REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATE ORGÂNICO CULTIVAR *MILAGROS* EM DIFERENTES TAMANHOS DE CÉLULAS E COM UTILIZAÇÃO DE BIOINSUMOS

PRODUCTION OF ORGANIC TOMATO SEEDLINGS OF THE *MILAGROS* CULTIVAR IN DIFFERENT CELL SIZES AND USING BIO-INPUTS

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE ECOLÓGICO DE LA VARIEDAD *MILAGROS* EN CELDAS DE DIFERENTES TAMAÑOS Y CON EL USO DE INSUMOS BIOLÓGICOS

Adilson José Szady
Engenheiro Agrônomo e Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental
E-mail: adilson_szady@hotmail.com

Nycollas Stefanello Vianna
Doutorando em Ciência e Tecnologia Ambiental, Professor da SEDUC-RS
E-mail: nycollasvianna@gmail.com

Vinicius Gabriel Woitysiak
Graduando em Agronomia
E-mail: viniciuswoitysiak14@gmail.com
Nair Mirely Freire Pinheiro Silveira
Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária
E-mail: nairfreire460@gmail.com

Ezequiel Bampi
Mestrando em Ciência em Tecnologia Ambiental
E-mail: ezequiel.bampi@gmail.com

Naudio Ladir Diering
Mestre em Ciência em Tecnologia Ambiental
E-mail: naudio@uffs.edu.br

João Daniel Wermann Foschiera
Engenheiro agrônomo homeopata, FLD/Programa CAPA de Agroecologia
E-mail: joao@fld.com.br

Flávia Comiran
Engenheira. Agrônoma, Mestra em Fitotecnia, FLD/Programa CAPA de Agroecologia
E-mail: flavia@fld.com.br

Altemir José Mossi

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

Professor Doutor na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
E-mail: amossiuffs@gmail.com

Resumo

A produção de mudas de tomateiro em sistemas orgânicos representa uma etapa fundamental para o estabelecimento inicial das plantas e para a obtenção de cultivos mais uniformes. O objetivo deste estudo foi conduzir dois experimentos independentes visando aprimorar a produção de mudas de tomateiro cultivar Milagros em sistema orgânico. No primeiro experimento, avaliou-se o efeito de diferentes volumes de recipientes sobre o crescimento e a qualidade das mudas, utilizando bandeja de 128 células (23,60 mL), tubete (55 mL) e tubetão (190 mL). No segundo experimento, avaliou-se o efeito de diferentes bioinsumos aplicados em mudas produzidas em recipientes de 190 mL, utilizando levedura nativa, bokashi, Trichoderma harzianum e testemunha sem aplicação de bioinsumos. Foram avaliadas características morfológicas da parte aérea e do sistema radicular, incluindo comprimento da parte aérea e das raízes, diâmetro do colo, massa fresca e massa seca. Aos 40 dias após a semeadura, observou-se que recipientes com volume igual ou superior a 55 mL proporcionaram melhor desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular em comparação à bandeja de 23,60 mL. O recipiente de 55 mL apresentou desempenho semelhante ao de 190 mL para diversas variáveis avaliadas, indicando potencial para uso eficiente em viveiros comerciais. Entre os bioinsumos avaliados, o bokashi promoveu os maiores valores de crescimento e biomassa das mudas. Conclui-se que recipientes com volume igual ou superior a 55 mL favorecem a qualidade de mudas de tomateiro durante a fase de viveiro e que o bokashi constitui uma alternativa promissora para a produção orgânica de mudas.

Palavras-chave: agricultura orgânica; bioinsumos; produção de mudas; Solanum lycopersicum.

Abstract

The production of tomato seedlings under organic systems is a critical stage for ensuring successful crop establishment and uniform plant development. This study comprised two independent experiments aimed at improving the production of organic tomato seedlings of the cultivar Milagros. In the first experiment, the effects of different container volumes on seedling growth and quality were evaluated using trays (128 cells, 23.60 mL), tubes (55 mL), and large tubes (190 mL). In the second experiment, the effects of different bioinputs were assessed in seedlings produced in 190 mL containers, including native yeast, bokashi, Trichoderma harzianum, and a control treatment without bioinput application. Morphological attributes of the shoot and root systems were evaluated, including shoot and root length, stem diameter, fresh biomass, and dry biomass. At 40 days after sowing, containers with volumes of 55 mL or greater promoted superior shoot and root development compared with 23.60 mL trays. The 55 mL container showed performance similar to that of the 190

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

mL container for several growth variables, indicating its potential as an efficient alternative for commercial seedling production. Among the evaluated bioinputs, bokashi promoted the greatest increases in seedling growth and biomass accumulation. The results indicate that container volumes of 55 mL or greater improve tomato seedling quality during the nursery stage and that bokashi is a promising strategy for organic seedling production.

Keywords: organic agriculture; bioinputs; seedling production; Solanum lycopersicum.

Resumen

La producción de plántulas de tomate en sistemas orgánicos constituye una etapa fundamental para el establecimiento inicial de las plantas y la obtención de cultivos más uniformes. El objetivo de este estudio fue realizar dos experimentos independientes con el fin de optimizar la producción de plántulas de tomate cultivar Milagros en sistema orgánico. En el primer experimento, se evaluó el efecto de diferentes volúmenes de recipientes sobre el crecimiento y la calidad de las plántulas, utilizando bandejas de 128 celdas (23,60 mL), tubetes (55 mL) y tubetes de mayor volumen (190 mL). En el segundo experimento, se evaluó el efecto de diferentes bioinsumos aplicados a plántulas producidas en recipientes de 190 mL, utilizando levadura nativa, bokashi, Trichoderma harzianum y un tratamiento testigo sin aplicación de bioinsumos. Se evaluaron características morfológicas de la parte aérea y del sistema radical, incluyendo longitud de la parte aérea y de las raíces, diámetro del tallo, biomasa fresca y biomasa seca. A los 40 días después de la siembra, se observó que los recipientes con volumen igual o superior a 55 mL promovieron un mejor desarrollo de la parte aérea y del sistema radical en comparación con las bandejas de 23,60 mL. El recipiente de 55 mL presentó un desempeño similar al de 190 mL para varias de las variables evaluadas, lo que indica su potencial como alternativa eficiente para la producción comercial de plántulas. Entre los bioinsumos evaluados, el bokashi promovió los mayores incrementos en crecimiento y acumulación de biomasa. Se concluye que recipientes con volumen igual o superior a 55 mL favorecen la calidad de las plántulas de tomate durante la fase de vivero y que el bokashi constituye una alternativa prometedora para la producción orgánica de plántulas.

Palabras clave: agricultura orgánica; bioinsumos; producción de plántulas; Solanum lycopersicum.

1. Introdução

A produção de mudas de tomate em sistemas orgânicos tem despertado interesse crescente, impulsionada tanto pelos benefícios ambientais quanto pela demanda por produtos agrícolas sustentáveis. A qualidade das mudas, condição determinante para o desempenho produtivo das plantas adultas, depende do

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

desenvolvimento equilibrado entre sistema radicular e parte aérea. O uso de bandejas como substrato para germinação e crescimento inicial permite um maior controle sobre o ambiente, otimização do uso de recursos e uniformidade das mudas (SANTOS *et al.*, 2021).

Além do manejo da planta adulta, a produção de mudas em bandejas constitui etapa crítica para o sucesso da cultura. A escolha do substrato exerce influência direta no desenvolvimento inicial das mudas, sendo que combinações de materiais como vermiculita, casca de pinus, perlita e turfa proporcionam condições físicas e químicas adequadas para o crescimento radicular (NADAI *et al.*, 2015).

