

Pelotas, RS / Novembro, 2024



## Cultivo do morangueiro em substrato com recirculação da solução drenada

Roberta Marins Nogueira Peil<sup>(1)</sup>, Josiele Garcia Dutra<sup>(2)</sup>, Carlos Augusto Posser Silveira<sup>(3)</sup> e Luís Eduardo Corrêa Antunes<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Professora, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. <sup>(2)</sup> Estudante de doutorado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. <sup>(3)</sup> Pesquisadores, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

### Introdução

A produção de morangos no Brasil apresenta grande relevância econômica, principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul (Delazeri et al., 2024) e Paraná. O cultivo do morangueiro em substrato (Figura 1) avançou de maneira expressiva na última década e se deu através da migração do sistema tradicional no solo (Figura 2) para sistemas de cultivo em substrato, elevados do solo, sob abrigos ou pequenos túneis (Figura 3).

Dessa forma, o cultivo do morangueiro em substrato é uma realidade produtiva presente em todas as zonas produtoras do país. Nas duas últimas décadas, houve uma expansão significativa do número de plantas cultivadas nesse sistema. Atualmente, em alguns municípios tradicionais produtores da fruta, no estado do Rio Grande do Sul, como Feliz, Pelotas e Bom Princípio, estima-se que entre 60 e 100% do total das plantas são cultivadas em substrato (Escritório Municipal da Emater Pelotas, informação pessoal).



Foto: Roberta Marins Nogueira Peil

**Figura 1.** Cultivo do morangueiro em substrato com recirculação da solução drenada.



Foto: José Ernani Schwengber

**Figura 2.** Sistema tradicional de produção de morangos no solo, em condições de campo.



**Figura 3.** Sistemas de cultivo do morangueiro em substrato sob ambiente protegido: em *slabs* no interior de abrigo (A) e em calhas sob pequenos túneis elevados (B).

Várias são as razões que têm levado à expansão da cultura do morangueiro em substrato, podendo-se citar como principais: a otimização da mão de obra, com maior conforto ergonômico para o trabalhador, devido à elevação da cultura acima do nível do solo; a diminuição da ocorrência de pragas e doenças, sobretudo de solo, e, conseqüentemente, do uso de agrotóxicos, em função do cultivo ser realizado em ambiente protegido e da eliminação do solo do ambiente radicular. Em relação à produção anual por planta, não existem diferenças marcantes entre os sistemas de cultivo no solo e em substrato, variando, habitualmente, entre 700 e 1.300 gramas por planta em ambos os sistemas. A produtividade depende mais da cultivar empregada, das condições climáticas do ano de cultivo e do adequado manejo da cultura do que do próprio sistema. No entanto, há um melhor aproveitamento da área de cultivo, pois o cultivo em substrato possibilita o plantio em altas densidades (6 a 12 plantas por metro quadrado), o que eleva a produtividade por unidade de área

cultivada para entre 60 e 90 Mg por hectare por ano, enquanto no cultivo no solo raramente ultrapassa 45 Mg/ha. Uma vantagem importante do cultivo em substrato é a possibilidade de manutenção da mesma planta, em condições fitossanitárias e produtivas adequadas, por pelo menos 2 anos consecutivos no sistema, enquanto, no cultivo no solo, a elevada incidência de pragas e doenças, praticamente, inviabiliza a permanência das plantas por mais de 1 ano de cultivo.

Além desses aspectos, o emprego de substratos no cultivo do morangueiro proporciona um destino nobre para resíduos agroindustriais abundantes, como a casca de arroz, a casca de pínus e a fibra do coco, que antes eram descartados, frequentemente, de forma inadequada nas regiões produtoras, configurando-se problemas ambientais. Concomitantemente, é uma atividade que vem originando outras atividades econômicas associadas, tais como empresas de fabricação de substrato, de soluções nutritivas concentradas, de assistência técnica especializada etc.

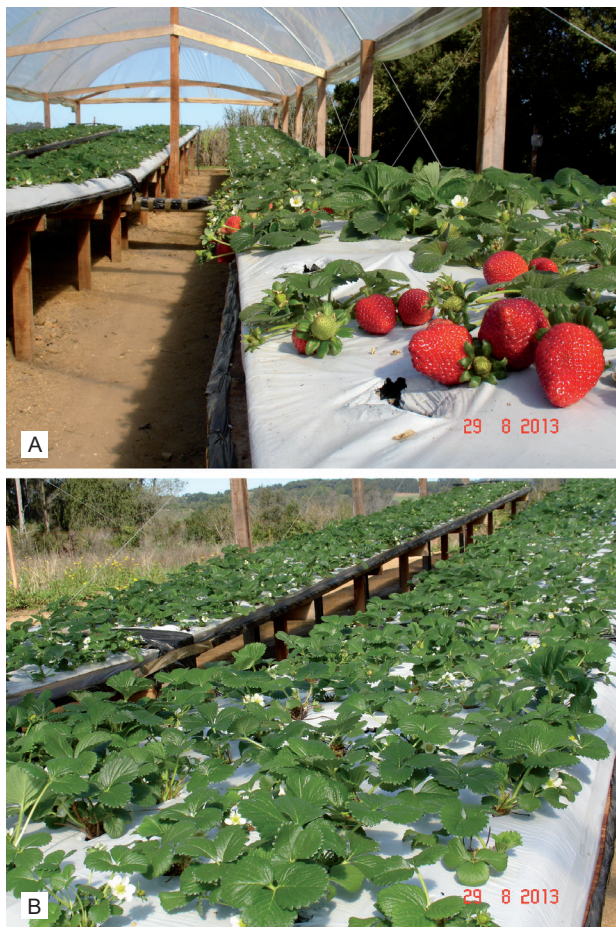
O cultivo em substrato, em conjunto com outros avanços tecnológicos, tais como a introdução e desenvolvimento de novas cultivares, principalmente de dias neutros, e o emprego de métodos de manejo de doenças e pragas mais eficientes e ecologicamente mais adequados, tem possibilitado o aumento da produção e da qualidade da fruta no Brasil.

No entanto, a produção de morangos em substrato se consolidou, principalmente, com o uso de recipientes de cultivo do tipo *slabs* (sacos plásticos tubulares de polietileno de baixa densidade, preenchidos com substrato, que comportam entre seis e dez plantas de morangueiro), dispostos sobre bancadas elevadas (Figura 3A).

O emprego de *slabs* representa custo elevado, pois têm baixa vida útil, exigindo a substituição a cada 4 anos, aproximadamente. Adicionalmente, a sua instalação e manutenção conferem baixa praticidade ao sistema, com elevada demanda de mão de obra.

Na busca por maior durabilidade, praticidade na montagem e no manejo do sistema, os agricultores vêm substituindo progressivamente o cultivo em *slabs* pelo cultivo em calhas (Figura 3B). No cultivo em calhas, o substrato é depositado diretamente no interior de um canal, destinado ao cultivo de um número elevado de plantas (Figura 4), o que, normalmente, resulta em menor custo de instalação por planta.

Fotos: Luis E. C. Antunes



**Figura 4.** Cultivo do morangueiro em calhas, em Turuçu, RS.

Não obstante, independentemente do recipiente de cultivo (*slabs* ou calhas), a grande maioria dos cultivos comerciais de morangueiro ainda é realizada em sistema “aberto”, isto é, com drenagem livre. A solução nutritiva drenada, excedente à capacidade máxima de retenção do substrato, é liberada diretamente no solo do ambiente de cultivo (Figura 5A). Estimativas baseadas nos dados de Andrezza (2024) indicam que o volume de solução drenada diariamente em um cultivo de morangueiro, com fração de drenagem de 30%, pode variar entre 30 e 160 mL por planta. Além do desperdício e da baixa eficiência no uso da água e dos fertilizantes, esse sistema traz consequências negativas para o meio ambiente, como a salinização do solo e a contaminação do lençol freático e de fontes de água. Além disso, provoca a formação de lama e facilita o crescimento de plantas espontâneas sob as bancadas de cultivo.

