ISSN 1679-6527 / e-ISSN 1679-6535

Comunicado Técnico 292

Fortaleza, CE / Junho, 2025

Sistema de cultivo protegido do tomate em substrato com reuso da solução nutritiva

Fábio Rodrigues de Miranda[1], Samuel de Jesus Ferreira[2], João Victor de Souza Soares[3], Antônio Lindemberg Martins Mesquita[4], Pedro Felizardo Adeodato Paula Pessoa[5] e Marlon Vagner Valentim Martins[6]

[1] Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia de Biossistemas, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE. [2] Estudante de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, bolsista do CNPq, Fortaleza, CE. [3]Estudante de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. [4]Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE. [5]Administrador, mestre em Economia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE. [6]Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitossanidade, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça originária da região Oeste da América do Sul e seu cultivo no Brasil destaca-se por sua importância socioeconômica, principalmente em função de seu alto valor econômico (Bissacotti et al., 2021).

O cultivo do tomateiro em substrato é feito em vasos ou sacos de cultivo, com aplicações frequentes de solução nutritiva. Esse tipo de cultivo apresenta como principais vantagens em relação ao cultivo no solo: obtenção de maiores produtividades; produção de frutos de melhor qualidade; redução da incidência de pragas e doenças; e redução da aplicação de defensivos agrícolas. Além de facilitar o manejo da cultura e reduzir os custos com mão de obra, o cultivo em substrato aumenta a eficiência de uso da água e dos fertilizantes e permite o cultivo em qualquer tipo de solo.

Esse sistema de cultivo é largamente utilizado na Holanda, na Espanha, na Itália, nos Estados Unidos da América e no México, entre outros países. Foi adaptado e validado pela Embrapa para o cultivo de tomate dos tipos salada e cereja na região da Serra da Ibiapaba, CE (Figura 1).

Foto: Fábio Rodrigues de Miranda

Figura 1. Vista de um cultivo de tomate tipo *grape* em vasos contendo fibra de coco como substrato. Guaraciaba do Norte, CE, 2024.

No cultivo de tomate do tipo salada em sacos contendo substrato de fibra de coco, descrito por Miranda et al. (2011), a produtividade média obtida na região em ciclo de 140 dias foi de 140 t ha^{-1}, com consumo médio de água ou solução nutritiva de 520 mm e uma eficiência de uso da água (EUA) de 27 kg de frutos comercializáveis por m^3 de água utilizado na irrigação. Já no cultivo do tomate cereja em vasos contendo substrato de fibra de coco, descrito por Miranda et al. (2023), em um ciclo de 180 dias

Embrapa
Agroindústria Tropical

foram obtidas médias de produtividade, consumo de água e EUA de 83 t ha^{-1}, 512 mm e 16 kg m^{-3}, respectivamente. Em ambos os casos, ficaram comprovadas as viabilidades econômicas dos cultivos do tomate em substrato e houve redução significativa da necessidade de aplicação de defensivos em relação ao cultivo no solo (Martins et al., 2010; Mesquita et al., 2011; Miranda et al., 2023).

Uma das características do cultivo em substrato é a necessidade de aplicar diariamente um volume de água ou solução nutritiva maior do que as necessidades hídricas da cultura, a fim de compensar a transpiração desigual das plantas e de evitar o acúmulo de sais no substrato, mantendo a salinidade na zona radicular dentro dos limites tolerados pela cultura. Dependendo da qualidade da água utilizada na irrigação, uma lâmina de drenagem (ou lixiviação) de 15% a 30% acima do consumo de água das plantas é usada para evitar a salinização da zona radicular no cultivo em substrato. Portanto, em sistemas de cultivo abertos, em que o volume lixiviado não é reutilizado, há um desperdício significativo de água e de nutrientes, que é responsável por um aumento nos custos de operação e representa um risco de contaminação de águas subterrâneas e superficiais por nutrientes presentes nos fertilizantes, principalmente o nitrato.

O cultivo em sistemas fechados, no qual a solução lixiviada é reutilizada na própria cultura, é uma opção essencial para a sustentabilidade do cultivo protegido em substrato. Infelizmente, a aplicação desses sistemas em escala comercial é escassa, com exceção da Holanda, onde são obrigatórios. Isso ocorre porque o manejo dos sistemas fechados (com recirculação) é mais complexo do que o manejo dos sistemas abertos, em que a solução nutritiva drenada é descartada.

As principais dificuldades no manejo de sistemas fechados de cultivo em substrato são relacionadas à disseminação de patógenos causadores de doenças radiculares e ao aumento da salinidade da solução nutritiva reutilizada. Dependendo da qualidade da água e dos fertilizantes utilizados na fertirrigação, pode ocorrer um acúmulo de íons potencialmente tóxicos para as plantas, como sódio e cloreto. Sob essas condições, a solução nutritiva normalmente é recirculada até que a condutividade elétrica (CE) e/ou a concentração de algum íon tóxico potencial atinja um valor máximo aceitável, cujos valores dependem da cultura, sendo então descartada. Para o tomateiro, por exemplo, Incrossi et al. (2007) citam valores máximos de CE e de concentração de sódio (Na+) da ordem de 4,5 dS m^{-1} e 8 mmol L^{-1}, respectivamente. Para evitar a proliferação de patógenos na cultura, há necessidade de desinfecção da solução lixiviada antes de ser reutilizada.