A qualidade das mudas produzidas influencia diretamente o desempenho das plantas adultas, refletindo em maior adaptabilidade às condições ambientais, resistência a doenças e uniformidade na produção. Nesse sentido, a avaliação integrada das características radiculares e foliares é fundamental para compreender os efeitos das práticas orgânicas sobre o estabelecimento e vigor das plantas.

Apesar dos avanços técnicos observados nas últimas décadas, a produção de mudas de tomate em sistema orgânico ainda enfrenta desafios relacionados à sustentabilidade ambiental, à redução de custos e à otimização do uso de recursos. Nesse contexto, estratégias como a utilização de biofertilizantes, o manejo integrado de pragas e doenças e a adoção de práticas mais eficientes vêm sendo estudadas, visando aumentar a qualidade das mudas e a sustentabilidade do sistema produtivo (RODRIGUES *et al.*, 2021).

Assim, o manejo nutricional do tomateiro é um dos fatores mais críticos para o sucesso da cultura, independentemente da escala de produção. A adubação pode ser realizada por meio de fontes minerais ou orgânicas, cada uma apresentando particularidades quanto à composição, disponibilidade dos nutrientes, eficiência de absorção e custo. Em sistemas orgânicos, a escolha adequada das fontes nutricionais torna-se ainda mais relevante, uma vez que o fornecimento equilibrado de nutrientes é fundamental para o desenvolvimento inicial das plantas (NADAI *et al.*, 2015).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

A manutenção do pH do solo em níveis adequados, preferencialmente próximos à neutralidade, é essencial para garantir a disponibilidade de macro e micronutrientes às plantas. Em solos ácidos, condição comum em diversas regiões brasileiras, a prática da calagem é fundamental para a correção da acidez e para a melhoria da eficiência nutricional do sistema produtivo (GUARÇONI *et al.,* 2019).

Nesse cenário, os bioinsumos, definidos como produtos de origem biológica ou natural, assumem papel central no fortalecimento da sanidade vegetal e na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Dentre esses insumos destacam-se: os biofertilizantes, que promovem a disponibilização de nutrientes por meio da ação de microrganismos benéficos; e os biopesticidas, que utilizam substâncias naturais no controle de pragas e patógenos, reduzindo o impacto ambiental associado ao uso de produtos químicos sintéticos (CASTRO, 2020).

Os biofertilizantes são obtidos a partir de diferentes fontes de matéria orgânica, como esterco, resíduos vegetais e minerais naturais, podendo ser produzidos por processos aeróbicos ou anaeróbicos. Esses produtos contribuem para a melhoria da fertilidade do solo, estimulam a atividade microbiana e favorecem a liberação gradual de nutrientes às plantas (De SOUZA *et al.*, 2015).

Entre os bioinsumos utilizados na agricultura orgânica, o bokashi destaca-se como um composto orgânico fermentado de origem japonesa, produzido a partir da combinação de resíduos orgânicos submetidos à ação de microrganismos benéficos. Sua aplicação tem sido associada ao aumento da biodiversidade microbiana do solo, à melhoria da estrutura física e à maior disponibilidade de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio (KHAFAGI *et al.*, 2017; BHOGAL *et al.,* 2018).

O gênero *Trichoderma* também é amplamente reconhecido por sua capacidade de promover o crescimento vegetal e atuar no controle biológico de patógenos. Esses fungos estabelecem interações benéficas com as plantas, contribuindo para a solubilização de nutrientes, produção de fitormônios, aumento da eficiência de absorção mineral e indução de resistência vegetal (BENÍTEZ *et al.*, 2004; ALTOMARE *et al.*, 1999; BONONI *et al.*, 2020). Além disso,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

mecanismos como antibiose, parasitismo e competição por espaço e nutrientes reforçam seu potencial como agente promotor do desenvolvimento vegetal (HOWELL *et al.,* 2007).

Outro grupo de microrganismos com potencial aplicação na produção de mudas são as leveduras, as quais apresentam características favoráveis ao controle de doenças e à promoção do enraizamento. Estes organismos unicelulares microscópicos destacam-se por sua baixa exigência nutricional, ausência de produção de toxinas e capacidade de atuar positivamente no desenvolvimento inicial das plantas (MENDONÇA *et al.,* 2020).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo conduzir dois experimentos independentes visando aprimorar a produção de mudas de tomateiro para sistemas orgânicos de produção na região do Alto Uruguai Gaúcho. No primeiro experimento, avaliou-se o efeito de diferentes volumes de recipientes sobre o crescimento e a qualidade das mudas. No segundo experimento, avaliou-se o efeito da aplicação de diferentes bioinsumos sobre o desenvolvimento de mudas produzidas em recipientes com capacidade volumétrica de 190 mL.

2. Materiais e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos independentes. O primeiro teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes volumes de recipientes na produção de mudas de tomateiro. O segundo experimento avaliou o efeito de diferentes bioinsumos sobre o desenvolvimento das mudas produzidas em recipientes com capacidade volumétrica de 190 mL. Os experimentos foram analisados separadamente, não sendo estabelecido delineamento fatorial entre os fatores volume de recipiente e bioinsumos.

Os experimentos foram conduzidos durante o período de setembro de 2024 a fevereiro de 2025, em viveiro comercial da empresa D'Agostini Produção de Flores e Hortaliças, localizada no município de Erechim, Rio Grande do Sul. As mudas de tomate foram germinadas em casa de vegetação, sob condições controladas de temperatura, luminosidade e irrigação, sendo após levadas para

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

casa de vegetação coberta com filme plástico de polietileno e conduzidas sob as condições usuais de manejo adotadas pelo viveiro comercial. Utilizou-se a cultivar de tomate 'Milagros' (Sakata), de hábito determinado e crescimento rasteiro, indicada para cultivo em estufa e em campo aberto.

A irrigação foi realizada por meio de nebulização, com frequência de duas vezes ao dia. A fertirrigação seguiu o manejo padrão adotado pelo viveiro para a produção comercial de mudas de tomate.

No experimento de avaliação dos recipientes, foi utilizado o substrato comercial Carolina Soil Pindstrup (Fórmula 2100 Turfa E Perlita 50/50 CLASSE INTERNA XLVI; pH: 5,5; COND. ELETRICA (ms/cm): 0,1; DENSIDADE: 85 kg/m^3; CAPACIDADE DE RETENCAO DE ÁGUA - CRA (10): 300 (% m/m); UMIDADE MAXIMA: 70%; CLASSE F). No experimento com bioinsumos foi utilizado substrato comercial Carolina Soil®, composto por turfa de Sphagnum, vermiculita expandida e resíduos orgânicos, com capacidade de retenção de água de 55%.

As variáveis ambientais da casa de vegetação não foram monitoradas continuamente durante a condução dos experimentos, constituindo uma limitação do estudo. Entretanto, todos os tratamentos foram conduzidos simultaneamente e submetidos às mesmas condições de manejo e ambiente.

Cada tratamento foi composto por três bandejas. Em razão da desuniformidade natural da germinação das sementes, foram selecionadas quatro plantas por bandeja que apresentavam emergência precoce e desenvolvimento uniforme para realização das avaliações biométricas ao final do experimento, totalizando 12 plantas avaliadas por tratamento.

As bandejas experimentais foram mantidas em viveiro comercial durante a produção simultânea de aproximadamente 10.000 mudas. As unidades experimentais permaneceram posicionadas na região interna da área de cultivo, sendo circundadas por mudas comerciais que atuaram como bordadura natural, minimizando possíveis efeitos de borda decorrentes de variações ambientais.

