

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Tese

Substrato de casca de arroz *in natura* e condicionadores para a cultura do morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva

Chaiane Borges Signorini

Pelotas, 2020

Chaiane Borges Signorini

Substrato de casca de arroz *in natura* e condicionadores para a cultura do morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roberta Marins Nogueira Peil

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S578s Signorini, Chaiane Borges

Substrato de casca de arroz in natura e condicionadores para a cultura do morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva / Chaiane Borges Signorini ; Roberta Marins Nogueira Peil, orientadora ; Paulo Roberto Grolli, coorientador. — Pelotas, 2020.

125 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Cultivo sem solo. 2. Produtividade. 3. Propagação. 4. Solução nutritiva. I. Peil, Roberta Marins Nogueira, orient. II. Grolli, Paulo Roberto, coorient. III. Título.

CDD : 633.18

Elaborada por Dafne Silva de Freitas¹ CRB: 10/2175

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Roberta Marins Nogueira Peil: _____
Doutora em Agronomia, pela Universidad de Almería (2000)

Pesq^a. Dr^a. Maria Helena Fermino: _____
Doutora em Fitotecnia, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003)

Prof. Dr. André Samuel Strassburger _____
Doutor em Agronomia, pela Universidade Federal de Pelotas (2010)

Prof. Dr. Carlos Rogério Mauch: _____
Doutor em Agronomia, pela Universidad Politécnica de Valencia (2001)

Agradecimentos

À Capes pelo apoio financeiro, e à UFPel, pelo apoio institucional para realização deste trabalho.

À minha orientadora professora Dr^a. Roberta M. N. Peil, pela amizade, dedicação, incentivo na orientação deste trabalho, e por acreditar no nosso potencial.

Ao meu co-orientador professor Dr. Paulo R. Grolli, pela amizade, dedicação, auxílio nas dúvidas e pelos momentos de descontração.

Aos colegas do PPGSPAF, além dos amigos estagiários do grupo cultivo sem solo. As ajudas físicas e os incentivos através de conversar com vocês foram essenciais para seguir em frente.

À minha família por confiar e acreditar em mim, mesmo que não entendam muitas vezes a proporção e dificuldades que enfrentamos para executar e concluir um trabalho desta magnitude.

Resumo

SIGNORINI, Chaiane Borges. **Substrato de casca de arroz *in natura* e condicionadores para a cultura do morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva**. 2020, 125f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2020.

A técnica do cultivo sem solo para morangueiro vem sendo adotada por muitos agricultores no Rio Grande do Sul (RS), Brasil. Entre os gargalos do cultivo estão questões relacionadas aos substratos e manejo de fertirrigação utilizados nos sistemas de cultivo, com drenagem e recirculação da solução nutritiva. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a possibilidade de utilização de casca de arroz *in natura* (CAIN) em misturas com diferentes condicionadores de substrato, para viabilizar seu uso quanto à produção nacional de muda, além do crescimento e produção de frutas. Foram realizados três experimentos. Experimento 1 avaliou o efeito da utilização de três condicionadores de substrato na proporção de 35% cada um [vermiculita de granulometria média, casca de arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial S10 Beifort® (S10)] em mistura com 65% de CAIN, para produção de mudas nacionais de raízes nua, em bancadas de cultivo de 1,7m², contendo matrizes da cv. Aromas. Experimento 2 avaliou o efeito de dois condicionadores de substrato (CAC e S10) em mistura com CAIN (80%) no crescimento e produção de morangueiro, através de mudas nacionais de raízes nuas e mudas de torrão, além da manutenção parcial destas plantas de torrão, em segundo ano de cultivo, frente a mudas novas cultivadas no mesmo substrato. O experimento 3 avaliou o efeitos dos condicionadores de substrato sobre mudas de morangueiro transplantados em substratos novos e reutilizados, comparando o ciclo de uso dos mesmos. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação, localizada no Campus Capão de Leão, Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil. No experimento 1, o substrato formulado com S10 obteve maior número total de mudas e propágulos, além de garantir maior produção de mudas classe 3 ($\geq 8,1$ mm). Substratos formulados com vermiculita e CAC mostraram maior produção de mudas Classe 2 (5,0 a 8,0 mm). No experimento 2, substratos formulados com S10 obtiveram maior massa seca de fruta (MSFr) e massa seca total de parte aérea (MSTPA) com mudas de torrão, sendo estas, mais produtivas que mudas de raiz nua em todos os substratos, enquanto mudas de raiz nua apresentaram maior MSTPA em CAIN+CAC, porém com menor produtividade e massa média de frutas (MMFr) neste substrato. Em relação a idade de plantas, as de segundo cultivo apresentaram maior crescimento vegetativo, além de maior número de frutas e produtividade comercial em CAIN+CAC e CAIN 100%, enquanto plantas de primeiro cultivo apresentaram maior MMFr. CAIN+S10 elevou a MSFr, número de frutas e produtividade comercial com plantas de primeiro cultivo. No experimento 3, substrato CAIN+S10 promoveu maior produtividade comercial em ambos ciclos de uso dos substratos. CAIN 100% obteve valores de crescimento e produtividade semelhantes ao CAIN+S10, sendo indicada a reutilização de ambos substratos. Substratos novos apresentam, em média, maior MMFr e maior conteúdo de ácido ascórbico, enquanto os reutilizados apresentaram maior produtividade comercial (exceto para CAIN+CAC+S10) e maior conteúdo de sólidos solúveis totais e compostos fenólicos.

Palavras-chave: Cultivo sem solo, Produtividade, Propagação, Solução nutritiva

Abstract

SIGNORINI, Chaiane Borges. **Substrate in raw rice husk substrate and conditioners for strawberry cultivation in a system with recirculation of the nutrient solution**. 2020. 125f. Thesis (Doctoral). Graduate Program in Agricultural Production Systems Family. Federal University of Pelotas, Pelotas, RS, 2020.

The soilless culture technique has been adopted in strawberry production by many farmers in Rio Grande do Sul (RS), Brazil. Issues related to substrates and fertigation management used in this cultivation system with drainage and recirculation of nutrient solutions are some bottlenecks of the system. Thus, this study aimed to evaluate the possibility of using raw rice husk (RRH), in mixtures with different substrate conditioners, to make its use feasible in national transplant production, in addition to fruit growth and production. Three experiments were carried out. Experiment 1 evaluated the effect of three substrate conditioners, i. e., medium grade vermiculite, carbonized rice husk (CRH) and commercial substrate S10 Beifort® (S10), in ratios of 35% mixed with 65% RRH, to produce national bare root transplants on cultivation benches (1.7 m²) with stock plants of cv. Aromas. Experiment 2 evaluated the effect of two substrate conditioners (CRH and S10) mixed with 80% RRH on strawberry growth and production, through national bare root transplants and plug plants, in addition to partial maintenance of the latter, in the second year of cultivation, and compared them to new transplants grown on the same substrate. Experiment 3 evaluated the effect of substrate conditioners on strawberry transplants grown on new and reused substrates and compared their use cycles. Experiments were carried out in a greenhouse located on the campus of the Universidade Federal de Pelotas, in Pelotas, RS, Brazil. In experiment 1, the substrate formulated with S10 obtained the highest number of transplants and propagules, besides ensuring the highest production of grade 3 transplants (≥ 8.1 mm). Substrates formulated with vermiculite and CRH showed the highest production of Grade 2 transplants (from 5.0 to 8.0 mm). In experiment 2, substrates formulated with S10 exhibited the highest dry fruit mass (DFM) and above ground plant dry mass (AGPDM) with plug plants, which are more productive than bare root transplants in all substrates, while bare root transplants showed high AGPDM in RRH+CRH, but lower productivity and average fruit mass (AFM) in this substrate. Regarding plant age, plants in the second cultivation period showed higher vegetative growth, larger number of fruits and higher commercial productivity in RRH+CRH and 100% RRH, while plants in the first cultivation period exhibited higher AFM. RRH+S10 increased DFM, number of fruits and commercial productivity of plants in the first cultivation period. In experiment 3, RRH+S10 promoted high commercial productivity in both substrate cycles. Values of growth and productivity exhibited by 100% RRH were similar to the ones found by RRH+S10, a fact that shows that both substrates were reused. On average, new substrates exhibited the highest AFM and ascorbic acid content, while reused ones showed the highest commercial productivity (except RRH+CRH+S10) and contents of total soluble solids and phenolic compounds.

Keywords: Soilless system, Yields, Propagation, Nutrient solution.

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2. PROJETO DE PESQUISA.....	18
3. RELATÓRIO DE TRABALHO DE CAMPO.....	32
4. Artigo 1.....	38
Condicionadores de substrato de casca de arroz <i>in natura</i> para a produção de mudas de morangueiro em sistema com recirculação do lixiviado.....	38
1.INTRODUÇÃO	40
2.MATERIAL E MÉTODOS	42
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.CONCLUSÃO.....	53
5.REFERÊNCIAS.....	53
5. Artigo 2.....	61
Condicionadores para substrato de casca de arroz <i>in natura</i> em sistema recirculante e a influência do tipo de muda e da idade da planta na cultura do morangueiro61	
1.INTRODUÇÃO	64
2.MATERIAL E MÉTODOS	67
3.RESULTADOS	70
3.1.Experimento 2017: condicionadores x tipo de muda	70
3.2.Experimento 2018: condicionadores x idade da planta	72
4. DISCUSSÃO	75
4.1.1.Efeito do substrato: Experimento 2017.....	75
4.1.2.Efeito do substrato: Experimento 2018.....	80
4.2.Efeito do tipo de muda.....	82
5.CONCLUSÃO.....	87
6.REFERÊNCIAS.....	88
6. Artigo 3.....	96
Reutilização de substratos de casca de arroz <i>in natura</i> com condicionadores na cultura do morangueiro.....	96
1.INTRODUÇÃO	98
2.MATERIAL E MÉTODOS	100

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
4.CONCLUSÕES	105
5.REFERÊNCIAS	117
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
8. REFERÊNCIAS	121

1. INTRODUÇÃO GERAL

O morangueiro é um híbrido (*Fragaria x ananassa* Duch.), originado do cruzamento entre as espécies *F. chiloensis* x *F. virginiana*, que pertence a Família Rosaceae (HANCOCK, 1999). A fruta é amplamente apreciada ao redor do mundo, pelo seu sabor, aroma e coloração. A produção mundial de morangos em 2017 foi estimada em 9,2 milhões de toneladas, produzidas em 395,9 mil hectares, alcançando uma produtividade média de 23,3 T ha⁻¹. Entre os maiores produtores de morango estão China e Estados Unidos com 3,7 e 1,4 milhões de toneladas, respectivamente. No entanto, a produtividade do país americano é de 65,6 T ha⁻¹, enquanto a chinesa é de 27,7 T ha⁻¹ (FAO, 2017).