Nesse contexto, foi desenvolvido pela Embrapa – e validado em escala comercial na empresa Estufa Timbaúba, em Guaraciaba do Norte, CE − um sistema de baixo custo visando reutilizar de forma segura a solução lixiviada do cultivo de tomate em substrato. O sistema proposto utiliza na irrigação a solução drenada dos vasos, reutilizada após sua coleta e desinfecção, misturada à água captada das chuvas que caem sobre a cobertura das estufas e armazenada em um reservatório escavado no solo.

Este Comunicado Técnico apresenta um sistema de cultivo que tem como principais vantagens: redução do uso de fertilizantes, do descarte de efluentes contendo íons potencialmente poluentes (nitrato, fosfato, etc.) no solo, redução da salinização do solo, do uso de águas subterrâneas e de superfície na irrigação e aumento da eficiência de uso da água e dos fertilizantes.

Uso de água da chuva

No sistema proposto, a água das chuvas que caem sobre a cobertura das estufas é coletada por meio de calhas e tubulações e armazenada em um reservatório escavado no solo e coberto com geomembrana. A Figura 2 mostra a vista parcial de um reservatório com capacidade de 3.000 m^3 utilizado para armazenar a água da chuva que cai sobre duas estufas com 2.500 m^2 de área coberta cada uma. Essa água é utilizada para a irrigação das plantas de tomate no interior da estufa, em mistura com a solução nutritiva drenada dos vasos e tratada para a eliminação de fitopatógenos.

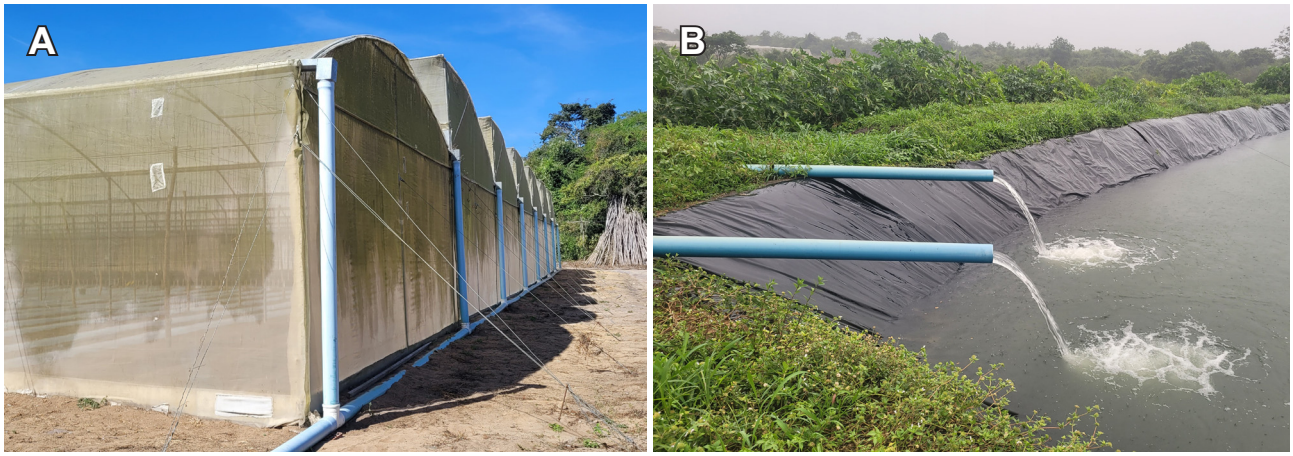
Sistema de recirculação da solução nutritiva

O sistema de recirculação da solução nutritiva no cultivo em substrato envolve as etapas de coleta da solução drenada dos vasos ou sacos de cultivo, desinfecção e reaplicação da solução nas plantas.

Coleta da solução drenada

Na coleta da solução drenada dos vasos ou sacos onde são cultivados os tomateiros, geralmente são utilizadas calhas, as quais podem ser feitas de materiais como polipropileno, PVC, fibrocimento, etc. No cultivo avaliado, os vasos contendo as plantas de tomate foram colocados sobre calhas de

polipropileno próprias para coleta de lixiviados de vasos ou sacos de cultivo (Calha Universal, Hidrogood Horticultura Moderna Ltda.), conforme Figura 3. Essa calha tem a vantagem de permitir que a solução drenada seja conduzida por uma câmara fechada, evitando o carreamento de folhas e outros detritos para o tanque de armazenamento. A solução drenada dos vasos e coletada nas calhas é conduzida por gravidade em uma tubulação de PVC e armazenada em um reservatório com capacidade de 1.000 L, de onde é bombeada para a etapa seguinte, de desinfecção, por meio de uma pequena bomba hidráulica. Quando o volume de solução no reservatório atinge um nível pré-determinado, a bomba é acionada por meio com uma boia de nível elétrica.