O primeiro experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, sendo testados diferentes volumes de células, um tipo de substrato,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

uma semente por célula. Foram avaliados três tipos de recipientes com diferentes capacidades volumétricas: T1) bandeja de isopor (EPS - Poliestireno Expandido) contendo 128 células, com capacidade volumétrica de 23,6 mL por célula, cada qual com 35 x 35 mm de largura e altura de 62 mm; T2) tubete em bandeja plástica tipo caixa com 187 unidades, com 55,0 mL de capacidade volumétrica de cada célula, (tubete) diâmetro superior de 35 mm e inferior de 27 mm e altura 125 mm; e T3) tubetão em bandeja de poliestireno com 32 células, sendo 190,0 ml a capacidade volumétrica por célula, largura de 60 x 60 mm e altura de 125 mm.

Neste primeiro experimento, foram avaliados o comprimento da parte aérea (cm) e do sistema radicular (cm), diâmetro do caule a nível do colo (mm), massa fresca (g) e massa seca (g) da parte aérea e das raízes, volume radicular (cm^3), área superficial do sistema radicular (mm^2) e diâmetro médio ponderado das raízes (mm). O comprimento da parte aérea e das raízes foi determinado com auxílio de régua graduada, enquanto o diâmetro do colo foi mensurado com paquímetro digital. A massa fresca da parte aérea e das raízes foi obtida por meio de pesagem em balança analítica. Para a determinação da massa seca, as amostras foram acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante. O diâmetro médio ponderado das raízes foi determinado por análise digital de imagens utilizando o software Safira®. Essa variável representa a média dos diâmetros radiculares ponderada pelo comprimento de cada segmento de raiz, proporcionando uma estimativa mais representativa da arquitetura do sistema radicular do que a média aritmética simples. O cálculo foi realizado conforme a Equação 1:

$$DMP = \frac{\sum_{i=1}^{n} (D_i \cdot L_i)}{\sum_{i=1}^{n} L_i}$$

Onde:

DMP = diâmetro médio ponderado das raízes (mm);

Di = diâmetro do segmento radicular i (mm);

Li = comprimento do segmento radicular i (cm ou mm, conforme a unidade

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

utilizada pelo software);

n = número total de segmentos radiculares avaliados.

A avaliação do sistema radicular das plantas ocorreu através da captura das imagens das raízes com uma câmera digital (13MP; 3264x1836px) e posterior processamento destas utilizando o software Safira v1.1 (Sistema de Análise de Fibras e Raízes, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Paulo, Brasil).

No segundo experimento conduzido foram testados diferentes bioinsumos. O experimento de bioinsumos foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos, sendo três bioinsumos e um tratamento controle.

As mudas foram produzidas em bandejas plásticas com 32 células quadradas, com capacidade volumétrica de 190 mL por célula. Utilizou-se substrato comercial composto por turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida e resíduos orgânicos, com capacidade de retenção de água de 55% (Carolina Soil). Os tratamentos utilizados estão descritos na tabela 1 e a seguir:

T1) Levedura Nativa, diluída em água sendo 12,8 mL;

T2) Bokashi FertPremium, líquido diluído em água, sendo diluído 12,8 mL de bokashi em 300 mL de água;

T3) *Trichoderma harzianum* (isolado IB19/17): 3,2 gramas diluídos em 300 mL de água;

T4) Controle: somente fertirrigação padrão do viveiro.

As doses utilizadas foram definidas com base nas recomendações dos fabricantes e/ou nos protocolos de utilização adotados pelo viveiro comercial parceiro. Os tratamentos foram aplicados por pulverização manual diretamente sobre as mudas, totalizando quatro aplicações realizadas em intervalos de sete dias.

A levedura nativa utilizada foi obtida do banco genético do Laboratório de Bioquímica de Leveduras (LabBioLev), isolada no município de Chapecó em Santa Catarina seguirão metodologias descrita por Camargo et al. 2023. Ainda

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

não foi realizada identificação taxonômica específica nem quantificação da concentração celular do material utilizado.

Tabela 1. Caracterização dos bioinsumos utilizados na produção de mudas de tomate cultivar Milagros.

Tratamento	Identificação	Dose aplicada	Forma de aplicação	Frequência
T1	Levedura nativa*	12,8 mL por aplicação	Pulverização sobre as mudas	4 aplicações com intervalo de 7 dias
T2	Bokashi FertPremium®	12,8 mL diluídos em 300 mL de água	Pulverização sobre as mudas	4 aplicações com intervalo de 7 dias
T3	*Trichoderma harzianum* (isolado IB19/17)	3,2 g diluídos em 300 mL de água	Pulverização sobre as mudas	4 aplicações com intervalo de 7 dias
T4	Controle	Sem aplicação de bioinsumo	Manejo padrão do viveiro	—

* Obtida no banco genético do Laboratório de Bioquímica de Leveduras (LabBioLev), isolada no município de Chapecó.

O tratamento com *Trichoderma harzianum* utilizou o isolado IB19/17, aplicado conforme recomendação técnica do produto. O bokashi utilizado correspondeu ao produto comercial FertPremium®.

Os tratamentos foram aplicados 4 vezes, com intervalo de 7 dias entre cada aplicação, utilizando-se um borrifador manual. Aos 40 dias após a implantação do experimento, foram avaliadas as mesmas variáveis do experimento anterior com a mesma metodologia.

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos à verificação dos pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Uma vez atendidos os pressupostos para análise paramétrica, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, correspondente a 95% de confiança. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Sisvar (FERREIRA, 2014).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

3. Resultados e Discussão

Inicialmente serão apresentados na Tabela 2 os resultados do experimento relacionado ao tamanho dos recipientes. Os tratamentos T2 (tubete) e T3 (tubetão) apresentaram maior massa fresca e massa seca da parte aérea e sistema radicular, diferindo estatisticamente do T1 (bandeja de 128 células). Esse desempenho pode estar relacionado ao maior volume de substrato e à maior disponibilidade hídrica e nutricional, fatores que favorecem o crescimento vegetativo das mudas (GOMES *et al.*, 2002; FREITAS *et al.,* 2013). Resultados semelhantes foram relatados por Ferraz *et al.* (2016), que observaram aumento significativo da massa seca de raízes de mudas de tomateiro cultivadas em recipientes de maior volume, destacando que a limitação do espaço radicular compromete o desenvolvimento inicial das plantas.

Tabela 2. Diâmetro médio do colo (mm) e comprimento médio da parte aérea (cm) de mudas de tomate, cultivar Milagros, produzidas em diferentes tamanhos de células.

	Diâmetro médio do colo	**Comprimento médio da parte aérea**
T1**	$2,5^{b*} \pm 0,29$	$23,0^{b} \pm 1,9$
T2	$3,4^{a} \pm 0,3$	$26,7^{a} \pm 1,3$
T3	$3,3^{a} \pm 0,4$	$25,5^{a} \pm 2,7$

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$).
** Capacidade volumétrica de cada célula: T1) 23,6 mL; T2) 55,0 mL; T3) 190,0 mL.
Fonte: Os autores (2026).

A Tabela 2 apresenta que o diâmetro do colo e o comprimento da parte aérea das mudas de tomate *Milagros* foi significativamente influenciado pelo tamanho da célula do recipiente. Observa-se que as mudas produzidas nos tratamentos T2 (tubete) e T3 (tubetão) apresentaram o maior diâmetro de colo e comprimento da parte aérea, diferindo estatisticamente do T1 (bandeja de 128 células).

