em relação à produtividade de grãos, porém solos mais saudáveis, com menor custo e maior sustentabilidade ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Minho Fertil Indústria e Comércio de Fertilizantes pelo fornecimento de parte dos insumos necessários para o desenvolvimento do trabalho de campo.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W. de; SANTOS, J. R.; MOURA FILHO, G.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p. 721-726, 2013.

AMBROSANO, E.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. Feijão. In: In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 285p. (Boletim Técnico, 100), 1996.

BERNARDI, A. C. de. C.; MACHADO, P. L. O. de.; SILVA, C. A. **Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil**. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 6, p. 61-77.

CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Arroz de Sequeiro. In: In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 285p. (Boletim Técnico, 100), 1996.

CANTARELLA, H. CAMARGO, C.E.O.; FREITAS, J.G. Trigo Irrigado e Triticale Irrigado, In: CANTARELLA, H.;QUAGGIO, J.A.;MATTOS Jr, D.;BOARETTO,R.M.;RAIJ, B.van. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 489 p. (Boletim 100), 2022.

CAMARGO, C.E.O.; FREITAS, J.G. Trigo e Triticale Irrigados, In: In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 285p. (Boletim Técnico, 100), 1996.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

DENARDIN, J. E. et al. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012.

DUARTE, A.P.; SAWAZAKI, E.; FREITAS, R.S.; CANTARELLA, H. Sorgo Granífero, Forrageiro e Vassoura (*Sorghum bicolor*), In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr, D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 489 p. (Boletim 100), 2022.

DUARTE, A.P.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Milho (*Zea mays*), In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr, D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 489 p. (Boletim 100), 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 590p.

FERNANDES, F. A.; CARDOSO, B. M.; ARF, O.; BUZZETTI, S. Silicon in the production, nutrient mineralization and persistence of cover crop residues. **AgriEngineering**, v.6, n.4, p.4395-4405, 2024. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6040249>

FERREIRA, D.F.; SISVAR: **Sistema de análise de variância**. versão 4.2. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000.

HUNGRIA, M. et al. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600017>

HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo**. Documentos n.395. Embrapa Soja, Londrina, PR. 36p. 2011.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 219-234, 2015.

MADARI, B. E. Medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas: o papel do manejo e conservação do solo. In: SEMINÁRIO AGROPECUÁRIA NO CERRADO FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2018, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018.

MALAVOLTA, E. **Corretivos cárnicos, magnesianos e calco-magnesianos**. In: Manual de química agrícola: adubos e adubaçāo. Viçosa: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1Ed. Viçosa: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**, 2<sup>a</sup> Ed. San Diego: Academic Press, 1997. 649p.

MASCARENHAS, H.A.A; TANAKA, R.T. Soja, In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 285p. (Boletim Técnico, 100), 1996.

MENDES, I. C. **Bioanálise de solo: o mais novo aliado para sustentabilidade agrícola**. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 34, Palmas (TO), 2024.

MENDES, I.C., et al. **BioAS: uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo**. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2021. 50p. (Documentos 369)

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; ROsolem, C.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Soja (*Glycine max*), In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr, D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 489 p. (Boletim 100), 2022.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Determinação da Matéria Orgânica**. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A., eds. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, p.189-199, 2001.

SILVA, A. O. da. A fertirrigação e o processo de salinização de solos em ambiente protegido. **Nativa**, Sinop, v.2, n.3, p.180-186, 2014.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 1, n. 4, p. 301-307, 1969.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. 1Ed. Brasília: Embrapa, 2017. 165p.

WUTKE, E.B.; CHIORATO, A.F.; ESTEVES, J.A.F.; CARBONELL, S.A.M.; AMBROSANO, E. J.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P.; ARF, O.; CANTARELLA, H. Feijão (*Phaseolus vulgaris*) In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr, D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 489 p. (Boletim 100), 2022.