Fotos: Fábio Rodrigues de Miranda

Figura 2. Sistema de captação (A) e armazenamento (B) de água de chuvas que caem sobre a cobertura plástica da estufa.

Foto: Fábio Rodrigues de Miranda

Figura 3. Plantas de tomate cultivadas em vasos sobre calhas para coleta e reuso da solução nutritiva lixiviada. Guaraciaba do Norte, CE, 2024.

Desinfecção da solução drenada

A desinfecção tem por objetivo eliminar os microrganismos patogênicos para as plantas que possam estar presentes na solução drenada dos vasos ou sacos de cultivo, evitando que se disseminem no cultivo. No sistema proposto, a desinfecção da solução drenada é feita por meio de filtração lenta em filtro de areia, seguida da esterilização por ultravioleta (UV). A filtração lenta em areia é um método não químico de desinfecção que apresenta um baixo custo de construção e de manutenção. Possui capacidade de remoção de microrganismos, toxinas produzidas por cianobactérias, agroquímicos e matéria

orgânica. Os filtros lentos de areia geralmente funcionam por gravidade e consistem basicamente em uma caixa de filtro aberta, uma estrutura de entrada, um leito de areia fina ou outro meio filtrante (com camadas de cascalho, se necessário), um sistema de drenagem, uma estrutura de saída (incluindo um medidor de vazão) e válvula de controle para regular a velocidade do fluxo de água por meio do leito filtrante.

O princípio da filtração lenta em areia é simples. A solução deve passar com baixa vazão (100 a 300 litros por hora, por m^2 de área filtrante) por meio de um leito de areia fina ou outro material filtrante. Após um período de uso do filtro por alguns dias, forma-se uma camada de sujeira ou lodo na superfície da camada de areia, a qual apresenta uma elevada atividade biológica com sua população de algas, protozoários, bactérias, fungos, actinomicetos, etc. Essa atividade biológica, além de processos de sedimentação, adsorção e outros fatores físicos e químicos que ocorrem no filtro, é responsável pela eliminação dos microrganismos (Ehret et al., 2001).

A Figura 4 mostra o desenho de um sistema de desinfecção com capacidade para até 250 L h^{-1}, o que é suficiente para desinfectar a solução drenada de até 2.500 vasos ou plantas de tomate. O sistema é composto por dois filtros de areia de filtração lenta instalados em paralelo, um esterilizador UV e reservatórios para o armazenamento da solução lixiviada, antes e após o tratamento.

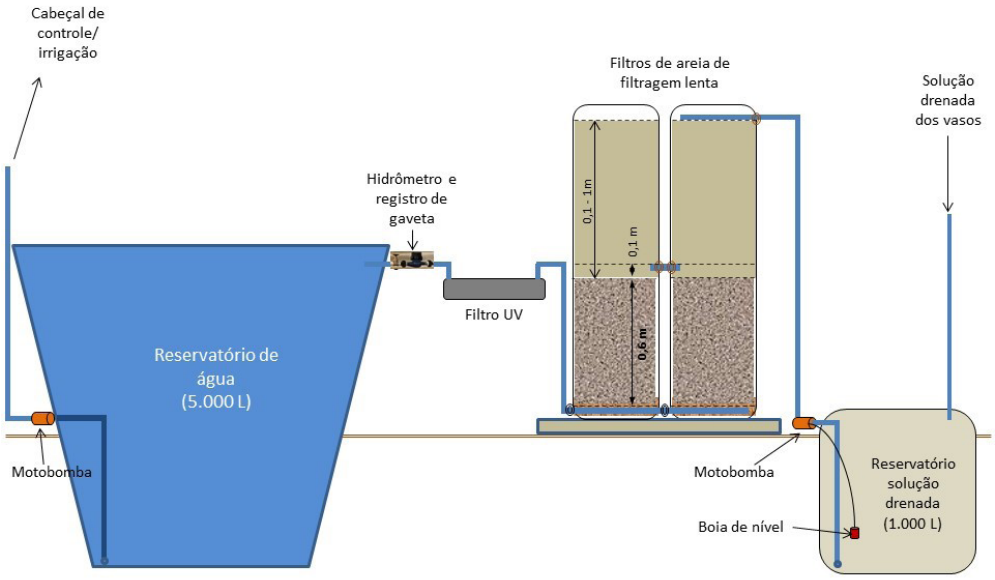


Figura 4. Croqui do sistema de desinfecção e armazenamento da solução nutritiva.

Cada filtro de areia foi construído com duas bombonas plásticas sobrepostas, com capacidade de 200 L cada uma. No fundo do filtro, há uma camada de 15 cm de brita nº 0, colocada sobre um tubo de drenagem de PVC. Sobre a camada de brita, há uma camada de areia fina (0,5 a 1,0 mm) de 60 cm. A saída de água do(s) filtro(s) deve ser nivelada de tal forma que sempre haja uma lâmina de água de cerca de 10 cm sobre o leito de areia, de modo a manter a atividade biológica da camada de lodo na superfície da areia.