Esses resultados indicam que recipientes com maior volume disponível para

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

o sistema radicular favorecem o crescimento do colo, provavelmente devido à menor restrição física às raízes e à maior disponibilidade de água e nutrientes. O diâmetro do colo é um importante indicador de qualidade de mudas, pois está associado à maior resistência mecânica, melhor estabelecimento no campo e maior sobrevivência após o transplante. Esse comportamento é amplamente descrito na literatura para o tomateiro, uma vez que o crescimento da parte aérea está diretamente relacionado à capacidade de exploração radicular do substrato (OU *et al.*, 2023).

Recipientes de menor volume, como as bandejas de 128 células, tendem a limitar a expansão do sistema radicular, o que reduz o crescimento do caule e das folhas, mesmo quando as condições de irrigação e fertilização são adequadas. Segundo Rusu *et al.* (2023), a restrição do volume de substrato provoca alterações no crescimento das mudas, incluindo menor taxa de crescimento e menor acúmulo de biomassa, o que compromete a qualidade das mudas de hortaliças, especialmente do tomateiro.

O desempenho superior das mudas produzidas em recipientes maiores também está associado ao maior equilíbrio entre parte aérea e raízes. Leskovar (2001) e Ou *et al.* (2023) destacam que mudas de tomate com maior vigor inicial apresentam melhor adaptação após o transplantio, maior uniformidade de crescimento e potencial aumento de produtividade, reforçando a importância do sistema de produção de mudas na fase inicial da cultura.

A Tabela 3 apresenta os resultados do Volume médio radicular, Área superficial de raízes, Diâmetro médio ponderado das raízes e Comprimento do sistema radicular de mudas de tomate da cultivar *Milagros* produzidas em diferentes tamanhos de células (23,60 mL, 55 mL e 190 mL). Podemos observar que as mudas produzidas nos recipientes de maior capacidade volumétrica, quais sejam T2 (tubete) e T3 (tubetão), apresentaram resultados estatisticamente superiores para todos as variáveis analisadas.

Esse resultado possui relevância prática para viveiros comerciais, uma vez que recipientes intermediários demandam menor volume de substrato, menor espaço de produção e menor custo operacional quando comparados aos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

recipientes de maior volume, podendo representar um ponto de equilíbrio entre qualidade das mudas e eficiência produtiva.

Estudos com produção de mudas hortícolas indicam que recipientes com maior volume tendem a produzir mudas com maior vigor, refletindo em melhor sobrevivência, crescimento inicial mais rápido e maior uniformidade das plantas no campo (FERREIRA *et al.,* 2017). Segundo Taiz *et al.* (2017), sistemas radiculares mais extensos e ramificados aumentam a interface solo–raiz, favorecendo o crescimento inicial das plantas, especialmente após o transplantio.

Embora o uso de bandejas de maior número de células seja vantajoso do ponto de vista econômico e operacional, os resultados do presente estudo sugerem que essa prática pode comprometer a qualidade do sistema radicular das mudas de tomateiro.

Tabela 3. Variáveis radiculares: volume médio radicular (cm³), área superficial das raízes (mm²), diâmetro médio ponderado das raízes (mm) e comprimento médio das raízes (cm) de mudas de tomate da cultivar Milagros produzidas em diferentes volumes de recipientes.

	Volume médio radicular	**Área superficial média das raízes**	**Diâmetro médio ponderado das raízes**	**Comprimento médio da raiz**
T1**	744,1^{b}* ± 178,0	3919,8^{b} ± 483,3	23,3^{b} ± 3,4	11,6^{b} ± 2,2
T2	1127,0^{a} ± 297,3	6279,9^{a} ± 1176,3	30,6^{a} ± 7,7	17,9^{a} ± 1,4
T3	1180,8^{a} ± 114,4	5654,3^{a} ± 1296,6	29,2^{a} ± 4,4	19,3^{a} ± 2,4

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$).
** Capacidade volumétrica de cada célula: T1) 23,6 mL; T2) 55,0 mL; T3) 190,0 mL.
Fonte: Os autores (2026).

Além disso, raízes com maior Diâmetro médio ponderado das raízes, como observado nas mudas produzidas nos tratamentos 2 e 3, podem atuar como órgãos de reserva, contribuindo para a manutenção do metabolismo vegetal em condições de estresse hídrico ou nutricional no período pós-transplantio (KERBAUY, 2019). Essa característica é particularmente relevante em hortaliças transplantadas, como o tomateiro, que frequentemente enfrentam condições adversas logo após o estabelecimento no campo.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

Em relação ao comprimento do sistema radicular, os maiores valores observados em mudas cultivadas nos tratamentos T2 (tubete) e T3 (tubetão) indicam que recipientes com maior volume permitem maior alongamento das raízes, favorecendo a formação de um sistema radicular mais eficiente. De acordo com Ou *et al.* (2023), mudas de tomateiro produzidas em recipientes maiores apresentam maior crescimento radicular e melhor desempenho no campo, especialmente nas primeiras semanas após o transplantio, período crítico para o estabelecimento da cultura.

Estudos demonstram que recipientes de maior volume favorecem o crescimento e a qualidade das mudas, promovendo melhores características morfológicas e maior desenvolvimento radicular (GASPARIN et al., 2014). De forma semelhante, Oagile *et al.* (2016) relataram que recipientes maiores resultaram em mudas de tomate mais vigorosas, enquanto recipientes menores causaram restrição radicular e redução do crescimento inicial.

Além disso, recipientes de pequeno volume podem favorecer o enovelamento das raízes, o que compromete o crescimento posterior da planta, mesmo após o transplantio. Esses resultados estão em consonância com achados anteriores (SCHRADER, 2000; AL-MENAIE *et al.*, 2012), os quais demonstram que a redução do volume celular do recipiente intensifica o potencial de restrição radicular e que a diminuição do crescimento vegetal está associada ao uso de recipientes de menor tamanho. Conforme destacado por Robbins e Pharr (1988), o tamanho do recipiente exerce influência sobre o crescimento e desenvolvimento. Segundo Kämpf (2005), recipientes de pequeno volume podem induzir estresse precoce, restringindo o crescimento radicular e afetando negativamente a qualidade das mudas. Esse comportamento reforça a relação direta entre o volume do recipiente e o vigor das mudas, conforme descrito por Silva et al. (2014), que ressaltam que recipientes intermediários podem limitar parcialmente o crescimento das raízes.

Os resultados obtidos demonstram que o volume do recipiente exerceu influência direta sobre o crescimento das mudas de tomateiro. Os recipientes de maior capacidade volumétrica favoreceram o desenvolvimento da parte aérea e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

do sistema radicular, provavelmente em função da maior disponibilidade de substrato para crescimento das raízes e da maior capacidade de retenção de água e nutrientes. A limitação do crescimento das raízes compromete crescimento vegetativo, e com o sistema radicular pouco desenvolvido tendem a apresentar menor capacidade de estabelecimento no campo, refletindo em prejuízos ao desempenho produtivo (TAIZ et al., 2017; FILGUEIRA, 2013).

Portanto, os resultados reforçam que, para a produção de mudas de tomateiro de qualidade, a escolha do recipiente é um fator determinante. Embora recipientes menores permitam maior densidade de produção e redução de custos no viveiro, recipientes de maior volume proporcionam mudas com melhor desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, características essenciais para garantir maior sobrevivência, crescimento inicial mais rápido e melhor desempenho produtivo no campo (CARNEIRO, 1995).