A cadeia produtiva do morangueiro, de maneira geral, envolve dois segmentos bastante distintos, a produção de mudas, habitualmente, realizada por um número restrito de viveiristas especializados, e localizados em regiões bem definidas, e a produção da fruta, a qual envolve um universo maior de produtores, distribuídos em variadas regiões. Neste trabalho, serão abordados aspectos relativos a ambos os segmentos.

No Brasil, para a produção da fruta, o cultivo abrange em torno de 4.500 ha, obtendo-se uma produção de 165 mil toneladas e produtividade de 36,7 T ha⁻¹ (ANTUNES & BONOW, 2020). Entre os maiores estados produtores estão: Minas Gerais (47%), Paraná (14%), Rio Grande do Sul (11,5%) e São Paulo (9,5%). No Rio Grande do Sul, estima-se uma área de 518 ha, com produção aproximada de 22 mil toneladas anuais (ANTUNES & BONOW, 2020).

A produção de morango tem importante papel econômico e social no país, pois trata-se tipicamente de cultura produzida por agricultores familiares, que destinam, em média, áreas menores que 1 ha ao seu plantio, (SPECHT & BLUME, 2011; GOMES et al., 2013), utilizando intensa mão de obra para a realização dos tratamentos culturais, sendo necessário o emprego de até 10 pessoas por hectare (AVENI et al., 2018). Além disso, representa uma atividade com alto retorno econômico (OLIVEIRA & SCIVITTARO, 2009; ANDRIOLO et al., 2009).

As diferenças entre produtividades ao redor do mundo e nos estados brasileiros se dá, entre outras coisas, pelas diferenças nos níveis tecnológicos empregados na cultura. Uma das diferenças existentes diz respeito à origem da muda. O país demanda anualmente 175 milhões de mudas de morangueiro, sendo 85% destas

mudas produzida por viveiristas nacionais ou pelo próprio produtor e, os 15% restantes, importada do Chile e Argentina (ANTUNES & PERES, 2013). O RS é responsável por 80% desta fatia de importação (OLIVEIRA & SCIVITTARO, 2009).

A preferência gaúcha na aquisição de mudas importadas está relacionada com a suposta superioridade da qualidade fisiológica destas mudas, produzidas no campo, em regiões de clima mais frio e altitudes elevadas, que favorecem o maior acúmulo de carboidratos na coroa da planta. Conforme Torres-Quezada et al. (2015), mudas com diâmetros de coroa acima de 8mm são um dos indicativos de boa qualidade fisiológica das mesmas.

No entanto, há uma queixa dos produtores quanto aos prazos tardios de recebimento destas mudas importadas, que são entregues aos comerciantes, para posterior entrega aos produtores, muitas das vezes, após o mês de maio, ou seja, bem depois do período indicado para o transplante que é entre março e abril (COCCO et al., 2015). Essa demora no transplante desencadeia um atraso no início da colheita e uma perda de mercado, e de melhores preços pagos à fruta. Devido a estes problemas, surge no Rio Grande do Sul - Brasil, um estímulo à produção de mudas locais, de raiz nua ou torrão (muda feita a partir de pontas de estolão em bandejas com substrato), com intuito de antecipar o transplante e, conseqüentemente, a colheita dos frutos (COCCO et al., 2011), garantindo maiores ganhos com a produção precoce da fruta e reduzindo o custo de aquisição destas, à metade do custo da muda importada (DIEL et al., 2017). Em relação às mudas de torrão, outro ganho que elas conferem é a maior taxa de sobrevivência e precocidade de frutificação no campo (COCCO et al., 2015).

Para a obtenção da muda nacional, as plantas matrizes são, normalmente, cultivadas no solo, no entanto, o risco de contaminação e perdas de plantas por ação de patógenos e fatores ambientais adversos é alta. Como alternativa, as matrizes podem ser cultivadas em ambiente protegido com uso de substratos, alocados em recipientes como vasos (DAL PICIO et al., 2012), calhas ou "slabs" (COCCO et al., 2015), ou em canais ou leitos de cultivo (TEIXEIRA, 2011), reduzindo riscos de possíveis contaminações por doenças radiculares. Neste último caso, as bancadas de cultivo devem contar com área superficial suficiente para a distribuição de substratos, crescimento e enraizamento dos estolões e a formação das mudas neste próprio ambiente de cultivo. Com a elevação da bancada acima do nível do solo, a solução

nutritiva fornecida às plantas através da fertirrigação e que tenha ficado excedente ao substrato, poderá ser drenada e recirculada no sistema.

Quanto à forma de cultivo para a produção de frutas, tradicionalmente, a cultura é produzida no solo, sob túnel baixo ou não, em canteiros cobertos com filme plástico. A densidade de plantio no campo varia entre 5 e 7 plantas m^{-2} (OLIVEIRA & SCIVITTARO, 2009; STRASBURGER et al., 2010), obtendo-se em média, 30 T ha^{-1} de rendimento.

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos na produção da fruta se elevaram, em parte, devido à melhoria da qualidade genética das cultivares e à capacidade de adaptação das mesmas às determinadas condições climáticas. Paralelamente, a adoção de técnicas como o cultivo protegido, que melhora a sanidade das plantas (ANTUNES et al., 2007), e o cultivo sem solo, que além da questão sanitária, permite maiores densidades de plantios, entre 11 e 13 plantas m^{-2} , vem se refletindo no aumento da produtividade por área (GIMÉNEZ et al., 2008; ANTUNES & PERES, 2013; PEIL et al., 2018), e no prolongamento do período de colheita (ANDRIOLO et al., 2009), fatos que justificam o investimento nestes sistemas.

Com todos estes fatos, há também uma tendência de migração do cultivo da muda no solo para o cultivo em substrato, sob ambiente protegido, por diversas razões. O principal deles, de forma semelhante ao exposto na etapa de viveiro, diz respeito à grande ocorrência de doenças radiculares nas plantas, causadas por agentes patogênicos existentes de plantios frequentes de morangueiro nas mesmas áreas. Além disso, a proibição do uso de brometo de metila, produto de alta toxicidade para o ambiente, empregado para fumigação de solos (ANDRIOLO et al., 2009), dificultou a desinfecção das áreas de cultivo antes do transplante.

Dessa forma, a alternativa seria rotacionar a área de cultivo anualmente. No entanto, esta prática se torna onerosa, já que a disponibilidade de áreas e recursos para compra anual de mudas elevam muito o custo de implantação da cultura. Outro limitante do cultivo de morangueiro no solo, e talvez, o mais relevante atualmente, está relacionado à disponibilidade de mão de obra, em função da penosidade do trabalho, pois o trabalhador realiza a colheita e o manejo da cultura em posições incômodas durante sua jornada diária, o que gera desgaste físico intenso.

Diante de todos os problemas citados anteriormente, desponta o cultivo em substrato para morangueiro no Rio Grande do Sul. As regiões da Serra Gaúcha e do Vale do Caí já são consagradas como locais de produção utilizando esta forma de

cultivo. Nos últimos anos, a mesma técnica vem sendo adotada por agricultores familiares da Região de Pelotas.

Do ponto de vista do destino da solução nutritiva drenada do substrato, existem dois tipos de cultivo, um deles, chamado sistema “aberto”, menos eficiente, no qual a solução drenada não é coletada, sendo lixiviada para o solo, gerando desperdício de água, nutrientes e contaminação do solo e lençol freático. Neste sistema, as plantas, normalmente, são transplantadas em slabs preenchidos com substratos e elevados do solo por estrados de madeira. Os slabs são perfurados na parte inferior, para que a solução excedente drene. Outro tipo de cultivo, mais eficiente, chamado de sistema “fechado”, possibilita a coleta e recirculação da solução nutritiva drenada do substrato, otimizando assim o consumo de água e nutrientes, além de evitar um grave problema ambiental com a contaminação do solo pelo sais dos fertilizantes (GIMÉNEZ et al., 2008; PEIL et al., 2018).

Entre as estruturas existentes para alocação do substrato e plantio, em sistemas fechados, estão as calhas comerciais de PVC ou polietileno, que, instaladas com 3 a 4% de declividade, permitem a drenagem e recolhimento da solução nutritiva que não foi retida pelo substrato, retornando assim, para o reservatório. O mesmo recolhimento e retorno para o reservatório é dificultado quando se utilizam slabs, na forma que são instalados atualmente, ao menos que sejam colocadas calhas ou canais sob os mesmos, para permitir este recolhimento, o que, além de apresentar um custo muito oneroso, é de difícil execução e manejo.

Uma alternativa às calhas comerciais, que tem alto custo de aquisição e frete para o transporte, e também aos “slabs”, seria a construção e revestimento de calhas de madeira. Sabendo que a aquisição de madeira é fácil em qualquer localidade do estado e muitas vezes mais barata do que outros materiais, sendo, inclusive, possível de ser obtida na própria propriedade, a construção de calhas de madeira pelo produtor pode ser uma opção para diminuir os custos e dar independência ao mesmo.