Nesse contexto, a região sul do Rio Grande do Sul foi pioneira no Brasil em relação ao desenvolvimento do sistema “fechado” (Figura 5B), ou seja, com recirculação da solução drenada (comumente denominada de “drenado” ou “lixiviado” do substrato)

para a produção de morangos, o que ocorreu por meio de pesquisas desenvolvidas na Universidade Federal de Pelotas e na Embrapa Clima Temperado, na primeira década deste século. Nesse sistema, a solução drenada pelo substrato é coletada e reutilizada.



Fotos: Roberta Marins Nogueira Peil

**Figura 5.** Cultivo do morangueiro em *slabs* com drenagem livre (A) e em calhas com coleta e recirculação da solução drenada (B).

Por meio de uma parceria estabelecida entre o Sr. Alvacir Neushrank, tradicional produtor familiar de morangos do município de Turuçu, RS, o Escritório Municipal da Emater Turuçu, a Universidade Federal de Pelotas e a Embrapa Clima Temperado, técnicas e conhecimentos desenvolvidos pela pesquisa foram adaptados para a produção comercial de morangos em sistema recirculante a partir de 2013.

Atualmente, o cultivo do morangueiro em calhas com substrato e recirculação da solução drenada é uma realidade para muitos produtores de morango da região sul do Rio Grande do Sul e começa a se expandir para as demais microrregiões produtoras do país. Segundo dados do Escritório Municipal da Emater Pelotas, aproximadamente 40% das plantas em substrato foram cultivadas em sistema fechado no município, no ano de 2023. Estima-se que essa representatividade seja semelhante em outros municípios produtores da fruta, na região sul do estado.

O descarte do drenado, no sistema fechado, é mínimo, podendo representar somente entre 10 e 20% do volume perdido nos sistemas abertos. O gasto de água e fertilizantes é significativamente reduzido, baixando para valores mínimos, de 15 a 30% do volume despendido no sistema aberto.

Contudo, a adoção do sistema fechado exige adequações que vão muito além de simplesmente dispor de uma estrutura de coleta e condução do drenado para o reservatório. Considerando-se que a reutilização do drenado traz consigo maiores riscos de salinização do substrato, há a necessidade de remodelar o sistema quanto ao tipo de substrato e ao manejo da solução nutritiva.

Assim, o conteúdo desta publicação objetiva expor aspectos técnicos relacionados ao sistema de calhas com recirculação da solução drenada para a cultura do morangueiro, abordando as suas principais características, relacionadas às estruturas de cultivo e às medidas de manejo adequadas, e, por último, traçando um paralelo desse com os sistemas abertos. Além de ter como base resultados oriundos da pesquisa, parte significativa das informações contidas nesta Circular se refere a técnicas e manejos aprimorados no dia a dia, advindos de conhecimento empírico e da vivência prática dos autores e de produtores consultados.

## Estruturas de cultivo para a produção em sistema com recirculação da solução drenada

A estrutura de ambiente protegido (estufa agrícola, abrigo ou pequenos túneis elevados) independe

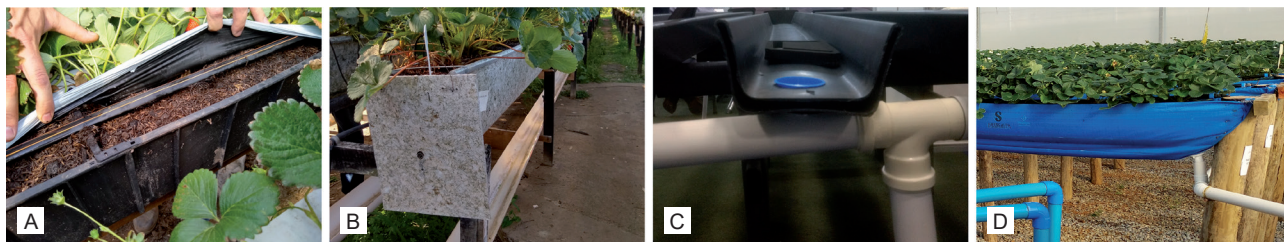
do sistema de cultivo em substrato, ou seja, pode ser utilizada tanto para o sistema aberto como para o fechado.

Com relação às estruturas próprias do sistema de cultivo, a principal modificação, em relação ao sistema aberto, é a presença de uma rede de coleta e condução da solução drenada até o reservatório de solução nutritiva. É possível realizar o fechamento dos diferentes tipos de cultivo em substrato, seja com *slabs* ou calhas. Porém, o fechamento dos sistemas de *slabs* é bastante oneroso, exigindo canais de coleta e de condução do lixiviado sob os recipientes. Além disso, do ponto de vista prático, há grandes dificuldades para ser adotado em áreas de cultivo comercial mais extensas. Já no cultivo em calhas, bastaria proporcionar declividade às calhas (não perfuradas) e, na extremidade de cota mais baixa, incluir um sistema de captação e de condução do drenado até o reservatório de solução nutritiva (Figura 6).

Atualmente, existe no mercado uma ampla variedade de calhas industrializadas, cujos materiais de fabricação variam entre polietileno rígido (Figura 7A), PVC, material reciclado de embalagens do tipo longa-vida, conhecidas como calhas “ecológicas” (Figura 7B) e poliestireno expandido. Os diferentes tipos podem ser adaptados para o cultivo com coleta e reutilização da solução drenada. Inclusive, há alguns anos, já estão disponíveis no mercado calhas industrializadas de polietileno rígido (Figura 7C) ou prolipropileno (Figura 7D), próprias para o cultivo com recirculação do drenado, as quais apresentam, internamente, duas camadas: uma superior, para deposição do substrato, e uma inferior, para drenagem e condução do lixiviado.



**Figura 6.** Vista geral do cultivo do morangueiro em calhas com recirculação da solução drenada: conjunto de calhas de madeira com declividade (A); rede de coleta da solução drenada no ponto de cota mais baixa (B); retorno do drenado ao reservatório de solução nutritiva (C).



Fotos: Roberta Martins Nogueira Peil

**Figura 7.** Calhas industrializadas: polietileno rígido (A); ecológicas (B); e próprias para sistemas com coleta do drenado (C e D).

Além das calhas industrializadas, a necessidade de redução de custos e a criatividade dos agricultores têm possibilitado a construção das calhas na propriedade agrícola a partir de materiais de menor custo e/ou com maior vida útil, como madeira, telhas de fibrocimento (Figura 8A), filmes plásticos (Figura 8B) e tecido de poliéster (Figura 8C), desenvolvido, originalmente, para a rebobinagem de motores industriais.

O emprego de calhas de madeira internamente impermeabilizadas com filme plástico (Figura 9) tem

as vantagens de apresentar elevada resistência física, longa vida útil e baixo custo para os produtores que contam com madeira disponível na propriedade. Sobre a calha preenchida com substrato, é instalado um filme plástico dupla face com o lado refletor voltado para cima (Figura 9). Na extremidade inferior da calha, é fundamental incluir um material do tipo tela antimosquito (importante que seja não metálico) ou similar (Figura 9), que permita a drenagem da solução, mas que impeça, ao mesmo tempo, a perda do substrato.



Fotos: Roberta Martins Nogueira Peil

**Figura 8.** Calha de telha de fibrocimento (A); de filme de polietileno flexível (B); e de tecido de poliéster (C).



Fotos: Josiele Garcia Dutra

**Figura 9.** Calha de madeira coberta por filme plástico dupla face branco-preto, parcialmente descoberta para visualização da impermeabilização interna com filme plástico preto, do substrato de casca de arroz carbonizada e da tela antimosquito na extremidade inferior.