Observa-se que o tratamento T2 (tubete) já é suficiente para o desenvolvimento adequado do sistema radicular, mesmo que o T3 (tubetão) tenha maior volume de célula maior ele não apresentou resultados superiores quanto ao desenvolvimento do sistema radicular. Isso pode ser explicado pelo tempo que a muda permanece no viveiro.

Além dos aspectos relacionados ao crescimento das mudas, os resultados possuem relevância prática para viveiros comerciais. O recipiente de 55 mL apresentou desempenho semelhante ao de 190 mL para diversas variáveis de crescimento e qualidade das mudas, indicando que volumes intermediários podem representar uma alternativa tecnicamente eficiente. Sob o ponto de vista operacional, recipientes menores demandam menor volume de substrato por muda, permitem maior densidade de produção por área e podem reduzir custos de transporte e manejo. Embora o presente estudo não tenha contemplado uma análise econômica formal, os resultados sugerem que recipientes intermediários podem contribuir para um equilíbrio entre qualidade das mudas e eficiência produtiva do viveiro.

A seguir são apresentados os resultados do segundo experimento que analisou o efeito de bioinsumos sobre mudas que foram produzidas em bandejas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

com capacidade volumétrica de 190,0 mL por célula.

Conforme Tabela 4, o tratamento T2 bokashi apresentou a maior massa fresca da parte aérea, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, o que indica efeito positivo desse insumo sobre o crescimento vegetativo. Esse resultado pode ser atribuído ao maior aporte de nutrientes e à melhoria das condições do solo proporcionadas pelo bokashi, favorecendo o crescimento vegetal e o acúmulo de biomassa. De acordo com Kiehl (2008) e Primavesi (2014), a aplicação de fertilizantes orgânicos contribui para o equilíbrio nutricional das plantas e para o aumento da produção de biomassa vegetal.

Os efeitos observados não podem ser atribuídos exclusivamente à atividade microbiológica do produto, uma vez que o bokashi também fornece nutrientes e matéria orgânica ao sistema de cultivo. Entretanto, observou-se que o recipiente intermediário (55 mL) apresentou desempenho semelhante ao recipiente de maior volume (190 mL) para diversas variáveis avaliadas.

Esse resultado sugere que, para o período de permanência das mudas no viveiro adotado neste estudo, o aumento adicional do volume do recipiente não resultou em ganhos proporcionais de crescimento, indicando que recipientes de aproximadamente 55 mL já podem ser suficientes para a produção de mudas de qualidade da cultivar Milagros.

O tratamento T3 *Trichoderma harzianum* apresentou a menor massa fresca da parte aérea, diferindo estatisticamente do T2 bokashi e do T1 levedura nativa. Embora espécies de *Trichoderma harzianum* sejam frequentemente associadas à promoção de crescimento e ao controle biológico, sua eficiência pode variar em função da cepa utilizada, da dose aplicada e das condições edafoclimáticas. Segundo Harman *et al.* (2004), os efeitos positivos desse fungo sobre o crescimento vegetal nem sempre são imediatos ou expressivos, podendo depender de interações específicas com o sistema solo–planta.

O tratamento T2 bokashi proporcionou o maior valor médio de massa fresca das raízes, diferindo estatisticamente de todos os demais tratamentos. Esse resultado evidencia o efeito positivo do bokashi no desenvolvimento do sistema radicular, possivelmente em função da maior disponibilidade de nutrientes e da

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

melhoria das condições biológicas do solo promovidas pela matéria orgânica fermentada e pelos microrganismos associados a esse insumo. De acordo com Kiehl (2008), fertilizantes orgânicos fermentados favorecem a estrutura do solo e estimulam a rizosfera, criando condições propícias ao crescimento das raízes.

Tabela 4. Massa fresca da parte aérea, Massa seca da parte aérea, Massa fresca das raízes e Massa seca das raízes em gramas, de mudas de tomate cultivar *Milagros*, produzidas com diferentes bioinsumos.

	Massa fresca aérea	**Massa Seca aérea**	**Massa fresca raiz**	**Massa Seca raiz**
T1**	$3,38^{b*} \pm 0,43$	$0,46^{a,b} \pm 0,09$	$1,27^{b} \pm 0,19$	$0,15^{a} \pm 0,03$
T2	$4,38^{a} \pm 0,39$	$0,51^{a} \pm 0,05$	$1,48^{a} \pm 0,19$	$0,17^{a} \pm 0.02$
T3	$2,90^{c} \pm 0,34$	$0,40^{b} \pm 0,07$	$0,88^{c} \pm 0,11$	$0,16^{a} \pm 0,03$
T4	$3,32^{b,c} \pm 0,23$	$0,41^{b} \pm 0,05$	$0,98^{c} \pm 0,06$	$0,14^{a} \pm 0,02$

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$). ** T1 - Levedura Nativa, T2 – Bokashi, T3 – *Trichoderma harzianum* T4 – Testemunha sem tratamento.

Fonte: Os autores (2026).

Na Tabela 4 podemos observar que a massa seca da parte aérea apresentou diferença entre os tratamentos. O tratamento T2 bokashi apresentou o maior valor médio de massa seca da parte aérea, não diferindo estatisticamente do T1 levedura nativa, porém diferindo significativamente dos demais tratamentos. O T3 *Trichoderma harzianum* não apresentou diferença significativa da testemunha, assim como o T1 levedura nativa.

Os valores médios da massa seca das raízes das plantas de tomate da cultivar Milagros submetidas aos tratamentos T1 levedura nativa, T2 bokashi, T3 *Trichoderma harzianum* T4 testemunha sem tratamento (Tabela 3), não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados para essa variável.

Apesar de o tratamento T2 bokashi apresentar, em termos absolutos, maior valor médio de massa seca das raízes, esse incremento não foi suficiente para diferi-lo estatisticamente dos demais tratamentos. Da mesma forma, os

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

tratamentos levedura, testemunha e *Trichoderma harzianum* apresentaram valores semelhantes, indicando que, nas condições experimentais do presente estudo, os diferentes insumos não influenciaram significativamente o acúmulo de biomassa radicular seca.

A ausência de diferenças estatísticas para a massa seca das raízes, em contraste com os resultados observados para a massa fresca das raízes, sugere que os tratamentos podem ter influenciado principalmente o conteúdo de água e a expansão celular do sistema radicular, sem promover alterações expressivas na deposição de matéria seca estrutural. Esse comportamento é comum em experimentos de curta duração ou em estádios iniciais de desenvolvimento das plantas, que precedem mudanças no acúmulo efetivo de biomassa (TAIZ *et al.*, 2017).

No caso do T2 bokashi, embora tenha sido observado efeito positivo sobre a massa fresca das raízes, o que indica maior desenvolvimento radicular, tal efeito não se refletiu em aumento significativo da massa seca. Isso pode estar relacionado ao fato de que fertilizantes orgânicos fermentados promovem inicialmente melhorias na absorção de água e na atividade metabólica das raízes, enquanto o acúmulo de matéria seca ocorre de forma mais gradual ao longo do ciclo da cultura (KIEHL, 2008).

Quanto ao tratamento T3 *Trichoderma harzianum*, a semelhança em relação à Testemunha reforça a hipótese de que, na ausência de estresse biótico ou de condições específicas de interação, esse microrganismo pode não promover incrementos significativos na biomassa radicular seca. Segundo Harman *et al.* (2004), os efeitos de *Trichoderma harzianum* sobre o crescimento das plantas dependem de fatores ambientais, da estirpe utilizada e do tempo de colonização do sistema radicular.