Porém, demandas de conhecimento sobre fertirrigação, substratos mais adequados e frequência de fornecimento de solução nutritiva são comuns em ambos os sistemas, principalmente nos sistemas fechados. Os substratos mais indicados representam, ainda, uma das dúvidas mais comuns nos sistemas de cultivo. Uma vez dispostos, sua troca ou substituição é mais complexa e onerosa do que a troca do sistema de fertirrigação ou a alteração de frequência de irrigação, por exemplo.

Os substratos usados para cultivos sem solo, geralmente, são originados de misturas de materiais inertes e materiais orgânicos, em variadas proporções. Entre os materiais inertes, mais usados no Rio Grande do Sul, está a casca de arroz, material utilizado há anos no setor hortícola, devido, principalmente, ao baixo custo e à fácil aquisição, pois o RS é um grande produtor orizícola. Um dos tratamentos dado à casca de arroz, para a sua utilização como substrato, é a carbonização, sendo um dos principais motivos para isso, a necessidade de aumentar a capacidade de retenção de água deste material. Mesmo assim, em sistemas abertos de cultivo sem solo, habitualmente, são adicionados altos teores de material orgânico a esta casca carbonizada, para conferir maior capacidade de retenção de água, reduzindo assim a frequência de irrigação e as perdas por drenagem deste substrato.

No entanto, sistemas fechados de cultivo não toleram composições de substrato com alto teor de material orgânico, devido a uma tendência de salinização da solução nutritiva, pela alta CTC de materiais orgânicos, (ANDRIOLO et al., 2002). Como a solução drenada é reaproveitada dentro do sistema, esta salinização pode prejudicar o desenvolvimento e produtividade das plantas.

Outra questão em relação a substratos envolve a carbonização da casca de arroz, pois existem dificuldades quanto à padronização do material, ao processo de carbonização e às restrições ambientais (GIMÉNEZ et al., 2008), para que não ocorra contaminação do ambiente através do dióxido de carbono, lançado pela fumaça ao realizar a carbonização. Além disso, o processo é oneroso, reduz em 50% o volume da casca carbonizada (ROSA, 2015) e requer experiência de quem o faz, pois a carbonização em excesso gera cinza, que contém alto teor de dióxido de silício, material com inúmeras características para uso industrial, mas não indicado para uso agrícola como substrato para plantas.

Frente a isto, uma alternativa à casca de arroz carbonizada (CAC) é a utilização de casca de arroz *in natura* como substrato. Diversos trabalhos acadêmicos já comprovaram que seu uso foi eficiente para cultura do meloeiro (DUARTE & PEIL, 2010) abobrinha italiana (STRASSBURGER et al., 2011), tomateiro (PEIL et al., 2014; ROSA, 2015; CARINI et al., 2018; PERIN et al., 2018) e minimelancia (GARCIA, 2019). No entanto, a casca de arroz *in natura* utilizada pura, para a cultura do morangueiro, não se mostra como um bom substrato devido sua baixa capacidade de retenção de água, como foi observado por Portela (2015), que obteve as menores

produtividades por planta quando mudas da cv. Albion foram transplantadas em casca de arroz *in natura*.

Porém, a adição de materiais condicionadores ou mistura de materiais com a casca *in natura* evidencia seu potencial de uso para cultivo de morango, como foi demonstrado por Zorzeto et al. (2016), que observaram maior produção no substrato composto pela mistura de casca de arroz *in natura* e fibra de coco, quando comparados aos dois substratos utilizados puros. Para a cultura da gypsophila, planta ornamental de corte, também foi observado menor desempenho quando cultivada em casca de arroz *in natura* pura, mas a adição de 15% de material condicionador na casca *in natura* viabilizou sua produção (HOHN et al., 2018).

Além da possibilidade de uso da casca de arroz na forma *in natura* para o cultivo de morango, também se discute a possibilidade da reutilização da mesma por dois ou mais ciclos de cultivo, como sendo uma alternativa à redução de custos e mão de obra anual. A prática já vem sendo utilizada por produtores de morango tanto nas regiões da Serra Gaúcha e do Vale do Rio Caí, como na região de Pelotas, com substrato a base de casca de arroz carbonizada, sob a alegação que a reutilização, inclusive, melhora as condições físicas do substrato, pois ocorre, mesmo que pequena, uma degradação do material, melhorando a retenção de água e de nutrientes.

Paralelamente, o cultivo em substrato tem possibilitado a reutilização das plantas por mais de um ciclo de cultivo, inclusive com incremento de produtividade, mencionado por alguns produtores. Esta reutilização das mudas também ajuda na redução dos custos com a instalação da cultura, e proporciona cultivos isentos de doenças radiculares que inviabilizariam o reuso de mudas para um segundo ano, caso fosse efetuado no solo. O conjunto formado por substrato e mudas reutilizados proporciona a antecipação da floração e da colheita na entressafra, garantindo melhores preços pagos ao produtor.

Apesar da reutilização do substrato por vários anos consecutivos, bem como, do cultivo em ciclo de plantas de segundo ano estarem bem estabelecidos entre os produtores, informações originadas a partir de pesquisas sobre as alterações ocorridas no substrato à base de casca de arroz *in natura* ao longo do seu tempo de uso e seus efeitos sobre as plantas, assim como, pesquisas que tragam dados quantitativos e qualitativos comparativos entre plantas de primeiro e segundo anos, sob as mesmas condições de cultivo, são desconhecidos.

A relevância deste trabalho reside no aporte de informações científicas, as quais poderão ser transferidas diretamente ao setor produtivo, sobre as respostas de crescimento das plantas, produção e qualidade de frutas em condições inéditas de cultivo. Trabalhos utilizando condicionadores para a casca de arroz *in natura* para morangueiro, tanto na fase de produção de mudas de raiz nua em leitos ou bancadas de cultivo, como na etapa de produção da fruta em calhas de cultivo são inexistentes, assim como estudos sobre a reutilização dessas composições de substrato e das plantas neles cultivados, por período maior que um ano.

Assim, a primeira hipótese de trabalho é que a adição de condicionadores à casca de arroz *in natura* possibilita o seu uso como substrato, tanto para a produção de mudas como de frutas de morangueiro de qualidade. Outra hipótese levantada é que a reutilização do substrato em segundo ano de cultivo poderá melhorar o crescimento e elevar a produção das frutas. E, por último, aventa-se a hipótese de que o cultivo de plantas em ciclo de segundo ano não causa prejuízos à produtividade e qualidade de frutas.

Dentro deste contexto, esta tese foi formalizada em três artigos. O primeiro trata da questão da produção de mudas de morangueiro de dia neutro cv. Aromas utilizando três condicionadores adicionados à casca de arroz *in natura* para produção de mudas de raiz nua em sistema de leito de cultivo, com coleta e reutilização do lixiviado. O segundo e terceiro artigos estão relacionados à produção de frutas de morangueiro em substratos à base de casca de arroz *in natura* e diferentes proporções de condicionadores. O segundo se refere ao tipo de substrato e ao tipo de muda utilizada (raiz nua ou com torrão) e a manutenção das plantas em ciclo de segundo ano de cultivo. O terceiro enfatiza os substratos compostos por diferentes condicionadores e seus ciclos de uso (substrato novo e reutilizado).

1. PROJETO DE PESQUISA

Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas Faculdade de Agronomia
Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção
Agrícola Familiar

Projeto de tese

Substrato de casca de arroz *in natura* e condicionadores para a cultura do morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva

Doutoranda Chaiane Borges Signorini

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Roberta Marins Nogueira Peil

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli

Pelotas, 2017

2.1 Instituição:

Universidade Federal de Pelotas(UFPel), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Departamento de Fitotecnia (DFt), Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF).

2.1.2 Equipe:

- Chaiane Boges Signorini - Eng^a Agr^a Me.; Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPel/FAEM. Responsável.
- Roberta Marins Nogueira Peil - Prof^a. Dr^a. Departamento de Fitotecnia, UFPel/FAEM. Orientadora.
- Paulo Roberto Grolli - Prof. Dr. Departamento de Fitotecnia, UFPel/FAEM. Coorientador.
- Douglas Schulz Bergman da Rosa - Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPel/FAEM. Participante.
- Lais Perin - Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPel/FAEM. Participante.
- Daniela Hohn - Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPel/FAEM. Participante
- Cristiane Neutzling - Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista Capes, UFPel/FAEM. Participante.
- Thiago Freitas da Luz - Aluno do curso de Agronomia, Bolsista FAPERGS, UFPel/FAEM. Participante.
- William da Silveira Schaun - Aluno do curso de Agronomia, Bolsista FAPERGS, UFPel/FAEM. Participante.

2.2 Antecedentes e justificativa

O cultivo do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é uma importante atividade para agricultura familiar, pois gera alta rentabilidade econômica, ocupando pequenas áreas para o cultivo. A produção de morango no Brasil está em torno de 133 mil toneladas, sendo a produtividade média de 30 T/ha. A produção no Rio Grande do Sul representa 14% da produção nacional, com produtividade média de 32 T/ha (ANTUNES et al, 2015).

Um dos maiores gargalos para o aumento da produção de morangos no país é a dependência de mudas importadas do Chile e da Argentina, as quais apresentam boa qualidade fisiológica e fitossanitária, fatores essenciais para alcançar boas produtividades (PORTELA et al, 2012). Porém, esta dependência gera altos custos de produção devido ao preço da muda, além da demora no recebimento e, conseqüentemente, no plantio, ocasionando atrasos no início da colheita (MARQUES, 2016). Assim, torna-se necessário a autonomia dos agricultores para produção de mudas, sendo escassas as informações sobre manejo e qualidade de mudas produzidas nas condições do RS.

Em relação à produção de frutas, grande parte da produção é feita de forma convencional, com canteiros no solo, que apresentam, entre outras dificuldades, uma elevada incidência de doenças aéreas e radiculares, fato agravado quando se realizam cultivos sucessivos na mesma área (GODOI et al, 2009), além de ser uma atividade desgastante do ponto de vista ergonômico, uma vez que o trabalho é realizado rente ao solo durante um longo ciclo de cultivo. Sendo assim, existe a tendência à produção de morango em ambiente protegido e cultivo sem solo, que possibilitam reduzir esses problemas.