Em sistema fechado, é fundamental que seja aplicada significativa declividade às calhas (3 a 5%). A declividade é necessária para forçar o escoamento da solução nutritiva até a estrutura de coleta do drenado, localizada na extremidade de menor cota das calhas (Figura 10A e 10C). A rede de condução da solução drenada pode estar acima do solo (Figura 10B). No entanto, é aconselhável que a condução seja subterrânea (Figura 10D), principalmente em áreas de cultivo mais extensas, pois desta forma há maior facilidade para o deslocamento de pessoas e equipamentos e ocorre menor aquecimento da solução de retorno.



**Figura 10.** Ponto de coleta (A e C) e condução do drenagem em rede acima do solo (A e B) e subterrânea (C e D).

Para facilitar o manejo, recomenda-se que as calhas sejam dispostas em fileiras duplas, sobre suportes elevados do solo em 1,0–1,2 m de altura na extremidade superior das bancadas. Considerando como padrão as calhas de madeira, uma boa relação entre o aproveitamento das tábuas e as respostas das plantas é obtida com o uso de calhas com as dimensões de 0,20 m de largura e 0,15 m de altura, com distância interna entre calhas de 0,15 m e caminhos entre bancadas de 0,70 m (Figura 11).



**Figura 11.** Dimensões e disposição das calhas de madeira em fileiras duplas para a cultura do morangueiro.

Embora o plantio em duas fileiras de plantas por calha ainda seja adotado por muitos produtores, nos últimos anos, em função das dificuldades para o manejo fitossanitário em cultivos mais adensados e o custo elevado das mudas, têm-se preconizado o plantio em fileira simples, com a redução da população de plantas. Assim, considerando-se o plantio em fileiras simples dentro da calha e o espaçamento entre plantas de 0,15 a 0,20 m, a densidade usual é de 10 a 8 plantas por metro quadrado, respectivamente. Assim, uma estufa ou abrigo de 5 x 30 m comporta entre 1.200 e 1.500 plantas.

Outro ponto importante a levar em consideração é o comprimento máximo de 15 m para as calhas. Essa recomendação é importante, principalmente, para as calhas simples, que não dispõem de camada interna, própria para a coleta do drenado. Calhas muito longas (com mais de 15 m) podem resultar em dificuldades de disposição na área de cultivo. Além disso, a desuniformidade do teor de umidade do substrato ao longo da calha pode ser um problema. É comum, na extremidade mais alta da calha, a umidade do substrato permanecer aquém do necessário, enquanto na extremidade mais baixa, ocorrer saturação de umidade no substrato, o que pode ocasionar distúrbios nutricionais (Figura 12), como o déficit de alguns elementos nutrientes, a exemplo do nitrogênio, e o excesso de outros, como o manganês (Tabela 1).

Foto: Roberta Martins Nogueira Peil



**Figura 12.** Plantas de morangueiro na extremidade final da calha de cultivo com sintomas de distúrbios nutricionais em função do excesso de umidade do substrato.

**Tabela 1.** Teores de macro e micronutrientes foliares de amostras de plantas de morangueiro cultivar San Andreas, coletadas em diferentes posições da calha de cultivo em sistema com recirculação da solução nutritiva.

Nutrientes	Posição <sup>(1)</sup> de coleta da amostra em relação à extensão da calha		
	Superior	Meio	Inferior
<b>Macronutrientes (%)</b>			
N	2,30	1,86	0,84
P	0,53	0,52	0,54
K	2,84	2,93	2,85
Ca	0,90	0,72	1,21
Mg	0,30	0,28	0,24
<b>Micronutrientes (mg/kg)</b>			
B	56	56	70
Cu	3	3	2
Fe	70	62	73
Mn	286	252	432
Zn	20	13	12

<sup>(1)</sup> Superior, meio e inferior: amostras coletadas, respectivamente, no primeiro metro, na metade e no último metro de uma calha com 15 m de comprimento, com declividade de 4%. Fonte: Peil et al. (2021).

Para minimizar esse problema, além da limitação do comprimento da calha e do posicionamento das calhas com a declividade adequada, deve-se dar preferência ao emprego de substratos que não apresentem elevada retenção de água e realizar o manejo adequado quanto à frequência do fornecimento de solução nutritiva.

Já nas calhas que contam com camada interna de coleta do drenado (Figura 7C e 7D), o problema de umidade desuniforme do substrato ao longo do comprimento é minimizado. Nesse caso, o comprimento da calha pode ser superior a 15 m, a declividade pode ser menor que 4% e pode-se usar substratos com maior retenção de umidade.

### Substrato para o cultivo do morangueiro em sistema com recirculação da solução drenada

Uma das limitações do cultivo com recirculação da solução drenada é a possibilidade de salinização do sistema. Para minimizar esse risco, recomenda-se o uso de substratos com baixa atividade química, ou seja, com baixa capacidade de troca de cátions (CTC).

A pesquisa e a experiência prática de produtores no cultivo do morangueiro em sistema com recirculação da solução drenada na região Sul do Rio Grande do Sul vêm demonstrando resultados satisfatórios com o emprego da casca de arroz carbonizada (CAC) pura (Figura 13), como substrato.

Foto: Roberta Martins Nogueira Peil



**Figura 13.** Casca de arroz carbonizada, empregada como substrato para o cultivo do morangueiro em sistema com recirculação da solução drenada.

É um material que apresenta as seguintes características desejáveis como matéria-prima para substrato: baixas CTC ( $25 \text{ mmolc/dm}^3$ ) (Bellé; Kämpf, 1994) e condutividade elétrica ( $\text{CE} = 0,08$  a  $0,20$

$\text{dS/m}$ ) (Rosa, 2015, 2021; Marques, 2016; Höhn et al., 2018; Neutzling, 2022), boa estabilidade física, elevada disponibilidade e baixo custo no Rio Grande do Sul. Adicionalmente, tem porosidade total adequada, entre 70 e 90% (Bellé; Kämpf, 1994; Höhn et al., 2018; Rosa, 2021; Neutzling, 2022). Porém, quando nova, apresenta o pH, normalmente, acima de 6,5 (Bellé; Kämpf, 1994), podendo apresentar valores próximos a 8,0 (Rosa, 2015, 2021; Marques, 2016).

Além disso, a CAC tem relativamente baixa capacidade de retenção de água, entre 20 e 55% (Rosa, 2015, 2021; Marques, 2016; Höhn et al., 2018; Neutzling, 2022), o que reduz as chances de acúmulo de umidade na extremidade inferior da calha. Por outro lado, a CAC pode trazer problemas de déficit hídrico na porção superior da calha, principalmente em seu primeiro ano de uso. Para produtores que já vêm trabalhando no cultivo em substrato, uma prática recomendada na formulação do substrato é misturar 30% de CAC com quatro anos de uso à CAC nova. Isso garantirá maior capacidade de retenção de água ao novo substrato, diminuindo os possíveis problemas de déficit hídrico e de desuniformidade de umidade ao longo da calha.

Outro fator a ser levado em consideração diz respeito à altura da camada de substrato na calha, que pode ser limitada a 0,12–0,15 m. Tratando-se de substratos, como a CAC, nos quais a capacidade de retenção de água diminui significativamente conforme aumenta a altura da camada, a solução nutritiva logo após a aplicação, rapidamente, escoava para a base do substrato, sendo que o desenvolvimento das raízes se restringe à camada úmida. Alturas maiores de substrato não trazem benefícios à cultura, além de representarem maior dispêndio de material.

Resultados de pesquisa (Portela, 2015; Signorini, 2020; Neutzling, 2022) indicam que o uso da casca de arroz crua, isoladamente, como substrato para o morangueiro não tem propiciado rendimentos compatíveis aos obtidos com a CAC, o que pode ser atribuído à dificuldade do sistema radicular do morangueiro colonizar um substrato com baixíssima capacidade de retenção de água, como é o caso da casca crua.