Observa-se na tabela 5, que os tratamentos T2 bokashi e T1 levedura Nativa apresentaram os maiores valores de diâmetro do colo, não diferindo estatisticamente entre si. Esse resultado indica que ambos proporcionaram maior espessamento do colo, característica diretamente associada ao vigor das mudas e à maior capacidade de sustentação da parte aérea após o transplantio.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

O tratamento com T1 levedura nativa apresentou valor absoluto intermediário, não diferindo estatisticamente dos tratamentos T3 *Trichoderma harzianum* e T4- testemunha. Esse comportamento sugere que a levedura exerceu efeito moderado sobre o espessamento do colo, possivelmente relacionado à produção de compostos bioativos que estimulam o crescimento, porém sem impacto tão expressivo quanto o observado para os tratamentos de maior desempenho.

Por outro lado, o *Trichoderma harzianum* resultou no menor diâmetro do colo, não diferindo estatisticamente da testemunha. Esse resultado indica que, nas condições do experimento, o uso de *Trichoderma harzianum* não favoreceu o espessamento do colo das mudas. Embora esse microrganismo seja reconhecido por promover o crescimento vegetal e a sanidade das plantas, seus efeitos podem estar mais relacionados ao desenvolvimento radicular e à proteção contra patógenos, não se refletindo necessariamente em maior diâmetro do colo na fase inicial das mudas.

Tabela 5. Diâmetro médio do colo (mm) e comprimento médio da parte aérea (cm) de mudas de tomate da cultivar Milagros produzidas com diferentes bioinsumos.

	Diâmetro do médio do colo	**Comprimento médio da parte aérea**
T1**	3,72^{a,b}* ± 0,33	29,08^{a} ± 2,15
T2	4,01^{a} ± 0,19	32,17^{a} ± 2,25
T3	3,49^{b} ± 0,34	25,23^{a} ± 1,10
T4	3,61^{b} ± 0,12	26,43^{a} ± 1,40

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$). ** T1 - Levedura Nativa, T2 – Bokashi, T3 – *Trichoderma harzianum* T4 – Testemunha sem tratamento.

Fonte: Os autores (2026).

Observa-se na tabela 5 que os tratamentos não diferiram entre si quanto ao crescimento absoluto da parte aérea. Embora espécies do gênero *Trichoderma*

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

harzianum sejam amplamente reconhecidas como promotoras de crescimento vegetal, seus efeitos podem variar conforme a cepa, a dose, o estádio da planta e as condições ambientais (HARMAN *et al.*, 2004). Além disso, diversos estudos indicam que o principal benefício do *Trichoderma harzianum* está associado à promoção do crescimento radicular e à proteção contra fitopatógenos, o que nem sempre se reflete diretamente em maior alongamento da parte aérea nas fases iniciais (MONTE *et al.,* 2019).

A tabela 6 evidencia o efeito de diferentes tratamentos sobre o volume radicular das plantas de tomate da cultivar Milagros, permitindo inferir resposta de crescimento relacionadas ao desenvolvimento do sistema radicular. Observa-se que o tratamento T2 bokashi apresentou o maior volume radicular, diferindo significativamente dos demais tratamentos, os quais apresentaram os menores valores médios. Segundo a literatura, fertilizantes orgânicos fermentados podem promover maior exploração do solo pelas raízes, aumentando a absorção de água e nutrientes, o que se reflete em maior biomassa radicular.

Tabela 6. Variáveis radiculares: volume médio radicular (cm^3), área superficial de raízes (mm^2) Diâmetro médio ponderado das raízes (mm) e comprimento do sistema radicular (cm) de mudas de tomate da cultivar Milagros produzidas com diferentes tratamentos de bioinsumos.

	Volume médio radicular	**Área superficial das raízes**	**Diâmetro médio ponderado das raízes**	**Comprimento raiz**
T1	$3412,8^{b} \pm 721,7$	$12493,8^{b} \pm 2416,1$	$50,9^{b} \pm 4,4$	$20,9^{a} \pm 2,2$
T2	$6033,8^{a} \pm 2887,5$	$20124,9^{a} \pm 8818,1$	$66,9^{a} \pm 19,4$	$21,4^{a} \pm 2,6$
T3	$2681,2^{b} \pm 1268,7$	$9315,7^{b} \pm 3905,3$	$39,2^{b} \pm 11,3$	$21,1^{a} \pm 2,3$
T4	$3644,9^{b} \pm 1173,7$	$12308,0^{b} \pm 3219,4$	$46,5^{b} \pm 10,5$	$18,9^{a} \pm 1,3$

*Dados representam média ± DP (n =12). Médias nas colunas seguidas de letras diferentes entre os tratamentos diferem entre si pela Anova seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$). ** T1 - Levedura Nativa, T2 – Bokashi, T3 – *Trichoderma harzianum* T4 – Testemunha sem tratamento.

Fonte: Os autores (2026).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

Os tratamentos T1 levedura nativa e T3 *Trichoderma harzianum* não diferiram significativamente do T4 testemunha sem tratamento. Apesar de esses agentes serem frequentemente associados à promoção de crescimento vegetal e à melhoria da saúde do solo, sua eficácia pode depender de fatores como dose, forma de aplicação, condições edafoclimáticas e interação com a microbiota nativa do solo. Assim, os resultados obtidos sugerem que, nas condições do presente estudo, tais tratamentos não foram suficientes para estimular o desenvolvimento radicular. Esse comportamento pode estar relacionado à variabilidade experimental ou à capacidade intrínseca da cultura em manter o desenvolvimento radicular mesmo na ausência de tratamentos específicos.

Os resultados demonstram que o tratamento T2 bokashi se destacou como o tratamento mais eficiente na promoção da área superficial radicular, o que pode resultar em maior capacidade de absorção de recursos e, consequentemente, melhor desempenho das plantas. Esses resultados corroboram estudos que apontam os benefícios do uso de insumos orgânicos no desenvolvimento do sistema radicular e na sustentabilidade dos sistemas agrícolas (PRIMAVESI, 2014; SOUZA; RESENDE, 2014). Os tratamentos T1 levedura nativa e T3 *Trichoderma harzianum* não diferiram significativamente do T4 testemunha sem tratamento.

Observa-se também na Tabela 6 que o tratamento com bokashi apresentou os maiores valores de diâmetro médio ponderado das raízes. Como essa variável considera simultaneamente o diâmetro e o comprimento dos segmentos radiculares, os resultados sugerem alterações na arquitetura do sistema radicular, com maior participação relativa de raízes de maior diâmetro. Esse comportamento pode estar associado à melhoria das condições nutricionais e biológicas do substrato promovida pelo bokashi, favorecendo o desenvolvimento radicular das mudas. Compostos orgânicos fermentados, como o bokashi, podem estimular a atividade microbiana do solo e favorecer o crescimento vegetal, contribuindo para o desenvolvimento radicular das plantas (CAMATTI-SARTORI et al., 2011; MAGRINI et al., 2011).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

Os demais tratamentos apresentaram valores inferiores e não diferiram estatisticamente entre si. Esse resultado sugere que o substrato padrão já oferecia condições adequadas para o desenvolvimento radicular básico, permitindo a formação de raízes com, mesmo com tratamentos com a levedura nativa e *Trichoderma harzianum*. De acordo com Taiz *et al.* (2017), o espessamento das raízes está relacionado não apenas à nutrição, mas também às propriedades físicas do substrato, como aeração e retenção de água.