O sistema de cultivo sem solo permite ainda aumentar a produtividade, e melhorar a ergonomia do trabalhador, com a elevação das bancadas acima do nível do solo (GIMÉNEZ et al, 2008; LIETEN et al, 2004), além de prolongar o período de colheita (ANDRIOLO et al, 2009), garantindo melhores ganhos com a produção, fatos que justificam o investimento neste sistema de cultivo.

O cultivo sem solo do morangueiro teve início na Europa em 1970, através do sistema NFT (*Nutrient Film Technique*), que consiste em uma lâmina de solução nutritiva recirculante que passa a determinados intervalos de tempo nas raízes da cultura (GIMÉNEZ et al, 2008). Entre as desvantagens do sistema NFT, apontadas

por Godoi et al. (2009), está o elevado consumo e dependência de energia elétrica, a necessidade de renovação frequente de solução nutritiva e a baixa inércia térmica.

Assim, o sistema mais utilizado, atualmente, é o cultivo sem solo empregando substratos em sistema aberto, no qual a solução nutritiva excedente à capacidade máxima de retenção do substrato é lixiviada para o ambiente (GIMÉNEZ et al, 2008). Habitualmente, os agricultores adotam o cultivo em sacos plásticos tubulares (*slabs*) preenchidos com substratos compostos por misturas de diferentes materiais orgânicos. Porém, entre os problemas deste sistema estão o desperdício de água e fertilizantes e a contaminação do solo pela drenagem do lixiviado não recolhido (BORTOLOZZO et al, 2007; ANDRIOLO et al, 2009; GODOI et al, 2009).

Como forma de reduzir os problemas citados acima, surge a necessidade de desenvolver sistemas fechados para cultivo em substrato, isto é, com coleta e recirculação da solução nutritiva drenada, os quais permitem uma maior economia de água e fertilizantes com a reutilização do lixiviado. Além disso, o sistema de cultivo pode ser simplificado, uma vez que o cultivo em canaletas (estrutura construída em madeira e forrada com filme plástico resistente para colocação do substrato) pode ser adotado, o que diminuiria o custo com materiais ao longo dos anos de cultivo.

Porém, entre as limitações deste novo sistema de cultivo sem solo, está o manejo do substrato. Em sistemas abertos, se preconiza a utilização de substratos que contenham na sua composição materiais condicionadores em elevada proporção (entre 40 e 50%), normalmente compostos orgânicos, para aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes, o que permite uma menor frequência de fertirrigação (FERRAZ et al, 2005; ANDRIOLO et al, 2009). Porém, em sistemas fechados, a presença destes materiais, normalmente, é um dos fatores que levam à salinização da solução nutritiva e do próprio substrato, podendo reduzir o crescimento e a produção da cultura, além de dificultar o manejo da solução nutritiva. Entretanto, a ausência total de materiais condicionadores no substrato obriga que a frequência de fornecimento da solução nutritiva seja elevada.

Entre os substratos mais utilizados está a casca de arroz, material de fácil disponibilidade e baixo custo de aquisição e boa estabilidade química e física (BORTOLOZZO et al, 2007). Porém, normalmente, se preconiza que a casca passe por processo de carbonização, sendo uma de suas finalidades a esterilização do material e a melhoria da capacidade de retenção de água (MEDEIROS, 1998), sendo esta mais de 100% superior à da casca de arroz *in natura* (ROSA, 2015).

Entretanto, falhas no processo de carbonização podem produzir material heterogêneo, com formação de cinza, devido à queima excessiva (MEDEIROS, 1998), o que compromete a qualidade do substrato, além da carbonização apresentar-se como prática onerosa, dispendendo muita mão de obra, com quebra de 50% do volume de material (ROSA, 2015), e causando problemas ambientais.

Sendo assim, a utilização da casca de arroz *in natura* pode ser uma alternativa para o cultivo com coleta e reutilização de solução nutritiva, sendo que a adição de materiais condicionadores na mistura do substrato poderia trazer melhoria nas suas propriedades físicas, resultando em maior capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, melhores repostas da cultura, tanto na etapa de produção de mudas como na fase de produção de frutas.

Outros fatores a considerar no cultivo em substrato é a sua reutilização em novos cultivos, e ainda, a manutenção da cultura por dois anos, reduzindo custos de aquisição com substrato e muda.

Sendo assim, o problema de pesquisa consiste em verificar a possibilidade de uso da casca de arroz *in natura* e o efeito de diferentes condicionadores adicionados ao substrato, em sistema com coleta e recirculação de solução nutritiva drenada, para a produção de mudas e de frutas de morangueiro nas condições de Pelotas, RS, além da reutilização dos substratos em segundo ano de cultivo.

2.3 Hipóteses

A adição de um material condicionador à casca de arroz *in natura* possibilita o seu uso como substrato para produção de mudas e frutas de morangueiro de qualidade. Porém, existem diferenças entre materiais condicionadores quanto à melhoria das propriedades do substrato, resultando em diferentes respostas das plantas.

A reutilização do substrato e plantas em segundo ano de cultivo para produção de frutas de morangueiro não causa redução na produtividade e qualidade.

2.4 Objetivo Geral/Específico

2.4.1 Objetivo geral

Avaliar a adição de condicionadores ao substrato à base de casca de arroz *in natura* em sistema com reutilização da solução nutritiva para a produção de mudas e de frutas de morangueiro, assim como verificar os efeitos da manutenção de plantas no segundo ano de cultivo.

2.4.2 Objetivos Específicos

Verificar o efeito dos condicionadores sobre as características químicas e físicas do substrato;

Verificar o crescimento das plantas, a produção e a qualidade de mudas e frutas de morangueiro em substratos com diferentes condicionadores;

Avaliar a reutilização de substratos em segundo ano de cultivo;

Comparar o crescimento das plantas, a produção e a qualidade de frutas no segundo ano de cultivo frente ao cultivo de primeiro ano.

2.5 Material e Métodos

O trabalho será realizado no Campo Didático do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão, RS (31°52' S, 52°21' O, e 13m de altitude), em casa de vegetação de 10 x 21m de dimensões com cobertura plástica de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura) e superfície do solo coberto com filme plástico dupla face branco/preto.

Os dados climáticos de temperatura e umidade máximas e mínimas serão coletados diariamente através de um termohigrômetro digital localizado em abrigo meteorológico no centro da casa de vegetação. Os dados referentes à radiação solar global externa serão adquiridos da Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada, aproximadamente, a 1000 m do local do experimento.

A solução nutritiva utilizada nos trabalhos será formulada com base na solução proposta por Sonneveld & Straver (1994), com uma condutividade elétrica inicial aproximada de 1,4 dS m⁻¹, e com a seguinte composição de macronutrientes (em mmol litro⁻¹): 6,64 de NO₃⁻; 1,5 de H₂PO₄⁻; 2,88 de SO₄⁻²; 1,44 de NH₄⁺; 5,06 de K⁺; 2,20 de Ca²⁺; 1,5 de Mg²⁺; e de micronutrientes (em mg litro⁻¹): 1,08 de Fe; 0,20 de Mn; 0,07 de Zn; 0,17 de B; 0,025 de Cu; 0,05 de Mo. A solução nutritiva será monitorada diariamente através da coleta de dados de condutividade elétrica e pH.

O fornecimento de solução nutritiva será realizado através de conjunto de fertirrigação formado por fitas gotejadoras com gotejadores espaçados, em 0,10m, com vazão de 1,6 L/h, canos de PVC de 25mm, reservatório para solução nutritiva, moto-bomba, regulado para o seu funcionamento, através de um temporizador, com tempo de frequência de irrigação pré-estabelecidos, conforme crescimento e desenvolvimento da cultura. A solução nutritiva será levada até a parte mais alta do sistema, irrigando o substrato, sendo o excedente, drenado e recolhido para o mesmo reservatório.

Os substratos utilizados passarão por análises químicas (teor de macro e micronutrientes, CTC, relação C/N, pH e condutividade elétrica), físicas (densidade em base úmida; densidade em base seca; matéria seca; porosidade total; espaço de aeração; granulometria; água facilmente disponível; água disponível; água tamponante; capacidade de retenção de água a 10 cm) no início e final dos experimentos.

A pesquisa será dividida em dois planos de ação.

2.5.1 Plano de Ação 1: Produção de mudas em substratos à base de casca de arroz *in natura*

A partir de setembro de 2016, será instalado experimento para avaliar a produção das mudas de morangueiro provenientes de matrizes da cultivar Aromas (dias neutros) obtidas de cultivo *in vitro*, de laboratório credenciado.

Serão utilizados três condicionadores para produção de mudas em substrato à base de casca de arroz *in natura* (CAIN), constituindo as misturas a seguir: CAIN (65%) + casca de arroz carbonizada (35%); CAIN (65%) + vermiculita (35%) e CAIN (65%) + S10 Beifort® (35%) (substrato orgânico comercial formulado a partir da decomposição de bagaço e engaço de uva, além da adição de turfa e CAC à mistura).

Serão construídas 12 bancadas de cultivo, distribuídas em quatro blocos ao acaso, elevadas a 1m do solo, com declividade de 4%, construídas em madeira com dimensões de 1,70m de comprimento x 1,0m de largura e 0,12m de altura, espaçadas 0,6m uma da outra dentro do bloco e 0,7m entre blocos.

Serão plantadas duas plantas matrizes de morangueiro em cada bancada, ou seja, oito plantas por tratamento. As mudas produzidas serão avaliadas quanto à produtividade total (número de mudas/planta matriz) e, posteriormente, classificadas

em três classes de acordo com o diâmetro da coroa: Classe 1: 3,0 a 5,0 mm; Classe 2: 5,1 a 8,0mm e Classe 3: \geq 8,1mm (COCCO, 2010). Dez plantas de cada classe serão analisadas quanto ao número de folhas, peso fresco e seco de folhas e coroa, de acordo com Teixeira (2011).