A adição de composto orgânico à CAC não promove ganhos em produção (Marques et al., 2024). Além disso, no caso da maioria dos compostos orgânicos comerciais disponíveis no mercado, que são alcalinos, pode dificultar o manejo do pH do sistema com recirculação (Marques et al., 2020). No entanto, a presença de composto orgânico ou de turfa no substrato, na proporção de 20%, garante



maior reserva hídrica ao sistema em épocas de temperaturas muito elevadas.

Cabe destacar que não existe substrato cujo emprego seja proibido no sistema fechado. A adoção de um material com maiores CTC e capacidade de retenção de água do que a CAC exigirá adequações no manejo do sistema, principalmente no que se refere à frequência de fornecimento de solução nutritiva e de lavagem do substrato, assim como, ao manejo do pH da solução.

## Solução nutritiva: parâmetros de ajuste, formulação e manejo em sistema com recirculação do drenado

### • Condutividade elétrica (CE), pH e formulação da solução nutritiva

Uma solução nutritiva é caracterizada pela proporção entre os nutrientes, pela concentração total de íons (“sais”), que é medida pela CE, e pelo pH.

A faixa de CE indicada para a cultura do morangueiro em substrato situa-se entre 1,0 e 1,8 dS/m (Moraes; Furlani, 1999; Giménez et al., 2008; Andriolo et al., 2009; Portela et al., 2012).

Com respeito ao pH do meio radicular, o morangueiro adapta-se bem à faixa usual de 5,0 a 6,2, considerada ótima para o cultivo em substrato da maioria das espécies vegetais.

Não há distinção entre soluções nutritivas básicas empregadas para a cultura do morangueiro em

sistema aberto ou fechado. As diferenças ocorrerão durante o manejo, pois a baixa CTC da CAC facilita alterações no comportamento do pH, principalmente, no primeiro ano de uso do substrato. Além disso, uma vez que o drenado retorna ao tanque de armazenamento, os íons não absorvidos pelas plantas podem se acumular, devendo-se ter bastante cuidado para evitar a salinização do substrato.

A Tabela 2 traz a composição básica de duas soluções nutritivas usadas com bons resultados para a cultura do morangueiro em sistema fechado. A primeira é recomendada para a fase denominada vegetativa, que abrange, aproximadamente, os primeiros 50 dias a partir do plantio das mudas, voltando a ser empregada a partir do segundo ano, no período seguinte à poda de renovação (realizada entre fevereiro e março) até o início do florescimento/frutificação. A segunda é denominada de solução de frutificação e deve ser empregada a partir do início do florescimento pleno e durante o período de crescimento e colheita das frutas.

As soluções descritas na Tabela 2 apresentam as seguintes concentrações (em mg/L) de macroelementos:

- 1) Fase vegetativa:** 92 de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 20 de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 47 de P, 199 de K, 88 de Ca, 37 de Mg e 93 de S.
- 2) Fase de frutificação:** 140 de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 11 de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 39 de P, 239 de K, 1116 de Ca, 44 de Mg e 80 de S.

**Tabela 2.** Concentração de macro e micronutrientes, condutividade elétrica e pH das soluções nutritivas recomendadas para duas fases do ciclo produtivo da cultura do morangueiro em substrato.

	Fases do ciclo produtivo	
	Vegetativa <sup>(1)</sup>	Frutificação <sup>(2)</sup>
<b>Macronutrientes (mmol/L)</b>		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,60	10,0
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1,50	1,25
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,90	2,50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,40	0,75
K <sup>+</sup>	5,10	6,10
Ca <sup>2+</sup>	2,20	2,90
Mg <sup>2+</sup>	1,50	1,80
<b>Micronutrientes (mg/L)</b>		
Fe	1,10	
Mn	0,60	

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

	Fases do ciclo produtivo	
	Vegetativa <sup>(1)</sup>	Frutificação <sup>(2)</sup>
<b>Micronutrientes (mg/L)</b>		
Zn		0,45
B		0,30
Cu		0,05
Mo		0,05
Condutividade elétrica (dS/m)	1,3–1,4	1,4–1,8
pH (drenado)	5,0–6,2	

<sup>(1)</sup> No primeiro ano de cultivo, empregar até, aproximadamente, 50 dias após o plantio das mudas; e, a partir do segundo ano, no período seguinte à poda de renovação (realizada entre fevereiro e março) até o início do florescimento/frutificação.

<sup>(2)</sup> Empregada a partir do início do florescimento pleno e durante o período de crescimento e colheita das frutas.

A Tabela 3 traz as quantidades de fertilizantes a serem usadas em 1.000 L de água para atender as concentrações de íons macronutrientes descritas

na Tabela 2, em função do pH da solução drenada pelo substrato.

**Tabela 3.** Quantidades de fertilizantes fontes de macronutrientes (em gramas) a serem dissolvidos em 1.000 L de água para o preparo das soluções nutritivas recomendadas para duas fases do ciclo produtivo do morangueiro cultivado com recirculação da solução drenada e indicadas para três condições de pH.

Fonte de nutriente	Fases do ciclo produtivo	
	Vegetativa <sup>(1)</sup>	Frutificação <sup>(2)</sup>
<b>Solução “original”</b>		
<b>pH do drenado = 5,0–6,2</b>		
Nitrato de cálcio	475	630
Sulfato de magnésio	370	450
Sulfato de potássio	240	120
Nitrato de potássio	180	360
MAP (fosfato monoamônio)	115	20
MKP (fosfato monopotássico)	70	150
<b>Solução “ácida”</b>		
<b>pH do drenado &gt; 6,2</b>		
Nitrato de cálcio	475	630
Sulfato de magnésio	370	450
Sulfato de potássio	290	210
Nitrato de potássio	180	360
MAP (fosfato monoamônio)	85	20
Ácido fosfórico <sup>(3)</sup>	50	75

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

Fonte de nutriente	Fases do ciclo produtivo	
	Vegetativa <sup>(1)</sup>	Frutificação <sup>(2)</sup>
<b>Solução “básica”</b>	<b>pH do drenado &lt; 5,0</b>	
Nitrato de cálcio	475	630
Sulfato de magnésio	370	450
Sulfato de potássio	160	100
Nitrato de potássio	180	360
MKP (fosfato monopotássico)	205	180

<sup>(1)</sup> No primeiro ano de cultivo, empregar até, aproximadamente, 50 dias após o plantio das mudas; e, a partir do segundo ano, no período seguinte à poda de renovação (realizada entre fevereiro e março) até o início do florescimento/frutificação.

<sup>(2)</sup> Empregada a partir do início do florescimento pleno e durante o período de crescimento e colheita das frutas; <sup>3</sup> mL/ 1.000 L; Concentração= 0,85; Densidade: 1,7.

Em relação às fontes de micronutrientes, estão disponíveis no mercado fórmulas prontas, na forma sólida, para essa finalidade. Apesar de representarem uma maneira prática de adicionar os micronutrientes à solução nutritiva, as concentrações presentes nessas fórmulas, na maioria das vezes, não atendem as relações entre micronutrientes adequadas para a cultura do morangueiro. A forma mais segura (também econômica) para respeitar as concentrações de micronutrientes indicadas na Tabela 2 é por meio do preparo de uma solução estoque concentrada contendo os produtos P.A. (“puro para análise”), nas quantidades indicadas

na Tabela 4, com exceção do ferro quelatizado. A solução estoque de micronutrientes deve ser armazenada em recipiente plástico ou de vidro, na ausência de luz.

O ferro quelatizado deve ser adicionado diretamente no reservatório, no momento do preparo da solução nutritiva. A forma de ferro quelatizado mais comumente encontrada no mercado de fertilizantes é o Fe-EDDHA, com 6% de ferro. Porém, existem outras formulações e concentrações disponíveis, as quais devem ser levadas em conta no cálculo da solução nutritiva, caso se opte por elas.