Embora as leveduras possam produzir fitormônios e compostos bioativos capazes de estimular o crescimento vegetal, seus efeitos sobre o sistema radicular dependem da dose e da forma de aplicação, podendo ser menos expressivos quando utilizadas isoladamente (KUMAR *et al*., 2018).

Apesar de *Trichoderma spp.* serem reconhecidos como promotores de crescimento radicular, diversos estudos indicam que seu principal efeito está associado ao aumento da ramificação e da área superficial das raízes (HARMAN *et al.,* 2004; MONTE *et al.,* 2019). Assim, é possível que o *Trichoderma harzianum* tenha promovido alterações morfológicas no sistema radicular que não foram captadas por essa variável específica.

Assim como ocorreu quanto ao comprimento da parte aérea, o comprimento do sistema radicular das mudas de tomate da cultivar *Milagros* observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos avaliados. Esse resultado indica que os bioinsumos bokashi, levedura e *Trichoderma harzianum*, bem como a testemunha, promoveram respostas semelhantes quanto ao alongamento das raízes nas condições do experimento.

A ausência de efeito significativo dos bioinsumos sobre o comprimento do sistema radicular pode estar relacionada a diferentes fatores. Um deles é a adequação nutricional do substrato base, que pode ter suprido de forma satisfatória as exigências das mudas nessa fase inicial de desenvolvimento, reduzindo a expressão de possíveis benefícios adicionais oriundos dos bioinsumos. Segundo Taiz *et al*. (2017), o crescimento radicular inicial é fortemente influenciado pela disponibilidade hídrica e pelas características físicas do substrato, como porosidade e aeração, podendo ser menos sensível a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

incrementos nutricionais em curto prazo.

De forma geral, os resultados demonstram que o tratamento T2 bokashi foi o mais eficiente na promoção do crescimento radicular, sendo que o T1 levedura e T3 *Trichoderma harzianum* não diferiram do T4 testemunha. Esses achados reforçam a importância do uso de insumos orgânicos fermentados no manejo sustentável da fertilidade do solo, especialmente quando o objetivo é estimular o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

De modo geral, os resultados obtidos evidenciam que a resposta das mudas de tomate da cultivar *Milagros* aos diferentes bioinsumos foi variável, dependendo do parâmetro morfológico avaliado. O bokashi destacou-se consistentemente como o tratamento mais eficiente, promovendo incrementos significativos no crescimento da parte aérea, no vigor do sistema radicular e no acúmulo de biomassa, tanto fresca quanto seca, em comparação aos demais tratamentos. Esses resultados confirmam o potencial do bokashi como insumo orgânico capaz de melhorar simultaneamente a nutrição e a atividade biológica do substrato, refletindo-se positivamente na qualidade das mudas.

Embora o bokashi tenha apresentado os melhores resultados para diversas variáveis morfológicas e radiculares avaliadas, deve-se considerar que os efeitos observados podem estar relacionados tanto à atividade microbiológica associada ao produto quanto ao aporte adicional de nutrientes e matéria orgânica disponibilizados pelo bioinsumo. Dessa forma, o presente estudo não permite distinguir de forma isolada os efeitos biológicos e nutricionais do bokashi, uma vez que não foram incluídos tratamentos capazes de controlar separadamente esses fatores. Assim, os resultados devem ser interpretados como decorrentes do efeito combinado das características nutricionais e biológicas do produto.

De modo geral, verificou-se resposta diferenciada entre os bioinsumos avaliados. O bokashi apresentou desempenho superior para a maioria das variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo e ao desenvolvimento radicular. A levedura nativa apresentou resultados intermediários, enquanto o tratamento com *Trichoderma harzianum* não promoveu incrementos expressivos nas condições avaliadas. Nas condições deste estudo e para as variáveis

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

morfológicas mensuradas, o isolado IB19/17 e a dose utilizada não promoveram incrementos significativos no crescimento das mudas. Entretanto, diversos estudos relatam que os efeitos de *Trichoderma* podem ser mais evidentes em situações de estresse biótico ou abiótico, na presença de fitopatógenos ou em condições de maior interação com a microbiota do substrato. Dessa forma, a ausência de resposta positiva observada neste trabalho não invalida o potencial agronômico do microrganismo, mas indica que seus efeitos não foram expressivos nas condições específicas avaliadas.

O crescente uso de bioinsumos na agricultura brasileira tem ampliado o interesse por alternativas capazes de reduzir a dependência de insumos externos e fortalecer a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Em sistemas orgânicos e agroecológicos, esses produtos assumem papel estratégico por contribuírem para a ciclagem de nutrientes, a melhoria das propriedades biológicas do solo e a promoção do crescimento vegetal. Nesse contexto, a avaliação de bioinsumos na fase de produção de mudas torna-se particularmente relevante, uma vez que o estabelecimento inicial das plantas representa uma etapa decisiva para o desenvolvimento subsequente da cultura. Os resultados obtidos neste estudo reforçam o potencial de determinadas tecnologias biológicas, especialmente do bokashi, como ferramentas complementares para a produção de mudas em sistemas orgânicos, aspecto considerado estratégico para a expansão da agricultura orgânica e do uso de bioinsumos no Brasil (CASTRO, 2020; DE PAULA VICENTE 2020; RESENDE, 2014).

Algumas limitações do presente estudo devem ser consideradas. O trabalho foi conduzido exclusivamente na fase de viveiro, não sendo avaliados o estabelecimento das mudas após o transplantio, a sobrevivência em campo ou a produtividade da cultura. Além disso, não foi possível separar experimentalmente os efeitos nutricionais e microbiológicos dos bioinsumos utilizados, especialmente no tratamento com bokashi. Também não foi realizada caracterização microbiológica detalhada da levedura nativa empregada no estudo. Além disso, a levedura utilizada foi avaliada como um bioinsumo experimental, sem identificação taxonômica ou caracterização microbiológica detalhada, o que limita

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

a reprodutibilidade direta dos resultados e indica a necessidade de estudos futuros voltados à sua identificação, padronização e validação agronômica.

Do ponto de vista prático, os resultados indicam que recipientes com volume igual ou superior a 55 mL constituem alternativa adequada para a produção de mudas de tomateiro da cultivar Milagros. Da mesma forma, o uso de bokashi mostrou-se promissor para incrementar a qualidade morfológica das mudas produzidas em sistema orgânico.

Estudos futuros devem avaliar o desempenho das mudas após o transplantio, bem como investigar separadamente os efeitos nutricionais e microbiológicos dos bioinsumos, permitindo compreender de forma mais precisa os mecanismos envolvidos nas respostas observadas.

Os resultados obtidos contribuem para o entendimento do papel dos bioinsumos na produção de mudas de tomate orgânico, destacando a importância da escolha adequada do insumo de acordo com os objetivos do sistema produtivo e as condições edafoclimáticas locais.

4. Conclusões

Os resultados indicam que recipientes com maior volume favorecem a qualidade das mudas produzidas, podendo contribuir para melhor desempenho inicial após o transplantio. Entretanto, estudos complementares em condições de campo são necessários para confirmar possíveis reflexos sobre produtividade e rendimento da cultura.

O tratamento com bokashi promoveu melhorias significativas no crescimento da parte aérea, no desenvolvimento do sistema radicular e no acúmulo de biomassa das mudas de tomate da cultivar Milagros. Esses efeitos podem estar associados à combinação do aporte de nutrientes, matéria orgânica e atividade biológica proporcionados pelo produto.

A levedura apresentou efeito intermediário, sugerindo potencial como bioestimulante, porém com eficiência inferior ao bokashi quando utilizada isoladamente.