Para realizar a fertirrigação, serão utilizados três conjuntos (um para cada substrato) compostos de: reservatório de 500L, moto-bombas de $\frac{1}{2}$ cv, temporizados e sistemas de tubulação para irrigação e coleta da solução nutritiva. Em cada bancada serão dispostas três linhas de fitas gotejadoras equidistantes. A parte interna de cada bancada será recoberta com filme plástico para que a solução nutritiva não retida pelo substrato possa retornar por declividade ao reservatório.

Para dar continuidade à pesquisa e realizar o Plano de Ação 2, serão enraizados propágulos de pontas de estolão para formação de mudas de torrão, em cinco bandejas de 72 células preenchidas com o substrato correspondente ao que melhor atender aos padrões de qualidade de mudas, entre os testados na fase anterior. As mudas de raiz nua para o transplante serão oriundas do enraizamento na própria bancada de produção.

2.5.2 Plano de Ação 2: Produção de frutas de morangueiro em substrato à base de casca de arroz *in natura*

2.5.2.1 Primeiro ano de cultivo

A partir de maio de 2017, será avaliada a produção e a qualidade de frutas de morangueiro produzidas em diferentes composições de substratos, utilizando a casca de arroz *in natura* como componente principal. Os quatro níveis do fator substrato serão: CAIN 100%; CAIN (80%) + CAC (20%); CAIN (80%) + S-10[®] (20%) e CAIN (80%) + CAC (10%) + S10[®] (10%), com quatro repetições para cada tratamento.

Para o cultivo do morangueiro serão utilizadas quatro bancadas de cultivo construídas cada uma com duas calhas paralelas de madeira, com 7,5m de comprimento, elevadas 1m do solo e atendendo a 4% de declividade. Cada calhas terá 0,12m de altura x 0,3m de largura, com espaçamento de 0,10m entre si e 0,60m entre bancadas. Internamente, as calhas serão forradas com filme plástico para drenagem e coleta da solução nutritiva não retida pelo substrato, que retornará ao reservatório correspondente a cada um dos tratamentos, sem misturas das soluções nutritivas. Após a distribuição dos substratos, será colocada uma linha de fita

gotejadora por canaleta, sendo, posteriormente, esta recoberta com filme plástico dupla face branco-preto de 200 µm de espessura.

Para o plantio, serão utilizadas as mudas obtidas no Plano de Ação 1, provenientes dos dois métodos de produção de mudas empregados: mudas de raiz nua e mudas com torrão

O experimento será em esquema bifatorial 4x2 (quatro substratos x dois tipos de muda), em delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcela dividida. As bancadas serão divididas em quatro parcelas de 1,85m de comprimento, sendo que cada parcela receberá 30 mudas, totalizando 120 plantas por tratamento. A sub-parcela corresponderá a uma canaleta da parcela, na qual se disponibilizará mudas obtidas de raiz nua ou torrão, totalizando 15 plantas, com espaçamento de 0,25 m entre plantas.

Ao final de um ano, as plantas serão avaliadas quanto à matéria fresca e seca de frutas, coroa, raízes e folhas e número de frutos/planta. As frutas colhidas e as folhas retiradas durante o processo produtivo serão adicionadas às frações correspondentes. As frutas serão separadas em comerciais e não comerciais (peso inferior a 5g e/ou deformadas). A partir dos dados levantados, se obterá o crescimento da planta (produção e partição de massa seca), a produção por planta, a produtividade, a massa média das frutas e a distribuição da colheita ao longo dos meses. Serão avaliadas cinco planta por sub-parcela.

Quanto aos parâmetros de qualidade de frutas, estas serão avaliadas quanto ao teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável, firmeza de polpa e coloração interna e externa da fruta, de acordo com o descrito em AOAC (1995) e Conti et al. (2002) realizadas pelo Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (FAEM/UFPel). As análises serão realizadas duas vezes por ano (agosto e novembro).

2.5.2.2 Segundo ano de cultivo

Para o segundo ano de cultivo, serão eliminados o substrato e as mudas de uma das canaletas de cada tratamento. Estas serão preenchidas com substratos novos correspondentes aos tratamentos do primeiro ano e novas mudas produzidas com o mesmo método (torrão ou raiz nua) que tenha demonstrado melhores repostas no primeiro ano de cultivo.

Nas canaletas com os substratos reutilizados, as plantas originadas a partir do método de produção da muda que tenha resultado em melhores respostas no primeiro ano serão mantidas para segundo ano de cultivo. Estas representam 50% das sub-parcelas da canaleta. No restante das sub-parcelas, as mudas serão substituídas por mudas novas.

Assim, do ponto de vista de desenho estatístico, serão constituídos dois experimentos neste ano. O experimento 1 será unifatorial, com oito níveis de substratos (quatro novos e quatro de segundo ano de uso), em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. O experimento 2 será bifatorial 4 x 2, caracterizado pela presença de quatro substratos de segundo ano de uso e dois tipos de plantas (de segundo ano de cultivo e mudas novas), em blocos ao acaso com parcela dividida.

Serão feitas as mesmas análises químicas e físicas para os substratos nos diferentes tratamentos ao início e ao final do segundo ano de cultivo. Pretende-se com esse segundo ano de produção analisar as alterações ocorridas no substrato ao longo do tempo e a sua influência nas respostas da cultura. Paralelamente, também se propõe a análise do cultivo de segundo ano das plantas de morangueiro. Ambas práticas já realizadas por produtores que adotam a tecnologia de cultivo sem solo.

2.6 Recursos necessários

O Departamento de Fitotecnia da FAEM/UFPEL já conta com a infraestrutura básica para a condução da pesquisa: estufa de cultivo agrícola, termohigrômetro e laboratórios equipados para as análises requeridas.

Nas Tabelas 1,2 e 3 estão discriminados os recursos para realização do projeto.

Tabela 1: Diárias, passagens e bolsa de estudos.

Diárias e passagens	Unidade	Quantidade	Valor (R\$)
Diárias	-	6	720,00
Passagens aéreas	-	2	1.200,00
Bolsa de estudo			79.200,00
TOTAL			81.120,00

Tabela 2: Material permanente.

Material permanente	Unidade	Quantidade	Valor (R\$)
Tábuas p/ bancadas/canaletas	un.	-	1.300,00
Reservatório (500L)	un.	3	600,00
Reservatório (250L)	un.	4	600,00
Temporizadores analógico	un.	5	150,00
Conj. Moto-bomba ½ cv	un.	3	600,00
TOTAL			3.250,00

Tabela 3: Material de consumo.

Material de consumo	Unidade	Quantidade	Valor (R\$)
Fertilizantes solúveis	-	-	400,00
Tubulação PVC, junções	-	-	500,00
Mangueiras Irrig. localizada	M	120	45,00
Poliet. dupla face preto-branco	M	15	250,00
Casca de arroz <i>in natura</i>	m ³	10	160,00
Casca de arroz carbonizada	m ³	0,6	70,00
Vermiculita	m ³	0,25	185,00
S10 Beifort ®	m ³	0,6	250,00
Sacos de papel	Cento	10	120,00
Planta matriz	un.	30	300,00
TOTAL			2.280,00
TOTAL GERAL			86.650,00

2.7 Cronograma de execução da pesquisa

A Tabela 4 expõe o cronograma de execução do projeto.

Tabela 4: Cronograma de execução do projeto.

Atividades	2016		2017		2018		2019	
	1ºs	2ºs	1ºs	2ºs	1ºs	2ºs	Jan	Fev
Disciplinas	x	x	x	x	x			
Revisão de literatura	x	x	x	x	x	x		
Elaboração Projeto de Pesquisa	x	x						
Inst. exp. mudas		x	x					
Inst. exp. Produção frutos 1º ano			x	x				
Inst. exp. Produção frutos 2º ano					x	x		
Análises substratos		x	x	x	x	x		
Análises mudas, frutas/planta		x	x	x	x	x	x	
Elaboração tese				x	x	x	x	
Provável defesa								x

2.8 Divulgação prevista

Os resultados serão divulgados em revistas científicas e anais de congressos e encontros, assim como através de reuniões técnicas e dias de campo organizados em parceria com agentes de extensão do estado.

2.9 Bibliografia citada

ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; OLIVEIRA, C.S.; COCCO, C.; SCHMITT, O.J.; CARDOSO. Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.691-695, 2009.

ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.; VIGNOLO, G.K.; GONÇALVES, M.A. Morangos do jeito que o consumidor gosta. **Campo & Lavoura**, Anuário HF 2015, n. 1, p.64-72, 2015.

AOAC. **Official Methods of Analysis**, AOAC Official Method 967.21, Chapter 45. 1995. p.16.

BORTOLOZZO, A.R.; SANHUEZA, R.M.V.; BOTTON, M.; MELO, G.W.B. de; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F.F.; FERLA, N.J.; PINENT, S.M.J. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho (Circular Técnica, 62)**, 2007, 23 p.

- COCCO, C. **Qualidade fisiológica das mudas na produção de frutas do morangueiro**. 2010, 48 p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Agronomia) - UFSM, Santa Maria, 2010.
- CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.10-17, 2002.
- FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.
- GIMÉNEZ G.; ANDRIOLO J.L.; GODOI R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, p. 273-279, 2008.
- GODOI, R.S.; ANDRIOLO, J.L.; FRANQUÉZ, G.G.; JÄNISCH, D.I.; CARDOSO, F.L. VAZ, M.A.B. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, v. 39, n.4, p. 1039-1044, 2009.
- LIETEN, P. J. LONGUESSERRE, G. BARUZZI, J. LOPEZ-MEDINA, J. CLAUDE NAVATEL, E. KRUEGER, V. MATALA, G. PAROUSSI. Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. **Acta Horticulturae** (ISHS), Leuven, Belgium, v.649, p.193-196, 2004.
- MARQUES, G.N. **Substrato, combinação de cultivares e mudas produzidas nas condições locais para o cultivo do morangueiro com solução nutritiva recirculante**. 2016, 152p. TESE (Doutorado em Agronomia) - UFPel, Pelotas, 2016.
- MEDEIROS, C.A.B. carbonização da casca de arroz para utilização em substratos destinados á produção de mudas. **Comunicado técnico** – Embrapa. n. 8, 1998
- PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.2, p.281-288, 2012.
- 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 Agronomia) - UFPel, Pelotas, 2015.
- SONNEVELD, C.; STRAVER, N. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates. 10th ed. The Netherlands, proef station voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk. (Series: **Voedingsoplossingen Glastuinbouw**) n. 8, 45 p., 1994.
- TEIXEIRA, C.P. **Produção de mudas e frutos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo**. 2011, 74 p. TESE (Doutorado em Agronomia) - UFLA, Lavras, 2011.