**Tabela 4.** Quantidades de produtos P.A., fontes de micronutrientes, a serem dissolvidos em 10 L de água no preparo de uma solução estoque 2.000 vezes concentrada<sup>(1)</sup> e concentração final dos micronutrientes na solução nutritiva para o cultivo do morangueiro em substrato.

Produto P.A.	Quantidade para solução estoque 2.000 vezes concentrada <sup>(1)</sup> (g/ 10 L)	Concentração na solução nutritiva (g/ 1.000 L)
Sulfato de manganês	37,0	1,85
Sulfato de zinco	40,0	2,0
Sulfato de cobre	4,0	0,2
Ácido bórico	34,4	1,72
Molibdato de sódio	2,6	0,13

<sup>(1)</sup> Adicionar 0,5 L da solução estoque de micronutrientes + 18 g de ferro quelatizado (Fe-EDDHA 6%) para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva.

- **Manejo em sistema com recirculação do drenado**

#### **Frequência de fornecimento de solução nutritiva**

Em sistemas fechados, em geral, todas as irrigações são realizadas com solução nutritiva. Não é recomendada a intercalação diária com o fornecimento de água pura, uma vez que isso compromete a manutenção das características de CE e pH do lixiviado, o que poderá inviabilizar o aproveitamento no sistema. A exceção refere-se a situações eventuais, principalmente relacionadas a condições de elevada radiação solar e temperatura dos meses mais quentes do ano, quando poderá ser necessária a lavagem com água pura para baixar a CE do substrato.

Devido à baixa retenção de água da CAC, a frequência de fornecimento da solução nutritiva deve ser elevada. Uma prática adotada de forma empírica, em condições de dias ensolarados, no primeiro ano de uso da CAC, é o fornecimento de solução nutritiva a cada 3 horas, em pulsos de 8 minutos para gotejadores com vazão de 1,35 L/h, espaçados em 0,10 m, o que resulta em 8 pulsos diários.

Ainda que a baixa retenção de água da CAC nova dificulte a ocorrência de problemas de excesso de umidade no substrato, deve-se atentar que a frequência e o volume de solução fornecida devem ser adequados, em função das condições meteorológicas e de crescimento da cultura. Isto é, em dias chuvosos, nublados ou com temperaturas muito baixas, deve-se evitar o fornecimento de solução nutritiva. Para plantas pequenas, logo após o plantio ou a poda de limpeza (ao final de cada ciclo produtivo), deve-se diminuir o volume fornecido, por meio da redução da duração dos pulsos e/ou do número de pulsos diários.

Outro fator a ser considerado é a degradação do substrato com o tempo de uso, o que leva a maior retenção de água, exigindo a redução do fornecimento da solução nutritiva, sob pena de se causar problemas às plantas, devido ao excesso de umidade. Isso já é bastante perceptível a partir do início do segundo ano de uso do substrato.

#### **Monitoramento da condutividade elétrica (CE) e do pH do sistema**

Assim como nos sistemas abertos, inicialmente, a solução nutritiva é composta com base nos princípios do equilíbrio eletroquímico (Tabela 2).

No entanto, dois fatores principais causam alterações na composição da solução nutritiva ao entrar em contato com o meio radicular. O primeiro deles é a absorção diferenciada de íons nutrientes pelo sistema radicular, a qual depende do estágio de crescimento e desenvolvimento das plantas e está fortemente associada às condições meteorológicas da época de cultivo. Associada a essa, tem-se a influência das características do substrato, as quais interagem com a solução, alterando as suas características, principalmente a CE e o pH. Dessa maneira, é de se esperar que a solução nutritiva drenada por um substrato apresente composição e características muito distintas daquelas da solução formulada inicialmente para a cultura. As alterações na solução drenada terão menor impacto na solução armazenada no reservatório, quanto maior for a relação volume do reservatório/número de plantas. Nas condições de produção comercial, a relação 1 L de solução/planta de morangueiro tem se mostrado adequada do ponto de vista de manejo do sistema fechado.

Ainda assim, a reutilização da solução drenada pelo substrato pode trazer como consequências a salinização e fortes alterações no comportamento do pH do sistema. Como medidas para se evitar a salinização e problemas de alcalinidade ou acidez, recomenda-se o monitoramento e controle mais frequente da CE e do pH, principalmente no primeiro ano de uso do substrato e em épocas de elevada radiação solar e temperatura.

O 'método do lixiviado' ou *pour through*, descrito por Fermio (2014), para monitorar a solução em contato com o sistema radicular das plantas e, assim, inferir sobre os valores de CE e de pH da solução presente no substrato, foi facilmente adaptado ao cultivo em sistema com recirculação da solução drenada. Após o primeiro pulso de fornecimento de solução nutritiva do dia, coleta-se no ponto de retorno, antes do seu contato com a solução armazenada no reservatório, a amostra da solução drenada pelo substrato (Figura 14A). Tal amostra drenada apresenta elevada correlação comprovada com as leituras de CE e pH da solução extraída diretamente do substrato com o emprego de extrator (Marques et al., 2020).

A tomada de decisão sobre a necessidade de correção da CE e do pH ocorrerá com base na leitura feita, respectivamente, em condutivímetro e pegômetro portáteis (Figura 14B) e na interpretação dos valores (Tabela 5).



Foto: Gabriel Nachtigall Marques

Foto: Josiele Garcia Dutra

**Figura 14.** Coleta de amostra da solução drenada de um sistema de cultivo em substrato com recirculação do lixiviado (A); peagômetro e condutivímetro portáteis (B).

## Manejo da condutividade elétrica (CE)

O principal parâmetro de controle e referência para definir a necessidade de lavagem do substrato ou de diluição da solução nutritiva, bem como de aporte de nova solução, é a CE do drenado. O morangueiro é considerado uma planta sensível à salinidade (Andriolo et al., 2009; Portela et al., 2012). Portanto, deve-se atentar para não ultrapassar os valores máximos de CE recomendados para a cultura (1,4 a 1,8 dS/m). Por outro lado, valores de CE abaixo de 1,0 dS/m podem causar deficiência de nutrientes minerais às plantas. Na Tabela 5, são apresentadas as interpretações de valores de CE medidos na solução nutritiva drenada de um substrato cultivado com morangueiro (adaptadas de Andriolo (2002)), seguidas de suas respectivas indicações de manejo.

**Tabela 5.** Interpretação e manejo para correção da condutividade elétrica (CE) medida na solução drenada de uma cultura de morangueiro em substrato.

CE do drenado (d/Sm)	Interpretação	Manejo
Superior a 1,8	Salinidade	Adicionar água pura à solução do reservatório até baixar a CE para a faixa adequada ou irrigar somente com água.
1,4 a 1,6 (faixa de tolerância: 1,0 a 1,8)	Adequada	Repor o volume de solução nutritiva no reservatório para o atendimento das necessidades hídricas das plantas.
Abaixo de 1,0	Deficiência nutricional	Adicionar soluções estoques concentradas para elevar a CE da solução no reservatório.

Fonte: Adaptado de Andriolo (2002).

Embora seja um sistema fechado, para evitar problemas de salinização, é necessária a lavagem eventual do substrato. A principal lavagem do substrato deve ser realizada com água pura, alguns dias antes do plantio das mudas, no início do primeiro ciclo de cultivo no substrato. O processo da lavagem inicial deve começar com a saturação do substrato e posterior permanência nessa condição por aproximadamente 24 horas. A abertura da extremidade inferior da calha e a drenagem devem ser realizadas somente após esse período.