Após os filtros de areia, foi instalado um esterilizador UV (modelo *Cleanjump* Filtro UV-c 25w Externo). A radiação ultravioleta (UV) é outra tecnologia amplamente utilizada para desinfecção de água, conhecida por sua capacidade de inativar microrganismos patogênicos, inclusive aqueles resistentes a tratamentos convencionais. A combinação da filtração lenta em areia com a radiação UV aumenta a eficiência do controle de microrganismos em sistemas hidropônicos, oferecendo uma solução mais eficiente para o problema (Ehret et al., 2001).

Na saída do sistema de desinfecção, foi instalado um registro de gaveta e um hidrômetro a fim de permitir o ajuste da vazão dentro da faixa recomendada para a filtração lenta em areia (100 a 300 L h^{-1} m^{-2} de área filtrante). No caso do sistema mostrado nas Figuras 4 e 5, cada filtro de areia possui uma área filtrante de 0,25 m^2, totalizando 0,50 m^2 nos dois filtros em paralelo, sendo a vazão do sistema de desinfecção ajustada para 125 L h^{-1} (ou 250 L h^{-1} m^{-2} de área filtrante).

Foto: Fábio Rodrigues de Miranda

Figura 5. Sistema de desinfecção e armazenamento da solução nutritiva lixiviada, contendo filtros de areia de filtração lenta (A), esterilizador UV (B) e reservatório de solução tratada (C).

Após o tratamento, a solução desinfectada é despejada em um reservatório com capacidade de 5.000 L, onde é misturada com a água proveniente do reservatório de água da chuva. O nível da água no reservatório é mantido em cerca de 70% de sua capacidade, por meio de uma boia de nível elétrica, que aciona uma motobomba instalada no reservatório de água da chuva toda vez que o nível da água no reservatório de 5.000 L baixa. Isso permite deixar espaço no reservatório para a solução tratada proveniente dos filtros.

Aplicação da solução nutritiva

Após a desinfecção, a mistura água de chuva e solução drenada desinfectada contida no reservatório de 5.000 L é utilizada na formulação de uma nova solução nutritiva, a qual é aplicada nos vasos com as plantas de tomate. Para isso, utiliza-se um sistema de irrigação por gotejamento, cujo cabeçal de controle é composto por uma motobomba centrífuga, dois tanques de solução estoque, duas bombas injetoras de fertilizantes tipo dosadoras, um filtro de discos e manômetros, conforme mostrado na Figura 6.

Na formulação da solução nutritiva a ser fornecida às plantas, deve-se considerar os nutrientes presentes na água. Como a água do reservatório mostrado na Figura 6 é composta por 20% a 30% de solução drenada dos vasos, sua composição química apresenta quantidades consideráveis de nutrientes que farão parte da nova solução nutritiva aplicada nas plantas de tomate.

Na Tabela 1, são apresentadas as formulações de soluções nutritivas para as fases vegetativa e reprodutiva, testadas e aprovadas para o cultivo de tomate tipo cereja ou *grape* na região da Ibiapaba, CE, considerando-se o reuso da solução drenada (20% a 30% do total), em mistura com a água de chuva ou com baixa salinidade (condutividade elétrica < 0,05 dS m^{-1}).

Em virtude da incompatibilidade entre alguns fertilizantes, são utilizados dois tanques de solução concentrada (ou estoque). No tanque A, são adicionados o nitrato de cálcio e outros fertilizantes compatíveis, como o nitrato de potássio. No tanque B, são adicionados os fertilizantes contendo sulfatos e fosfatos, que são incompatíveis com o nitrato de cálcio. As quantidades de fertilizantes indicadas na Tabela 1 são misturadas a 1.000 L de água em cada tanque, formando soluções estoques com concentração 1:100. Ou seja, cada litro de solução estoque é suficiente para preparar 100 L de solução nutritiva pronta para ser aplicada nas plantas. As soluções estoques são injetadas na tubulação principal por meio das bombas dosadoras, na proporção de 1 L de solução estoque para cada 100 L de água que passa pela dosadora.