2. RELATÓRIO DE TRABALHO DE CAMPO

Relatório de trabalho de campo

A partir de setembro de 2016, os trabalhos de campo começaram com a aquisição dos materiais para instalação do primeiro experimento, que tratava do uso de condicionadores para a casca de arroz *in natura* a ser utilizada como substrato para a produção de mudas. Foi adquirida, primeiramente, uma carga de casca de arroz *in natura*, a qual foi empregada para realização de todos os trabalhos relacionados à tese, e não apenas para o primeiro experimento. Esta casca foi depositada sobre uma lona plástica e depois coberta também com lona para evitar perdas por chuva e ventos.

Na sequência, foram comprados alguns materiais como tábuas, canos, bomba elétrica, substratos e filme plástico de 200 μm para revestimento de bancadas e calhas de cultivo. As matrizes da cultivar Aromas, em número de 24, foram adquiridas da empresa Multiplanta. Outros materiais, como caixas reservatórias de 500L, conexões para canos, mangueiras gotejadoras e tampões foram higienizados e reutilizados de experimentos anteriores.

Foram construídas 12 bancadas de madeira nas dimensões de 1,70 x 1,00 x 0,12m (comprimento x largura x altura), além de cavaletes para o suporte dessas bancadas. Após construídas, as bancadas foram distribuídas na área destinada ao experimento na casa de vegetação, do tipo teto em arco com dimensões de 10 x 21m. As bancadas foram revestidas internamente com um filme plástico para impermeabilização e drenagem da solução excedente. Também, o sistema de drenos com canos de 100mm para coleta e retorno da solução até a caixa reservatória foi montado.

Para compor os três tratamentos de condicionadores para a casca de arroz *in natura*, foram adquiridos os materiais na quantidade de sete sacos de S10 de 16Kg, quatro sacos de casca de arroz carbonizada de 100L e três sacos de vermiculita de 100L. As misturas foram feitas na proporção volume/volume e preparadas sobre uma lona plástica para uma boa homegeneização. Após, os substratos preparados foram distribuídos nas bancadas, sendo, posteriormente, três mangueiras gotejadoras dispostas sobre cada uma, para a irrigação de duas mudas matrizes transplantadas em 22 de novembro de 2016.

Logo em seguida, foram retidas amostras de substratos para realização de análise de suas características no Laboratório de Substratos de Plantas da FEPAGRO em Porto Alegre (RS).

Os fertilizantes utilizados para o preparo da solução nutritiva foram pesados e diluídos em baldes no volume de 15L de água, de maneira a se obter uma solução estoque 100 vezes concentrada (suficiente para o preparo de 1500L de solução nutritiva).

A CE e o pH das soluções nutritivas eram monitoradas diariamente, no lixiviado e na caixa reservatória, e caso necessário, feitas as devidas correções. Estas correções de pH e CE eram realizadas em função dos valores obtidos do lixiviado. Caso o pH estivesse acima de 6,5, adicionava-se ácido fosfórico à caixa reservatória e, abaixo de 5,5, hidróxido de potássio com intuito de elevar esse pH. Quanto à CE, se estivesse abaixo do valor recomendado, era adicionada solução estoque e se estivesse acima, a solução era diluída com água. A cada 30 a 40 dias, o volume de solução residual presente nas caixas reservatórias era descartado para lavagem da caixa e substituição por nova solução nutritiva.

Foram feitas aplicações fitossanitárias para o manejo de pulgões durante o ciclo de produção das mudas empregando-se soro de leite, extrato de chincilho (*Tagetes minuta*) e produto comercial Azamax.

Em fevereiro de 2017, parte das pontas de estolões obtidas no substrato com adição de S10 foi retirada para transplante e enraizamento de mudas de torrão em bandeja de 72 células com substrato comercial Carolina Soil®. Estas mudas se destinavam ao experimento seguinte, sobre condicionadores na etapa de produção de frutas. Foram preparadas, aproximadamente, 430 mudas, sendo as bandejas colocadas em um floating, em casa de vegetação. Um sistema de irrigação por aspersão foi montado, utilizando-se uma mangueira conectada a uma torneira e aspersores que irrigavam as mudas nas bandejas para evitar a sua desidratação. O sistema era acionado manualmente, duas a três vezes ao dia ou sempre que observava-se necessidade, durante duas semanas. Passado este período, adicionou-se solução nutritiva na concentração de 50% da CE no floating para nutrição das mudas.

No final de março de 2017, as demais mudas produzidas nas bancadas começaram a ser retiradas para avaliação, e compuseram assim, as mudas de raiz nua a serem utilizadas no experimento seguinte. Foram contabilizados o número de

estolões, propágulos (mudas com até 10cm sem raízes) e mudas produzidas por planta matriz. As mudas foram classificadas em três classes, sendo que 10 mudas de cada classe foram analisadas quanto à massa fresca e seca de folhas e coroa, número de folhas e área foliar.

No início de abril de 2017, começou a alocação das calhas de madeiras, que já estavam prontos, na mesma casa de vegetação, para a realização do experimento sobre o tipo de muda (de torrão e de raiz nua) e o uso de condicionadores para a casca *in natura* na etapa de produção de frutas de morango. Foram empregados oito calhas com dimensões de 7,5 x 0,3 x 0,12m (comprimento x largura x altura), elevados do solo sobre cavaletes de madeira, quatro caixas reservatórias de 250L e quatro bombas elétricas. Cada canal foi revestido internamente com filme plástico de 200 µm, nos quais, posteriormente, foram distribuídos os devidos tratamentos com as diferentes misturas de materiais para a composição dos substratos. Foram comprados quatro sacos de casca de arroz carbonizada e três sacos de S10 para compor os tratamentos de substratos à base de casca de arroz *in natura*. Sobre o substrato, cada calha recebeu uma mangueira gotejadora para realizar a fertirrigação e, logo acima, um filme plástico dupla face de 200 µm cobrindo este canal. O transplante foi realizado em 20 de abril de 2017. A frequência de irrigação era ajustada em função da umidade observada em cada substrato.

Durante o transcorrer do experimento, surgiram larvas e adultos de fungus gnats e, para redução da sua população, foram tomadas medidas de controle, como o corte da irrigação por 7 dias e a liberação de ácaros predadores da STRATIOMIP. Além disso, também, foram feitas aplicações de acaricidas e inseticidas para o controle dos ácaros e de pulgões.

A primeira colheita foi realizada em 27 de julho de 2017, passando a ser desde então, realizada semanalmente até 19 de fevereiro de 2018. Práticas de manejo da cultura, como limpeza de folhas velhas ou em excesso, eram feitas sempre que necessário. As folhas oriundas da desfolha realizada nas plantas marcadas eram contabilizadas em número, área foliar, massa fresca e seca, cujos valores, foram adicionados aos obtidos para estas avaliações ao final do primeiro ano de cultivo.

Em agosto, foi colocada uma colméia de abelhas jataí dentro da casa de vegetação para polinização, porém, estas morreram em torno de 30 dias após. Em dezembro, uma nova colméia, desta vez de abelhas mirim, foi introduzida na estufa. Verificou-se uma alta ocorrência de frutas ocas e mal formadas, mesmo com a

presença das abelhas. Alterações na solução nutritiva, como o aumento da concentração de Boro em 4 vezes, foram realizadas, mas não surtiram efeito no aspecto das frutas.

A solução nutritiva era substituída e os substratos lavados a cada 30-40 dias para evitar desbalanços nutricionais e a salinização do sistema. Medidas de controle de CE e pH eram feitas diariamente e as correções feitas sempre que necessário, seguindo a mesma metodologia empregada no experimento de produção de mudas. Em janeiro, frutas frescas foram coletadas para realização de análises químicas no Laboratório de Pós-colheita de frutas e hortaliças, da FAEM.

Após encerrar a safra de 2017/2018, parte das plantas foram retiradas na metade de março, de 2018 para análise de matéria seca de folhas e coroa e área foliar, considerando-se esta época, o fim do primeiro ciclo. Em uma calha de cada tratamento, plantas oriundas de muda de torrão foram mantidas para o segundo ano de cultivo. Estas plantas passaram por uma poda drástica e desbaste de coroas. No outra calha de cada um dos tratamentos, o substrato foi substituído por substrato novo (igual ao do ano anterior, porém novo). Assim, o experimento passou a ter oito caixas reservatórias para coleta da solução nutritiva, referentes aos oito substratos (quatro novos e quatro reutilizados).

Paralelamente a esse primeiro ciclo de cultivo, em novembro de 2017, foram adquiridas novamente mudas matrizes de morango cultivar Aromas para produção de estolões e enraizamento destes em bandejas, para produção de mudas que foram transplantadas em 23 de abril de 2018, iniciando-se o segundo ciclo de cultivo. Neste, o foco do trabalho foi avaliar a reutilização dos substratos e o comportamento de mudas de segundo ano frente a mudas novas. Foi separada uma amostra de cada composição de substrato para análise de substratos de plantas na FEPAGRO.

Os manejos da irrigação, CE e pH foram realizados da mesma forma que no ciclo anterior. Em maio, foi realizada uma aplicação de fungicida Cercobin para controle dos sintomas de *mycosphaerella* e *phomopsis* que surgiram em algumas plantas.