Na sequência, inicia-se a irrigação com água pura para retirada de impurezas e das partículas muito finas (fração “pó”) que, porventura, tenham se originado durante o processo de carbonização da casca de arroz. Todo o volume lixiviado nesse processo de preparo do substrato deve ser descartado. O plantio somente poderá ocorrer quando a CE do drenado for inferior a 0,7 dS/m, uma vez

que as mudas são bastante sensíveis à salinidade, podendo haver morte de plantas em valores de CE superiores.

Após o plantio, durante os primeiros 30 dias, aproximadamente, recomenda-se o emprego da solução nutritiva para a fase vegetativa (Tabela 3), com CE reduzida para valores de 0,6 a 0,7 dS/m. Na sequência, pode-se passar a fornecer soluções nutritivas com aumento gradativo da CE, até alcançar o valor de 1,4 dS/m no drenado, a qual é mantida até, aproximadamente, os 50 dias após o plantio.

Na fase posterior, de florescimento, frutificação e até o final da colheita, deve-se optar pela solução nutritiva de frutificação (Tabela 3), sendo mantida até fevereiro ou março do ano seguinte, quando se faz a poda de limpeza e renovação, para iniciar novo ciclo produtivo. Durante o primeiro mês após a poda de renovação, volta-se a usar a solução nutritiva para a fase vegetativa.

Durante o transcorrer do ciclo de cultivo, recomenda-se proceder a lavagens esporádicas do substrato e reposição total de solução nutritiva nova a cada 25–30 dias. Para evitar descarte em excesso, preconiza-se fazer com que a lavagem e reposição coincidam com o momento em que haja a presença de um volume mínimo de solução no fundo do reservatório, o qual será descartado. Na ocasião, fornece-se água pura, até que a CE do drenado atinja valores inferiores a 1,0 dS/m, sendo descartado o lixiviado originado desse process. Na sequência, volta-se a fornecer nova solução nutritiva.

Frequentemente, durante as épocas de maior radiação solar e temperatura (primavera/verão), em função do elevado consumo de água, haverá a necessidade de repor o volume total de solução

nutritiva do reservatório a cada dois ou três dias. Também, nessa condição, é comum ocorrer a elevação da CE da solução drenada, o que indica a possível salinização do substrato, com a necessidade de promover a diluição e a conseqüente diminuição da CE da solução armazenada no reservatório. Porém, isso não implicará, necessariamente, a necessidade de lavagem do substrato com água pura exatamente na mesma frequência da reposição da solução nutritiva.

Ainda que seja possível realizar o manejo contando somente com um tanque reservatório, muitos agricultores utilizam dois tanques conectados ao sistema (Figura 15): um contendo a solução nutritiva e outro contendo água pura, para, eventualmente, promover a lavagem do substrato.

Fotos: Luis Eduardo Corrêa Antunes



**Figura 15.** Tanques reservatórios de solução nutritiva e de água.

Muito raramente, em épocas de alta nebulosidade e baixas temperaturas, poderá ocorrer absorção ativa de macronutrientes, que leve à diminuição da CE da solução no substrato em contato com as raízes, exigindo o aporte de soluções concentradas de macronutrientes no reservatório para elevação da CE. Essa é uma situação bastante rara, mas que exige atenção e medidas de correção. Nessa condição, para maior facilidade e precisão da correção da solução nutritiva, recomenda-se trabalhar com os fertilizantes previamente diluídos em soluções estoques concentradas. São indicados dois recipientes para o preparo e armazenamento das soluções estoque de macronutrientes: 1) Solução A: somente com nitrato de cálcio; 2) Solução B: todos os demais macronutrientes. Normalmente, uma concentração adequada para as soluções estoques

de macronutrientes é de 100 vezes. Para obtê-las, basta dissolver as quantidades de fertilizantes macronutrientes citadas na Tabela 3 em 10 L de água (excetuando-se o ácido fosfórico, o qual deve ser adicionado no momento da correção da CE) e, logo, utilizar alíquotas de ambas as soluções estoques para atingir a CE almejada. As soluções estoques concentradas de macronutrientes, a exemplo da solução estoque de micronutrientes, devem ser armazenadas em recipientes de plástico ou de vidro e na ausência de luz.

Nesse caso, o condutímetro é a ferramenta fundamental para a tomada de decisão de como proceder em relação à reposição, pois a CE é o parâmetro balizador dos volumes de soluções estoques a serem adicionados. Quando houver a necessidade de elevar a CE, devem ser adicionados

volumes iguais das duas soluções estoques de macronutrientes (A e B) ao reservatório, até que a CE almejada para a solução nutritiva seja atingida. Após, adiciona-se o ácido fosfórico, quando necessário, ou seja, quando se estiver empregando a solução “ácida” (Tabela 3). Nessa situação específica, para cada 1 L adicionado de cada uma das soluções A e B ao reservatório, deve-se incluir entre 5,0 e 7,5 mL de ácido fosfórico. Ao final, adiciona-se a quantidade de 50 mL da solução estoque de micronutrientes (Tabela 4) e 1,8 g de ferro Eddha (6%) para cada 1 L utilizado das soluções A e B.

Embora a composição mineral do lixiviado drenado altere, gradativamente, o equilíbrio da solução do reservatório, ao se repor os nutrientes por meio das soluções estoques, ocorrerá o restabelecimento do equilíbrio novamente.

## Manejo do pH

Conforme exposto acima, existe uma seleção de fertilizantes indicados em determinadas quantidades (solução “original”; Tabela 3) para compor a solução nutritiva na situação em que o pH do drenado se encontra na faixa de 5,0 a 6,2, considerada adequada para o bom desenvolvimento do morangueiro no cultivo em substrato. Porém, o emprego de um substrato com as características de elevado pH inicial e reduzida CTC, como é a CAC pura, resulta em variações expressivas do comportamento do pH do drenado ao longo do tempo de cultivo. Isso é especialmente notável no primeiro ano de uso do substrato e exigirá a adequação dos fertilizantes para compor a solução nutritiva.

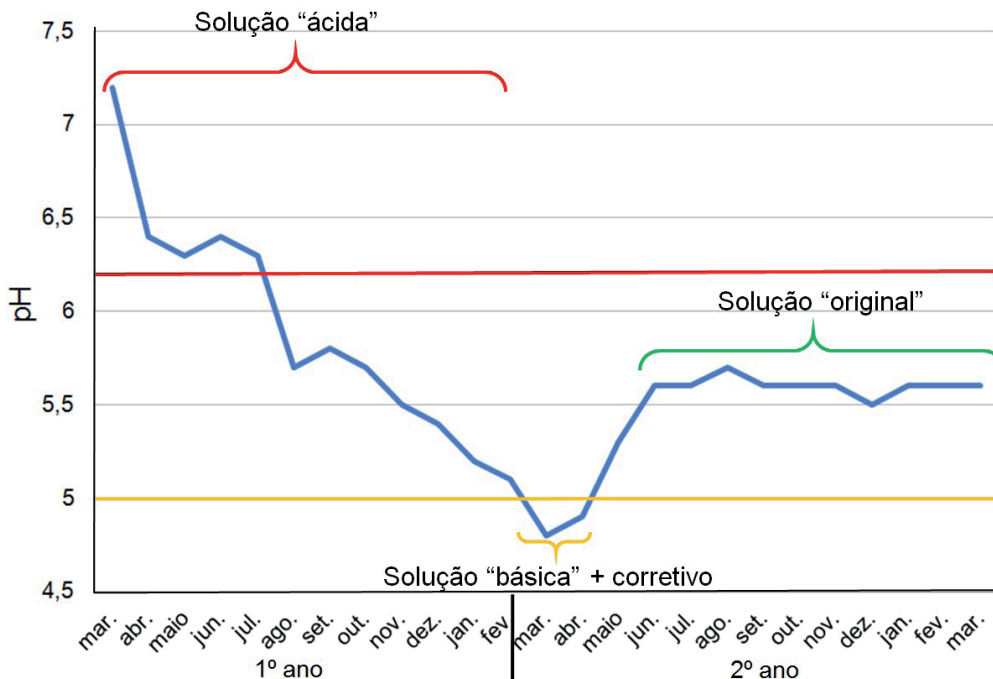
A Figura 16 mostra a variação do pH do drenado ao longo dos 2 primeiros anos de uso da casca de arroz carbonizada em um sistema fechado. A Figura 17 ilustra as ações a serem tomadas para a correção do pH, quando se fizer necessário.