Foto: Fábio Rodrigues de Miranda

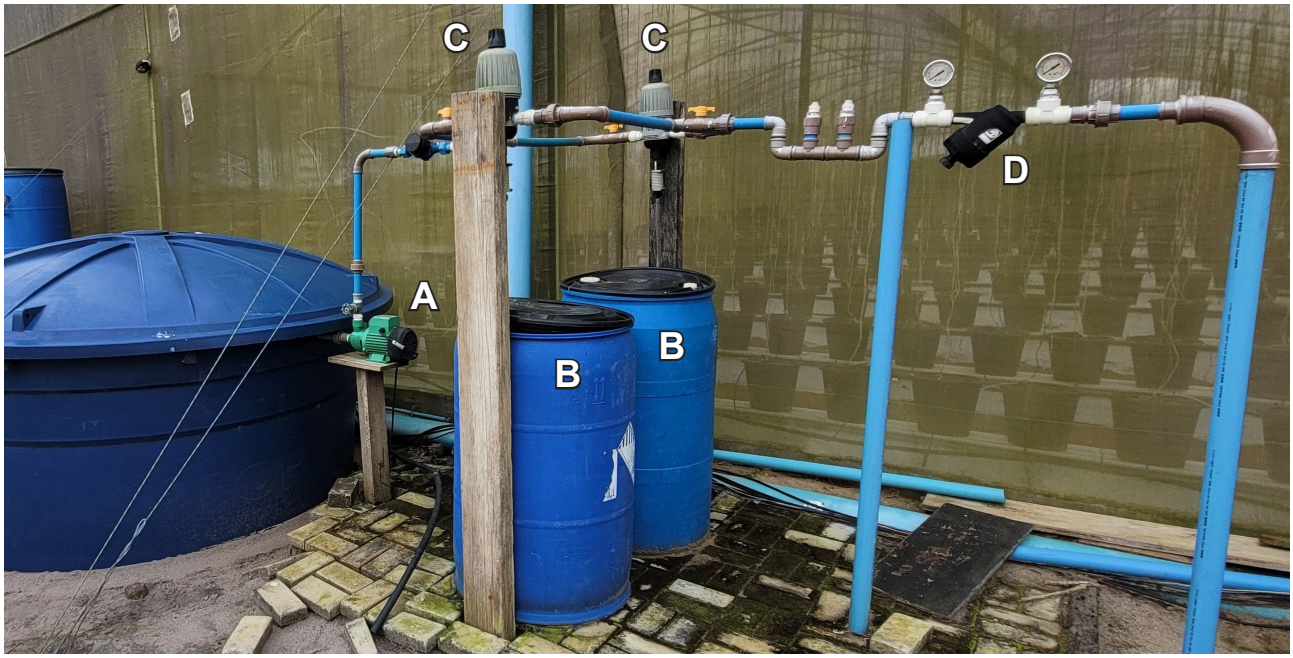


Figura 6. Cabeçal de controle do sistema de fertirrigação, com motobomba (A), tanques de solução estoque (B), bombas dosadoras (C) e filtro de discos (D).

Tabela 1. Quantidades de fertilizantes utilizados para preparar 1.000 L de solução nutritiva concentrada (1:100) para o cultivo do tomate cereja em substrato, do transplantio até o início do florescimento (fase 1) e do florescimento até o final do ciclo (fase 2).

Fertilizante	Quantidade (kg)		
	Fase 1	Fase 2	Tanque
Fosfato monopotássico (MKP)	12,5	11,0	B
Fosfato monoamônico (MAP)	4,6	6,0	B
Nitrato de cálcio	40,0	50,0	A
Nitrato de potássio	13,0	10,0	A
Sulfato de potássio	16,0	45,0	B
Sulfato de magnésio	26,0	35,0	B
Mix de micronutrientes para hidroponia*	2,0	2,0	A
Quelato de ferro (6%)	1,2	1,2	A

*Boro (0,85%); Ferro (3,4%); Zinco (4,2%); Manganês (3,2%); Cobre (0,5%); e Molibdênio (0,06%).

Resultados obtidos

O sistema de reuso da solução nutritiva foi validado em um cultivo comercial de tomate tipo *grape* em Guaraciaba do Norte, CE, na região da Serra da Ibiapaba. Em uma estufa com área de 2.500 m², foram plantados dois cultivos com 1.000 plantas de tomate cada um. Um dos cultivos foi utilizado como testemunha e foi conduzido de acordo com o sistema de produção de tomate cereja em cultivo protegido e substrato de fibra de coco, descrito por Miranda et al. (2023). Nesse cultivo, as plantas recebem uma solução nutritiva adaptada às condições locais, e os volumes de solução lixiviados dos vasos são perdidos (sistema aberto), com perdas de solução da ordem de 20% a 30% durante o ciclo de cultivo.

No outro cultivo (1.000 plantas), a solução nutritiva lixiviada dos vasos foi coletada, tratada e armazenada tal como mostrado nas Figuras 4 e 5 e

reutilizada no próprio cultivo. As plantas de tomate desse cultivo foram fertirrigadas diariamente (um a oito pulsos de fertirrigação por dia) com as soluções nutritivas formuladas conforme a Tabela 1, a partir da água captada das chuvas (média de 73% durante o cultivo) e da solução lixiviada e desinfectada (média de 27%).

Foram utilizadas mudas enxertadas de tomate cereja tipo *grape* híbrido *Sweet Heaven*, transplantadas com 40 dias de idade para vasos com volume de 12 L, contendo substrato de fibra de coco (Golden Mix 80, Amafibra Ltda.), no espaçamento de 1,5 m entre fileiras e 0,4 m entre vasos/plantas, mantendo-se duas hastes por planta, tutoradas com fitilhos de ráfia (Figura 7).

Ao longo do ciclo de cultivo do tomate (180 dias), foram monitorados diariamente os volumes e os valores de condutividade elétrica (CE) e o pH da solução nutritiva aplicada e da solução drenada dos vasos, tanto nas plantas cultivadas sem reuso da solução nutritiva (sistema aberto) quanto nas plantas cultivadas com o reuso (sistema fechado).