O *Trichoderma harzianum* não promoveu incrementos significativos nas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

variáveis morfológicas avaliadas nas condições do experimento, indicando que seus efeitos podem estar mais relacionados à sanidade vegetal do que ao crescimento inicial das mudas.

Nas condições deste estudo, o bokashi constituiu a alternativa que proporcionou o melhor desempenho das mudas, representando uma opção promissora para a produção orgânica de tomate. Estudos futuros deverão avaliar separadamente os efeitos nutricionais e microbiológicos desse bioinsumo sobre o desenvolvimento das mudas.

Estudos futuros devem avaliar o desempenho das mudas após o transplantio, visando verificar a persistência dos efeitos observados na fase de viveiro e sua eventual relação com a produtividade da cultura.

Agradecimentos.

Os autores agradecem ao FLD/Programa CAPA de Agroecologia, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - 302484/2022-1 e CNPq – 401351/2025-4), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - 001), ao apoio do Centro de Pesquisa em Bioprocessos e Biotecnologia para Alimentos (Biofood), que é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS-22/2551-0000397-4 e 24/2551-0001209-5), FINEP (01.24.0463.00) e Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) pelo apoio financeiro.

Referências

AL-MENAIE, H. S.; AL-RAGOM, O.; AL-DOSSARI, T. *Effect of pot size on the growth and multiplication of water lilies (Nymphaea spp.)*. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, v. 12, n. 2, p. 148–153, 2012.

ALTOMARE, Claudio et al. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 65, n. 7, p. 2926-2933, 1999.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

BENÍTEZ, Tatiana et al. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, Barcelona, v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.

BHOGAL, Amritpal; SINGH, Yadvinder; GOSAL, Sukhjinder K. Bokashi: a potential organic waste management strategy. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, Cham, v. 7, n. 4, p. 281-289, 2018.

BONONI, Laura et al. Phosphorus-solubilizing Trichoderma spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 2858, 2020.

CAMARGO, A.F. et al. The bioherbicidal potential of isolated fungi cultivated in microalgal biomass. BIOPROC. BIOSYST. ENG. 46, 665-679, 2023

CAMATTI-SARTORI, V.; MAGRINI, F. E.; FINKLER, R.; TORVES, J.; VENTURIN, L. Avaliação microbiológica, pH e umidade de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. *Cadernos de Agroecologia*, v. 4, n. 1, 2009.

CARNEIRO, J. G. A. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos dos Goytacazes: UENF, 1995. 451 p.

CASTRO, Ana M. G. Bioinsumos na agricultura: conceitos, aplicações e perspectivas. *Cadernos de Agroecologia*, Recife, v. 15, n. 2, p. 1-10, 2020.

DE PAULA VICENTE, Nelma Ferreira et al. Uma revisão bibliográfica sobre bokashi dos últimos 20 anos. *Research, Society and Development,* v. 9, n. 10, p. e279108339-e279108339, 2020

De SOUZA, Jacimar L. et al. Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis. Incaper, 2015, 373 p.

FERRAZ, Rodrigo L. S. et al. Produção de mudas de tomateiro em diferentes volumes de recipientes. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 357–364, 2016.

FERREIRA, Daniel F. *Sisvar: sistema de análise de variância*. Lavras: UFLA, 2014.

FERREIRA, M. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; COSTA, L. V. Crescimento inicial de itaúba e macacaúba em recipientes de diferentes tamanhos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 499–508, 2017. DOI: 10.5902/1980509827731

FILGUEIRA, Fernando A. R. *Novo manual de olericultura*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

FREITAS, Tatiana A. S. et al. Qualidade de mudas em função do tipo e volume de recipientes. *Ciência Florestal*, v. 23, n. 2, p. 293–302, 2013.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 553–563, 2014. DOI: 10.5902/1980509815731.

GOMES, José M. *et al.* Crescimento e qualidade de mudas produzidas em diferentes recipientes. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 1–8, 2002.

GUARÇONI, André et al. Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável. Incaper em Revista,p. 22-42,2019

HARMAN, Gary E. et al. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, London, v. 2, p. 43-56, 2004.

HOWELL, Charles R. et al. *Trichoderma* spp. as biological control agents. *Plant Disease*, St. Paul, v. 91, n. 1, p. 4-14, 2007.

KÄMPF, Atalene N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Porto Alegre: Agrobook, 2005.

KHAFAGI, O.M.A. et al. Effect of some organic fertilizers on soil properties and wheat plant growth and yield. African Journal of Mycology and Bitechnology, v. 22, .2, p.23-38,2017

KIEHL, Eurípedes J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2008.

KUMAR, Akhilesh; VERMA, Jay Prakash. Does plant—microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review*? Microbiological research,* v. 207, p. 41-52, 2018.

LESKOVAR, Daniel I.; STOFFELLA, Peter J. Vegetable seedling root systems: morphology, development, and importance. HortScience, Alexandria, v. 30, n. 6, p. 1153–1159, 2001.

MAGRINI, F. E.; CAMATTI-SARTORI, V.; FINKLER, R.; TORVES, J.; VENTURIN, L. Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. *Agrarian*, v. 4, n. 12, p. 146–151, 2011.

MENDONÇA, Johny Jesus et al. Diversidade, mecanismos de atuação e potencial agrícola de bactérias promotoras de crescimento de plantas, usando milho como cultura exemplo. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v.25, n 2, 2020

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/05/2026 - **Accepted:** 21/06/2026
Vol: 13.13
DOI: 10.66104/f0k6fz67
Pages: 1-29

MONTE, Enrique et al. Trichoderma e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. Trichoderma: uso na agricultura. Brasilia: Embrapa, p.181-199, 2019.

NADAI, Fábio. B. Produção de mudas de tomateiro em função de diferentes formas de propagação e substratos. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 9, n. 3, p. 261-267, 2015.

OAGILE, O.; GABOLEMOGWE, P.; MATSUANE, C.; MATHOWA, T. *Effect of container size on the growth and development of tomato seedlings*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, v. 5, n. 4, p. 890–896, 2016. DOI: 10.20546/ijcmas.2016.504.100.

OU, Xi et al. Effects of nutrient solution management modes on fruit production and quality of tomatoes grown in extremely root restriction. Scientia Horticulturae, v. 321, p. 112366, 2023.

PRIMAVESI, Ana. *Manejo ecológico do solo*. 3. ed. São Paulo: Nobel, 2014.

ROBBINS, N. S.; PHARR, D. M. Effect of restricted root growth on carbohydrate metabolism and whole plant growth of *Cucumis sativus* L. *Plant Physiology*, v. 87, n. 2, p. 409-413, 1988.

RODRIGUES, Lucas R. et al. Sustentabilidade na produção de mudas de hortaliças orgânicas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 2, p. 178-185, 2021.

RUSU, Oana R. *et al.* Interaction effects of cultivars and nutrition on quality and yield of tomato. *Horticulturae*, v. 9, n. 5, p. 541, 2023.

SANTOS, Antônio. B. et al. Substratos para produção de mudas de hortaliças em bandejas. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 2, p. 159–167, 2021.

SCHRADER, J. A. *Container volume and fertilization affect growth and nutrient status of flowering cabbage and kale*. HortTechnology, v. 10, n. 3, p. 623–626, 2000.

SILVA, Emanoel A. et al. Crescimento e qualidade de mudas de tomateiro em diferentes recipientes. *Horticultura Brasileira*, v. 32, n. 2, p. 216–222, 2014.

SOUZA, José L.; RESENDE, Patrícia. *Manual de horticultura orgânica*. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MØLLER, Ian M.; MURPHY, Angus. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.