Em função do elevado pH inicial da CAC, associado à própria absorção radicular do íon nitrato, que aumenta com a evolução do crescimento da cultura, nos primeiros 9-10 meses de cultivo (entre março e janeiro do primeiro ano de uso da CAC), é comum que ocorra a elevação do pH da solução no meio radicular para valores superiores a 6,2.

Nesse período, é indicado substituir a totalidade do MKP e parte do MAP da solução nutritiva por ácido fosfórico (solução “ácida”; Tabela 3), que passa a ser a principal fonte de fósforo. Para compensar a saída do MKP e manter a concentração adequada de potássio na solução nutritiva, aumenta-se a quantidade de sulfato de potássio. Dessa forma, parte-se de uma solução com elevada acidez no reservatório (pH em torno de 3,0-3,5), para manter o pH da solução no substrato na faixa de 5,0 a 6,2 (Figuras 16 e 17).

A partir do 10<sup>o</sup>-11<sup>o</sup> mês de uso do substrato (janeiro e fevereiro; final do primeiro ano de cultivo), inicia-se um período de queda gradativa do pH do drenado (Figura 16), o que demanda uma diminuição da quantidade de ácido fosfórico a ser incorporada na solução nutritiva. Até que a situação inicial se inverte e, nos meses seguintes (março e abril do segundo ano), observa-se uma queda acentuada do pH do drenado (Figura 16), o que exige uma ação imediata de modificação da solução nutritiva e o uso de corretivos de pH, para se evitar que caia para valores inferiores a 5,0 (Figura 17). Nessa situação, deve-se retirar totalmente o ácido fosfórico e suprimir o MAP da solução nutritiva, com aumento do MKP e redução do sulfato de potássio, como medidas de ajuste da concentração de fósforo e de potássio (solução “básica”; Tabela 3). Associado a isso, normalmente, é necessário o emprego de corretivos de acidez na solução nutritiva, como o bicarbonato de potássio ou o hidróxido de potássio. O uso de calcário em doses elevadas, colocado em contato com a solução (Figura 18), apesar de sua baixa solubilidade, também tem se mostrado efetivo e de baixo custo para a elevação do pH nesse curto período. O tempo de contato do calcário com a solução é variável e deve ser mantido até que o pH da solução drenada supere a marca de 5,0,

Já, a partir do 14<sup>o</sup>-15<sup>o</sup> mês de uso do substrato de CAC (a partir de maio do segundo ano de cultivo), o pH tende a manter-se estabilizado em valores entre 5,0 e 5,6 (Figura 16), não exigindo nenhuma medida de controle. Nessa condição, a solução nutritiva a ser fornecida é a indicada para a faixa de pH = 5,0-6,2 (solução “original”; Tabela 3).



**Figura 16.** Variação do pH do drenado e medidas de correção ao longo dos 2 primeiros anos de uso da casca de arroz carbonizada como substrato em um sistema com recirculação do drenado com a cultura do morango.

Fotos: Gabriel Nachtigall Marques; Roberta Marins Nogueira Peil



**Figura 17.** Esquema das ações a serem executadas para a correção do pH em um sistema de cultivo de morango com recirculação do drenado em substrato de casca de arroz carbonizada pura.





Foto: Mateus Felipe Bernard

**Figura 18.** Bolsa de material permeável contendo calcário para elevação do pH no reservatório de solução nutritiva.

### Aspectos comparativos dos sistemas fechados e abertos de cultivo em substrato

A Tabela 6 mostra dados comparativos entre o sistema de calhas de madeira com recirculação do drenado e o sistema com drenagem livre para o cultivo do morangueiro. Os números expostos têm como base o trabalho de Peil et al. (2018), cujos dados foram atualizados e consideram estimativas baseadas em informações fornecidas por produtores, técnicos de extensão rural e trabalhos de pesquisa.

A análise, sob o ponto de vista técnico, indica que é possível empregar maior diversidade de substratos e que o manejo da solução nutritiva é simplificado no sistema aberto, enquanto no sistema fechado os substratos são restritos a materiais com baixa CTC e há a necessidade de monitoramento mais frequente das condições de CE e pH da solução drenada, principalmente no primeiro ano de uso do substrato. Quanto aos problemas fitossanitários, na prática, não se tem observado maior incidência de doenças ou pragas em decorrência da recirculação da solução drenada em sistemas fechados. Relatos

de agricultores e de técnicos da extensão rural indicam que ambos os sistemas (aberto e fechado), indistintamente, reduzem em 40 a 70% a necessidade de aplicação de agrotóxicos em relação ao cultivo no solo. Além disso, no caso do sistema fechado, o ambiente de cultivo mais seco, decorrente do não molhamento do terreno sob as bancadas, é mais um aspecto positivo a ser considerado com relação ao manejo fitossanitário. De forma similar, as produtividades obtidas são semelhantes e têm se elevado nos últimos anos com o aprimoramento de ambos os sistemas. Dependem muito mais do manejo adequado das plantas, do clima e da cultivar adotada do que dos sistemas em questão.

O grande diferencial entre os sistemas refere-se aos volumes de solução nutritiva e água gastos e descartados no ambiente, sendo alarmantes os números referentes ao sistema aberto. Com base em informações obtidas na pesquisa de Andrezza (2024), em sistema aberto com o emprego de vasos como recipientes de cultivo, pode-se estimar o gasto médio diário de 279 mL por planta, com gasto anual de 102 L por planta (Tabela 6). Considerando-se a fração de drenagem de 30%, adotada pela autora e usual em cultivos de morango manejados de forma tecnicamente correta em sistemas abertos, pode-se estimar o volume médio lixiviado pela cultura do morangueiro em 84 mL por planta por dia, resultando em 30,6 L por planta por ano (Tabela 6).

Transpondo os dados da pesquisa para uma realidade produtiva, em um abrigo de cultivo de 5 x 50 m, com 1.600 plantas (densidade de 6,4 plantas por metro quadrado; usual no sistema aberto), a perda diária de solução drenada será de 134,4 L, o que equivale à perda anual de cerca de 50 m<sup>3</sup>, correspondendo a 2 milhões de litros por hectare e a um enorme potencial de impacto ambiental negativo nos ecossistemas adjacentes.

Por outro lado, no sistema de calhas com recirculação da solução drenada, o volume de solução descartada (Tabela 6) é enormemente reduzido. Como consequência, há economia de solução nutritiva e, logicamente, de recursos dispendidos com fertilizantes. De acordo com as informações coletadas em pesquisas realizadas na Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e em informações de agricultores que vêm cultivando nesse sistema, o gasto médio diário de solução nutritiva cai para 80 mL por planta, resultando em um gasto anual de, aproximadamente, 29 L por planta (Tabela 6). Isso representa uma redução da ordem de 70% no gasto de solução nutritiva em relação ao medido na pesquisa de Andrezza (2024) em sistema aberto.

De igual importância é o menor potencial de impacto ambiental do sistema fechado, pois, ainda que sejam necessárias lavagens periódicas do substrato e descarte de solução nutritiva, o volume descartado de, aproximadamente, 5-6 L por planta por ano (Tabela 6), representa somente 15-20% do lixiviado descartado no sistema aberto.

Porém, cabe salientar que, quando se trata de cultivos comerciais, as diferenças podem ser mais expressivas, pois nesses casos as estimativas apontam que, frequentemente, o dispêndio de solução nutritiva e água no cultivo em *slabs* pode alcançar valores próximos a 200 L por planta por ano, com lixiviado de 60 L por planta por ano.