Foto: Fábio Rodrigues de Miranda

Figura 7. Plantas de tomate tipo *grape* híbrido *Sweet Heaven* cultivadas em substrato, com reuso da solução nutritiva lixiviada. Guaraciaba do Norte, CE, 2024.

Os dois sistemas de cultivo foram comparados entre si com relação à produtividade comercial do tomate, ao consumo de água e de fertilizantes, à eficiência de uso da água, aos custos fixos e variáveis e à viabilidade econômica.

Em ambos os sistemas de cultivo, as colheitas foram iniciadas aos 55 dias após o transplantio, realizadas duas vezes por semana e se estenderam até os 180 dias após o transplantio. Os frutos foram colhidos e selecionados, descartando-se os frutos fora do padrão para a comercialização, rachados ou com danos de pragas.

O percentual de frutos descartados foi inferior a 1% em ambos os sistemas. Foram obtidas produtividades comerciais de 7,0 kg m^{-2} e 8,5 kg m^{-2} nos sistemas sem reuso e com reuso, respectivamente (Figura 8).

Durante o ciclo de cultivo do tomate (180 dias), as lâminas totais de água aplicadas na irrigação foram 625 mm e 609 mm, nos setores com e sem reuso, respectivamente. No entanto, no sistema com reuso o consumo de água efetivamente utilizada na irrigação, após descontado o volume lixiviado e reutilizado, foi de 457 mm, ou seja, 25% mais baixo do que no sistema sem reuso da solução.

As eficiências de uso da água (EUA), observadas na irrigação do tomate tipo *grape* na estufa, foram de 18,6 kg m^{-3} e 11,5 kg de tomate por m^3 de água utilizado na irrigação, nos setores com e sem o reuso da solução drenada, respectivamente.

No sistema com reuso da solução drenada, não foi necessário realizar descartes da solução nutritiva ao longo do ciclo de cultivo, pois não foram observados acúmulos de íons potencialmente tóxicos para

as plantas na solução, principalmente sódio e cloreto, de acordo com as análises químicas da solução drenada, realizadas a cada 14 dias ao longo do ciclo do tomateiro. Isso se deve aos baixíssimos teores de cloreto de sódio na água de irrigação (água captada da chuva) e na ausência desses íons nos fertilizantes utilizados na formulação da solução nutritiva.

Com relação à fitossanidade, não foram observadas plantas de tomate com sintomas de doenças radiculares em nenhum dos sistemas. Avaliações microbiológicas da solução drenada antes e após passar pelo sistema de desinfecção mostraram que o sistema foi efetivo na eliminação de microrganismos da solução (Figura 9).

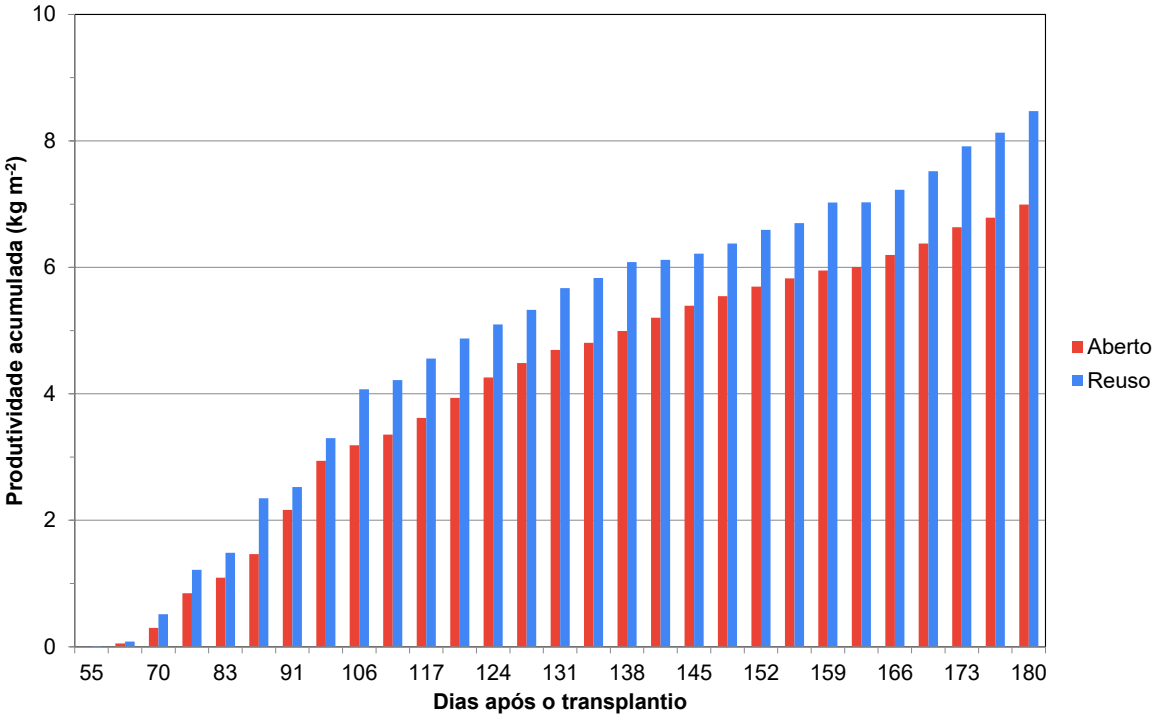


Figura 8. Produtividade comercial acumulada (kg m^{-2}) do tomate tipo *grape Sweet Heaven*, cultivado com e sem o reuso da solução nutritiva lixiviada. Guaraciaba do Norte, CE, 2024.