As colheitas iniciaram em 29 de junho de 2018, pelas plantas de segundo ano, seguidas das plantas novas em substratos reutilizados, e por último, das plantas novas em substratos novos.

Em junho, houve novamente, o surgimento de ácaro rajado. Foram necessárias aplicações semanais de óleo de nim e uma aplicação do acaricida químico Vertimec.

O mês de julho foi muito chuvoso e úmido, por isso, a fertirrigação foi reduzida para uma aplicação ao dia, isso quando necessário, caso contrário, o sistema ficava desligado.

A partir de 29 de julho, a composição da solução nutritiva foi alterada, com o aumento das doses de fósforo e de potássio (70g de MKP) para melhorar crescimento das plantas e seu florescimento. Surgiu ácaro rajado neste período, sendo este controlado com aplicação de óleo de nim a 0,6%.

Em agosto, houve problemas na coloração das frutas, que pareciam não amadurecer. Com o passar dos dias, foi descoberto que poderia ser deficiência de magnésio, em decorrência do aumento da dose de potássio no final de julho. A solução nutritiva original foi restabelecida em setembro e o problema na coloração foi solucionado.

Semelhante a julho, o mês de setembro foi muito chuvoso, sendo a frequência das irrigações reduzida.

Em outubro, houve a ocorrência de ácaro rajado, novamente. Desta vez, foi utilizado o acaricida Kraft para o controle. No final deste mês a solução nutritiva foi alterada novamente, sendo aumentadas as doses de potássio e magnésio.

Em meados de novembro, surgiu um inseto desfolhador – *Maecolapsis* sp. Família Chrysomelidae, que causa sérios danos às folhas. Os mesmos foram controlados através de armadilha luminosa (luz negra) colocada acima de uma bandeja plástica de 45x30 cm, preenchida com água e detergente para captura. No final do mês, foi coletado material fresco para análise química de frutas no laboratório de pós-colheita de frutos e hortaliças da FAEM.

Ao final do experimento, em 18 de dezembro de 2018, foram avaliados: número de folhas, massa fresca e seca de folhas e coroa e área foliar das plantas marcadas. Também, foram coletadas amostras de substrato dos oito tratamentos para análise na FEPAGRO, novamente.

3. Artigo 1

Condicionadores de substrato de casca de arroz *in natura* para a produção de mudas de morangueiro em sistema com recirculação do lixiviado

(Artigo submetido à revista *Bragantia*)

1 **Condicionadores de substrato de casca de arroz *in natura* para a produção de mudas de**
2 **morangueiro em sistema com recirculação do lixiviado**

3 **Resumo:** A necessidade de produção de mudas nacionais de morango tem levado à busca por
4 meios de cultivo de baixo custo. A casca de arroz *in natura* (CAIN) é um material abundante e
5 de fácil acesso no sul do Brasil. Este trabalho teve como objetivo avaliar três condicionadores
6 de substrato (35%) [casca de arroz carbonizada (CAC), vermiculita e o substrato comercial
7 S10®] adicionados à CAIN (65%) e seus efeitos no crescimento, produção e qualidade de
8 mudas de morango cultivadas em bancada com recirculação da solução nutritiva. O
9 delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três tratamentos e quatro repetições.
10 Duas plantas matrizes da cultivar Aromas por bancada foram cultivadas de novembro de 2016
11 a março de 2017. O número de estolões, propágulos e mudas produzidos por planta matriz
12 foram registrados 126 dias após o transplante. As mudas foram classificadas em classes,
13 dependendo de seus diâmetros de coroa (classe 1: 3,0 a 5,0 mm; classe 2: 5,1 a 8,0 mm; e classe
14 3: $\geq 8,1$ mm). Além disso, foram avaliados o número de folhas, área foliar, massa fresca e seca
15 de folhas e coroa de 10 mudas pertencentes a cada classe. A adição de S10 à CAIN melhorou
16 o número total de mudas, bem como o número de mudas, a área foliar e a massa seca da parte
17 aérea das mudas classe 3. O maior número de mudas obtidas com a adição de CAC e vermiculita
18 pertencia à classe 2. O substrato comercial S10 utilizado como condicionador para CAIN
19 aumentou o crescimento, a produção e a qualidade das mudas de morango.

20 **Palavras-chave:** *Fragaria x ananassa*, propagação vegetativa, vermiculita, casca de arroz
21 carbonizada, solução nutritiva.

22
23 **ABSTRACT:** The need to produce national strawberry transplants has led to the search for low
24 cost growing media. Raw rice husk (RRH) is an abundant and free material in southern Brazil.
25 This study aimed to evaluate three substrate conditioners (35%) [carbonized rice husk (CRH),

26 vermiculite and the commercial substrate S10®] added to RRH (65%) and their effects on
27 growth, production and quality of strawberry transplants grown on benches with recirculation
28 of nutrient solution. Randomized block design with three treatments and four replications was
29 used. Two stock plants of the Aromas cultivar per bench were grown from November 2016 to
30 March 2017. Numbers of stolons, propagules and transplants produced per stock plant were
31 recorded 126 days after setting. Transplants were classified into groups, depending on their
32 crown diameters (Grade 1: 3.0 to 5.0 mm; Grade 2: 5.1 to 8.0 mm; and Grade 3: ≥ 8.1 mm).
33 Besides, the number of leaves, leaf area, fresh and dry mass of leaves and crown of 10
34 transplants belonging to each grade group were evaluated. Addition of S10 to RRH improved
35 the total number of transplants, as well as the number of transplants, leaf area and shoot dry
36 mass of Grade 3 transplants. The largest number of transplants obtained with the addition of
37 CRH and vermiculite belonged to Grade 2. The commercial substrate S10 used as conditioner
38 to RRH increased growth, production and quality of strawberry transplants.

39 **Key words:** *Fragaria x ananassa*, vegetative propagation, vermiculite, carbonized rice husk,
40 nutrient solution.

41

42 1.INTRODUÇÃO

43 A cultura do morangueiro representa uma importante atividade para a agricultura
44 familiar, por ser uma fonte geradora de renda e utilizar pequenas áreas para o cultivo,
45 especialmente no Rio Grande do Sul/RS, além de ser uma fruta com alto valor agregado (Diel
46 et al. 2017). No Brasil, são cultivados em torno de 3.500 ha com a espécie (Antunes e Peres
47 2013) em plantios no campo, que demandam a renovação anual da plantas devido à elevada
48 ocorrência de patógenos de solo.

49 Estima-se que no país, são plantadas anualmente 175 milhões de mudas de morangueiro,
50 as quais são consideradas o insumo de maior importância no sistema de produção. A qualidade

51 da muda está diretamente relacionadas à produtividade e qualidade da fruta produzida, sendo o
52 ponto de partida para a obtenção de uma melhor resposta às tecnologias empregadas no
53 processo produtivo (Oliveira e Scivittaro 2006). No RS, 80% das mudas utilizadas são
54 importadas de viveiros argentinos e chilenos. Esta condição confere às mudas melhor qualidade
55 fisiológica e produtividade, quando comparadas com mudas nacionais (Oliveira et al. 2007).

56 Porém, as mudas importadas têm chegado tardiamente aos produtores, atrasando o
57 transplante e, conseqüentemente, a colheita precoce, que ocorre no inverno, período em que o
58 preço pago pela fruta é mais elevado, em razão da baixa oferta no mercado (Cocco et al. 2015).

59 Assim, surgiram nos últimos anos, tecnologias para minimizar problemas sanitários e,
60 simultaneamente, evitar atrasos no plantio, como a produção local de mudas de morangueiro
61 em substrato, que traz mais garantias de entrega e transplante de mudas na época mais indicada
62 para a cultura.

63 A produção de mudas em substrato pode ser feita com a coleta das pontas de estolões,
64 oriundas de matrizes cultivadas em slabs, para enraizamento em bandejas (Cocco et al. 2010).
65 Outra alternativa pode ser o plantio das matrizes em bancadas de madeira, preenchidas com
66 substrato, com maior área superficial para o crescimento e enraizamento das pontas de estolão,
67 sendo possível assim, a produção de mudas de raiz nua no próprio leito de cultivo e, pelas
68 características das bancadas, fazer a coleta e reutilização da solução lixiviada pelo sistema.

69 Entre os substratos mais utilizados na produção hortícola está a casca de arroz
70 carbonizada em mistura com composto orgânico para aumentar a retenção de água e nutrientes.
71 No entanto, a carbonização deste material requer experiência e licença ambiental para a sua
72 realização, além do que, produz elevado teor de dióxido de silício durante o processo.

73 No RS, há disponibilidade de casca de arroz *in natura* em abundância. Assim, a
74 utilização desta seria uma alternativa econômica e de baixo impacto ambiental para a produção
75 de mudas de morangueiro. Algumas pesquisas destacam o uso da casca *in natura* com sucesso

76 para produção de hortaliças de frutos e flores de corte, seja em mistura com condicionadores de
77 substrato ou pura (Perin et al. 2018; Hohn et al. 2018). No entanto, pesquisas utilizando casca
78 de arroz *in natura* para produção de mudas de morangueiro são desconhecidas e supõe-se que
79 o uso de forma isolada pode ser inviável para a produção de mudas, devido à baixa capacidade
80 de retenção de água deste material.

81 Desta forma, acredita-se que a adição de condicionadores de substrato possa melhorar
82 as características físicas da casca de arroz *in natura*. Desta maneira, o objetivo do trabalho foi
83 avaliar três condicionadores adicionados à casca de arroz *in natura* e seus efeitos sobre o
84 crescimento, a produção e a qualidade de mudas de morangueiro da cultivar Aromas, em
85 sistema de fertirrigação com coleta e recirculação da solução nutritiva drenada.