**Tabela 6.** Aspectos técnicos e ambientais comparativos entre sistemas aberto e fechado de cultivo do morangueiro em substrato (adaptado de Peil et al., 2018).

Aspectos	Sistema aberto	Sistema fechado
Substratos	Mais opções.	Restritos (baixa CTC).
Manejo da solução nutritiva	Mais simples.	Monitoramento mais frequente.
Problemas fitossanitários	Redução de 40-70% de agrotóxicos, em relação ao cultivo no solo sob cobertura plástica.	Redução de 40-70% de agrotóxicos, em relação ao cultivo no solo sob cobertura plástica.
Produtividade	0,9 a 1,2 kg por planta por ano.	0,9 a 1,2 kg por planta por ano.
Gasto de solução nutritiva + água	102 a 200 L por planta por ano.	29 L por planta por ano.
Descarte de lixiviado	30 a 60 L por planta por ano.	5 a 6 L por planta por ano.

Fonte: adaptado de Peil et al., 2018.

## Considerações finais

Em todo processo de transição de tecnologias produtivas, ajustes e adequações são necessários para garantir maior eficiência, com sustentabilidade econômica e ambiental.

A recirculação da solução nutritiva no cultivo do morangueiro em substrato é uma necessidade, não exclusivamente por questões ambientais, mas também por imposições econômicas. Nesse contexto, o cultivo em calhas com coleta e reutilização da solução drenada tem atendido aos anseios dos produtores que buscam um sistema mais sustentável, conciliando os benefícios do cultivo em substrato com a praticidade das calhas e a redução dos custos com fertilizantes, bem como dos problemas relacionados ao descarte excessivo da solução no meio ambiente.

Assim, a adoção comercial do cultivo do morangueiro em calhas elevadas, com recirculação da solução drenada, já é uma realidade para parte significativa dos produtores da região sul do Rio Grande do Sul e vem se expandindo para outras áreas

produtoras do estado. Ao longo dos anos, adaptações e ajustes foram aprimorados pelos produtores, em conjunto com os agentes de pesquisa e extensão rural da região, buscando atender às especificidades inerentes a cada realidade produtiva.

Em função do cultivo em substrato ainda ser pouco usual para outras culturas na região sul do Rio Grande do Sul, onde a pesquisa sobre o tema da recirculação do lixiviado foi desenvolvida no Brasil, ainda não se tem conhecimento acerca do uso comercial da recirculação no cultivo de outras espécies no País. No entanto, pesquisas locais mostram resultados muito promissores para a produção de tomateiro, meloeiro, abobrinha italiana, pepineiro e minimelancia.

Assim, a exemplo do que ocorre com o morangueiro, o cultivo em calhas com recirculação do drenado desponta como uma alternativa que poderá ser adaptada para a produção comercial de várias outras espécies vegetais, buscando os mesmos benefícios já atingidos para a cultura do morangueiro.

## Referências

- ANDREAZZA, B. S. **Cultivo sem solo do morangueiro: manejo da irrigação, formulação do substrato e consumo hídrico**. 2024. Dissertação (Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura Geral**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2002. 96 p.
- ANDRIOLO, J. L.; JANISCH, D. I.; SHIMITT, O. J.; VAZ, M. A. B.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 684-690, maio 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008>.
- BELLÉ, S.; KÂMPF, A. N. Utilização de casca de arroz carbonizada como condicionador hortícola para um solo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 8. p. 1265-1271, 1994.
- DELAZERI, E. E.; SCHIAVON, A. V.; BECKER, T. B.; BONOW, S.; CANTILLANO, R. F. F.; ANTUNES, L. E. C. Physical and quality fruit parameters of new strawberry genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 59, e03462, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2024.v59.03462>.
- FERMINO, M. H. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agrolivros, 2014. 112 p.
- GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J. L.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 273-279, jan. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100048>.
- HÖHN, D.; PEIL, R. M. N.; PERIN, L.; MARCHI, P. M.; GROLLI, P. R.; WIETH, A. R. Rice husk substrates and pruning time for gypsophila production. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, p. 475-483, 2018. DOI: <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7894>.
- MARQUES, G. N. **Substrato, combinação de cultivares e mudas produzidas nas condições locais para o cultivo do morangueiro com solução nutritiva recirculante**. 2016. Tese (Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Elizeu Alves, Capão do Leão.
- MARQUES, G. N.; LUZ, T. F.; ARAÚJO, F. B.; PERIN, L.; CARINI, F.; STRECK, E. A.; REISSER JÚNIOR, C.; PEIL, R. M. N. A solução drenada pelo substrato pode ser empregada no monitoramento da condutividade elétrica e do pH no cultivo do morangueiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 92-100, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36812/pag.202026192-100>.
- MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N.; PERIN, L.; CARINI, F.; ROSA, D. S. B.; GROLLI, P. R. Production of strawberry cultivars in a closed system of growing on substrate with transplants of different origins. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 3, p. 1-22, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-192>.
- MORAES, C. A. G.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. **Informe agropecuário**, v. 20, p. 105-113, 1999.
- NEUTZLING, C. **Procedência da muda de morangueiro e reutilização de substrato de casca de arroz in natura em sistema com recirculação da solução drenada**. 2022. Tese (Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Elizeu Alves, Capão do Leão.
- PEIL, R. M. N.; MARQUES, G. N.; SIGNORINI, C. B. Cultivo do morangueiro em substrato: Aspectos técnicos e ambientais de sistemas 'abertos' e 'fechados'. In: **Manejo de pragas e patógenos e a multiplicidade em sistemas de cultivo hidropônico**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2018. p. 24-50.
- PEIL, R. M. N.; SIGNORINI, C. B.; PERIN, L. Cultivo em calhas com substrato e recirculação do drenado: uma alternativa econômica e de baixo impacto ambiental. In: OLIVEIRA, J. L. B.; MINUZZI, R. B.; TARTARO, L.; NAGAOKA, R. E. (org.). **Diversificação e aprimoramento no cultivo hidropônico**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2021. p. 121-139.
- PORTELA, I. P.; PEIL, R. M.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 266-273, abr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200014>.
- PORTELA, I. P. **Sistemas de cultivo sem solo com solução nutritiva recirculante e cultivares de morangueiro**. 2015. Tese (Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Elizeu Alves, Capão do Leão.
- ROSA, D. S. B. **Número de hastes para o cultivo do tomateiro grape em substrato de casca de arroz e sistema fechado**. 2015. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Elizeu Alves, Capão do Leão.
- ROSA, D. S. B. **Produção de mudas e reutilização de substrato para morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva**. 2021. Tese (Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Elizeu Alves, Capão do Leão.

SIGNORINI, C. B. **Substrato de casca de arroz *in natura* e condicionadores para a cultura do morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva.** 2020. 125 f. Tese (Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Elizeu Alves, Capão do Leão.

**Embrapa Clima Temperado**

BR-392, Km 78, Caixa Postal 403  
96010-971 Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8100  
[www.embrapa.br/clima-temperado](http://www.embrapa.br/clima-temperado)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Secretária-executiva: *Rosângela Costa Alves*

Membros: *Newton Alex Mayer, Rosângela Costa Alves, Bárbara Chevallier Cosenza, Cláudia Antunez Arrieche e Sonia Desimon*

**Circular Técnica 253**

ISSN 1516-8832 / e-ISSN 1981-5999  
Novembro, 2024

Edição executiva e revisão de texto: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Normalização bibliográfica: *Cláudia Antunez Arrieche* (CRB-10/1594)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Nathália Santos Fick*

Publicação digital: PDF



**Ministério da  
Agricultura e  
Pecuária**

Todos os direitos reservados à Embrapa.