Fotos: Fábio Rodrigues de Miranda

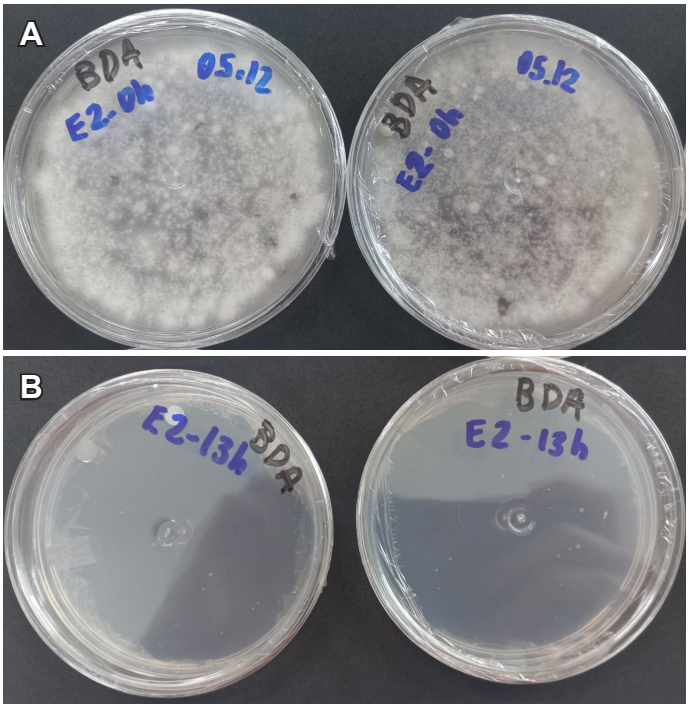


Figura 9. Imagens de placas de Petri mostrando a presença de colônias de microrganismos na solução drenada antes de passar pelos filtros de areia e UV (A); e ausência de colônias de microrganismos após a solução passar pelos filtros (B).

Nas plantas conduzidas com reuso da solução nutritiva, a quantidade de fertilizantes utilizada foi 29% mais baixa em relação ao sistema sem reuso (Tabela 2). Com isso, verificou-se uma redução de custos com fertilizantes da ordem de 24% no sistema com reuso em relação ao sistema aberto.

A análise de custos, receitas e retorno sobre o investimento dos dois sistemas de cultivo (Tabela 3) mostrou que, embora o investimento total no sistema com reuso seja maior, seu custo operacional é menor do que o do sistema sem reuso, em virtude da economia com fertilizantes e água. Com isso, o lucro operacional do sistema com reuso é maior do que o do sistema sem reuso, e o retorno sobre o investimento de ambos os sistemas é semelhante.

Tabela 2. Consumo de fertilizantes dos tomateiros tipo *grape* em sistemas de cultivo com e sem o reuso da solução drenada (1.000 plantas, ciclo de 180 dias). Guaraciaba do Norte, CE, 2024.

Fertilizante	Sem reuso		Com reuso	
	Quantidade (kg)	Custo (R$)	Quantidade (kg)	Custo (R$)
Fosfato monopotássico MKP	29,0	627,34	44,9	969,47
Nitrato de cálcio	338,8	4.066,07	215,8	2.589,35
Fosfato monoamônico MAP	51,6	722,86	14,0	196,11
Nitrato de potássio	29,9	597,00	26,3	526,31
Sulfato de potássio	201,7	2.420,28	159,1	1.909,41
Sulfato de magnésio	201,7	2.178,25	143,2	1.546,11
Mix micronutrientes	12,0	1.067,23	10,5	945,64
Ferro quelatizado (6%)	8,1	1.498,27	7,2	1.328,39
Total	**872,9**	**13.177,29**	**620,9**	**10.000,78**

Tabela 3. Receitas, custos fixos e variáveis e retorno sobre o investimento para o tomate tipo *grape*, em sistemas de cultivo com e sem reuso da solução nutritiva (estufa com 2.500 m^2, 4.000 plantas, dois ciclos de 180 dias por ano). Guaraciaba do Norte, CE, 2024.

Sistema	Receita bruta* (R$)	Custo operacional (R$)	Depreciação anual (R$)	Lucro operacional (R$)	Investimento total			Retorno sobre o investimento total (%)
					Fixo	Capital de giro	Total	
Sem reuso	408.000,00	227.844,83	39.890,00	140.265,17	449.320,00	56.961,21	506.281,21	27,7%
Com reuso	408.000,00	202.415,37	48.897,00	156.687,63	521.376,00	50.603,84	571.979,84	27,4%

*Para ambos os sistemas, considerou-se uma produtividade média de 5,1 kg por planta (8,5 kg m^{-2}), de acordo com Miranda et al. (2023).

Considerações finais

O sistema de reuso da solução nutritiva mostrou-se tecnicamente e economicamente viável para o cultivo do tomate tipo *grape* em vaso com substrato na região da Ibiapaba, CE. Os principais problemas do cultivo com substrato em sistemas abertos (sem reuso) são o desperdício de água e de fertilizantes e a contaminação do solo ou dos aquíferos pelo descarte da solução nutritiva lixiviada, os quais foram solucionados com o reuso, sem prejuízos para a cultura em termos de produtividade e de fitossanidade. Além disso, o sistema de reuso mostrou-se funcional, com baixo custo de instalação, manutenção e operação.

Embora os sistemas com e sem o reuso da solução nutritiva apresentem rentabilidades econômicas semelhantes, quando considerados os investimentos e custos variáveis, o sistema com reuso apresenta vantagens importantes sobre o sistema sem reuso com relação à maior eficiência de uso da água e dos fertilizantes na produção do tomate. Ademais, a eliminação ou redução significativa do descarte de solução nutritiva drenada no solo tem impactos ambientais expressivos relacionados à redução da salinização do solo e da contaminação de aquíferos subterrâneos por nutrientes contidos na solução nutritiva.

Agradecimentos

Aos proprietários e funcionários da Estufa Timbaúba pela colaboração no desenvolvimento e na validação do sistema; e ao Programa Cientista-chefe em Agricultura do Governo do Estado do Ceará (Convênio 14/2022 SDE/Adece/Funcap – Processo 08126425/2020/Funcap) pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa.

Referências

BISSACOTTI, A. P.; LONDERO, P. M. G.; COSTABEBER, I. H. Tomate: botânica, produção, composição nutricional e benefícios à saúde. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, e26643, 2021 Disponível em: https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26643/ 14891. Acesso em: 27 mar. 2025.

EHRET, D.; ALSANIUS, B.; WOHANKA, W.; MENZIES, J.; UTKHEDE. R. Disinfestation of recirculating nutrient solutions in greenhouse horticulture. **Agronomie**, v. 21, n. 4, p. 323-339. 2001. Disponível em: https://hal.science/hal-00886118v1/document. Acesso em: 27 mar. 2025.

INCROCCI, L.; MASSA, D.; CARMASSI, G.; PULIZZI, R.; MAGGINI, R.; PARDOSSI, A.; BIBBIANI, C. SIMULHYDRO, a simple tool for predicting water use and water use efficiency in tomato closed-loop soilless cultivations. **ISHS Acta Horticulturae**, 801, 2007. Disponível em: https://www.actahort.org/books/801/801_119.htm. Acesso em: 27 mar.2025.

MARTINS, M. V. V.; MIRANDA, F. R.; MESQUITA, A. L. M. **Doenças do tomateiro sob cultivo protegido e em substrato de fibra de coco na Serra da Ibiapaba, Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 31). Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/883553. Acesso em: 02 out. 2024.

MESQUITA, A. L. M.; MIRANDA, F. R.; MARTINS, M. V. V. **Impacto do manejo integrado de pragas na redução do uso de agrotóxicos em cultivo protegido do tomateiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 176). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51477/1/COT11012.pdf. Acesso em: 02 out. 2024.

MIRANDA, F. R.; MESQUITA, A. L. M.; MARTINS, M. V. V.; FERNANDES, C. M.; EVANGELISTA, M. I. P.; SOUSA, A. A. P. **Produção de tomate em substrato de fibra de coco**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 33). Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/911301. Acesso em: 23 ago. 2024.

MIRANDA, F. R.; MESQUITA, A. L. M.; MAIA, C. W. C. P.; SOARES, J. V. S.; SILVA, J. G. **Cultivo protegido de tomate cereja, em substrato, na região da Ibiapaba, Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2023. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 51). Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1154534. Acesso em: 23 ago. 2024.

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Pernambuco, 2.270, Pici
60511-110 Fortaleza, CE
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *José Roberto Vieira Junior*

Secretária-executiva: *Celli Rodrigues Muniz*

Membros: *Afrânio Arley Teles Montenegro, Aline Saraiva Teixeira, Eveline de Castro Menezes, Francisco Nelsieudes Sombra Oliveira, Helenira Ellery Marinho Vasconcelos, Kirley Marques Canuto, Laura Maria Bruno, Marlon Vagner Valentim Martins, Pablo Busatto Figueiredo, Roselayne Ferro Furtado* e *Sandra Maria Morais Rodrigues*

Comunicado Técnico 292
ISSN 1679-6535
Junho, 2025

Edição executiva: *Celli Rodrigues Muniz*

Revisão de texto: *José Cesamildo Cruz Magalhães*

Normalização bibliográfica: *Rita de Cassia Costa Cid* (CRB-3/624)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *José Cesamildo Cruz Magalhães*

Publicação digital: PDF

Ministério da Agricultura e Pecuária

Todos os direitos reservados à Embrapa.

CGPE 19116