86

87 **2.MATERIAL E MÉTODOS**

88 O experimento foi realizado no Campo Experimental e Didático do Departamento de
89 Fitotecnia, FAEM/UFPEL - Campus Capão do Leão, Capão do Leão, RS, (latitude: 31°52'S,
90 longitude: 52°21'W e altitude de 13 m acima do nível do mar) em estufa metálica do tipo “teto
91 em arco”, dimensões de 21 x 10 m, revestida com filme plástico de polietileno de 150 µm, e
92 orientação Norte-Sul. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é classificado
93 como Cfa, caracterizando-se como subtropical úmido ou temperado, com verões quentes.

94 Os dados de temperatura e umidade do ar no interior da estufa foram registrados
95 diariamente através de termo-higrômetro, obtendo-se os valores de temperatura média de 26.7
96 °C e umidade relativa média de 67.4% para o período de novembro de 2016 a março de 2017,
97 com máximas de 33.9 °C e 85.8% e mínimas de 19.4 °C e 49.1%.

98 Três substratos foram estudados, tendo a casca de arroz *in natura* (CAIN) como o
99 principal componente na proporção de 65% v/v, e três condicionadores (35% v/v): casca de
100 arroz carbonizada (CAC), vermiculita de granulometria média (VM) e substrato comercial

101 orgânico S10 Beifort[®] (S10), formulado a partir do composto obtido através da decomposição
102 de bagaço e engaço de uva, misturado à CAC e turfa.

103 Plantas matrizes certificadas da cultivar Aromas foram adquiridas do laboratório
104 Multiplantas, credenciado no Ministério da Agricultura. Para o transplante das matrizes,
105 realizado em 22 de novembro de 2016, foram construídas 12 bancadas de madeira nas
106 dimensões de 1.00 x 1.70 x 0.12 m (largura x comprimento x altura), com 1.7 m² de área,
107 revestidas internamente com filme plástico para impermeabilização e drenagem da solução
108 nutritiva. As bancadas foram apoiadas em cavaletes de madeira e dispostas 1.0 m acima do solo
109 na extremidade final, mantendo-se a declividade de 4%. Na porção final das bancadas foi
110 acoplado um cano de 100 mm, para a coleta e condução do lixiviado ao reservatório de solução
111 nutritiva. Os condicionadores e a CAIN foram misturados, compondo os três substratos para o
112 experimento, sendo, posteriormente, distribuídos nas bancadas.

113 O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com três tratamentos
114 e quatro repetições. Cada repetição correspondeu a uma bancada, contendo duas matrizes.

115 A fertirrigação foi realizada através de um conjunto moto-bomba e uma caixa
116 reservatória de 500 L para cada um dos três substratos, de forma que a solução lixiviada não se
117 misturasse entre estes. Em cada bancada foram utilizadas três mangueiras gotejadoras, dispostas
118 equidistantes na largura da mesma, com gotejadores espaçados a 10 cm, cuja vazão individual
119 era de 1.6 L h⁻¹.

120 Foi utilizada a solução nutritiva formulada por Sonneveld e Straver (1994), com CE de
121 1.4 dS m⁻¹, com as seguintes concentrações de íons macronutrientes (mmol L⁻¹): 6.64 de NO₃⁻
122 ; 1.5 de H₂PO₄⁻; 2.88 de SO₄⁻²; 1.44 de NH₄⁺; 5.06 de K⁺; 2.20 de Ca⁺²; 1.5 de Mg⁺², além dos
123 micronutrientes (mg L⁻¹): 1.08 de Fe; 0.20 de Mn; 0.07 de Zn; 0.17 de B; 0.025 de Cu e 0.05
124 de Mo. Era utilizada a água armazenada da chuva para o preparo da solução.

125 A CE e o pH do lixiviado (Figura 1) eram monitorados diariamente através de
126 condutivímetro e pHmetro portáteis, e, sendo necessário, fazia-se a correção. Se a CE estivesse
127 20% acima ou abaixo de 1.4 dS m^{-1} , adicionava-se, respectivamente, água para diluir ou solução
128 nutritiva líquida concentrada. O pH era mantido entre 5.5 e 6.5. Por se tratar de sistema fechado,
129 com reaproveitamento da solução drenada, mensalmente, quando o nível do reservatório
130 baixava ao seu mínimo, a solução restante era descartada e o substrato lavado, para adição de
131 nova solução nutritiva.

132 O experimento foi conduzido até 28 de março de 2017, quando iniciou-se a retirada das
133 mudas enraizadas e propágulos produzidos ao longo do ciclo. Cada muda enraizada foi retirada
134 do substrato e separada da planta matriz. Na sequência, foram contabilizados o número de
135 estolões primários, o número total de mudas e de propágulos por planta matriz. Definiu-se como
136 propágulo àquelas mudas que não apresentavam raízes desenvolvidas e cujo comprimento
137 desde a base da coroa até a ponta do folíolo da maior folha era inferior a 10 cm. As plantas
138 consideradas mudas foram separadas em três classes de acordo com o diâmetro da coroa: classe
139 1 (3.0 a 5.0 mm), classe 2 (5.1 a 8.0 mm) e classe 3 (≥ 8.1 mm), conforme Cocco et al., (2010),
140 mensuradas através de um paquímetro. Posteriormente, contou-se o número de mudas
141 pertencentes a cada classe, sendo que 10 mudas de cada classe por repetição foram analisadas
142 quanto ao número de folhas e a massa fresca e seca de folhas e da coroa, medindo-se a área
143 foliar através do equipamento medidor de imagens modelo LI-3100C. Os materiais frescos
144 foram secos em estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ até estabilização do peso, para aquisição das massas secas.

145 Foram coletadas amostras de substratos no final do experimento, para análise de suas
146 características no Laboratório de Análise de Substratos de Plantas do DDPA/SEAPDR (Porto
147 Alegre/RS), sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

148 Os dados de crescimento, produção e qualidade de mudas obtidos no experimento foram
149 submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Duncan a 5%
150 de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Winstat (Machado e Conceição 2003).

151

152 **3.RESULTADOS E DISCUSSÃO**

153 Em relação às variáveis de produção de mudas (Tabela 2), os substratos afetaram de
154 forma significativa o número de estolões primários, mudas e propágulos produzidos. Os valores
155 obtidos com a adição dos condicionadores S10 e CAC demonstraram comportamentos inversos.
156 Enquanto o substrato com CAC proporcionou maior número de estolões primários (19.8) e
157 menor número de mudas e propágulos (119.9 e 127.4), o substrato com S10 promoveu o menor
158 número de estolões (14), mas com maior número de mudas e propágulos (192.1 e 180.1). O
159 condicionador VM originou respostas intermediárias em relação aos outros dois
160 condicionadores, obtendo-se em média 18.4 estolões, 151.8 mudas e 163.1 propágulos por
161 planta.

162 Nesta pesquisa, o número de estolões e mudas por planta matriz produzidos nos três
163 substratos, são superiores aos obtidos em trabalhos prévios com a cultivar Aromas em
164 condições de cultivo no solo (Guimarães et al. 2015), e em substrato à base de terra vegetal e
165 esterco, alocados em sacolas plásticas (Oliveira et al. 2007), sendo o número final de mudas, o
166 componente de produção que mais se salientou.

167 A relação de mudas por estolões primário, apresentada na Tabela 2, também distingue
168 o condicionador S10 que proporcionou 13.7 mudas estolão⁻¹, valor também superior aos
169 encontrados pelos autores anteriores, enquanto que os tratamentos com VM e CAC
170 apresentaram 8.2 e 6 mudas estolão⁻¹, respectivamente. A relação de 6 mudas estolão⁻¹ com o
171 condicionador CAC ficou abaixo dos dados encontrados por Oliveira et al., (2007).

172 Em relação ao número de propágulos por estolão, houve superioridade novamente para
173 S10, com 12.9 propágulos estolão⁻¹, contra 8.9 e 6.4 propágulos estolão⁻¹, para os substratos
174 com condicionadores VM e CAC, nesta ordem.

175 A produção de propágulos é um fator importante para a produção de mudas de torrão,
176 cuja finalidade é reduzir a mortalidade de plantas logo após o transplante e antecipar a colheita
177 (Cocco et al. 2011). A técnica de produção de mudas de torrão consiste em separar os
178 propágulos dos estolões e provocar o seu enraizamento em bandejas com substrato. Quando
179 pronta para transplante, a muda vai com o volume de substrato envolto na raiz, facilitando seu
180 processo de pega no campo e a precocidade da colheita (Cocco et al. 2011).

181 Desta maneira, o elevado número de propágulos obtidos nesta pesquisa em um único
182 período de avaliação é um resultado muito positivo, uma vez que o método de produção de
183 mudas de torrão demanda uma elevada produção de propágulos em curto espaço de tempo, a
184 fim de produzir as mudas para transplante em quantidade e época adequadas (Schmitt et al.
185 2012). Ainda que seja possível realizar o armazenamento dos mesmos em ambiente refrigerado
186 até a obtenção de quantidades suficientes de material, trabalhos como de Schmitt et al., (2012)
187 mostram que, dependendo da cultivar, o tempo de armazenamento poderá alterar negativamente
188 o potencial produtivo das mudas, indicando que o ideal é obter o máximo possível de
189 propágulos em um curto espaço de tempo para produção de mudas de torrão.

190 As diferentes respostas obtidas com o uso dos condicionadores para a formulação do
191 substrato de CAIN podem ser atribuídas, principalmente, às propriedades físicas resultantes das
192 misturas. Neste sentido, é importante, para melhor entendimento da discussão dos resultados,
193 indicar os valores de referência para as características físicas de um substrato ideal. Segundo
194 De Boodt e Verdonck (1972), um substrato ideal apresenta uma porosidade total (PT) em torno
195 de 85%, espaço de aeração (EA) entre 20 e 40%, água facilmente disponível (AFD) entre 20 e
196 30% e água tamponante (AT) entre 4 e 10%. Sabe-se no entanto, que conseguir associar todas

197 estas características em um substrato é difícil e, dependendo do recipiente, cultura e manejo da
198 irrigação, os resultados obtidos tanto em relação às próprias características do substrato, quanto
199 à produção e qualidade do cultivo podem ser divergentes.

200 Na Tabela 1, estão apresentadas as características físicas referentes aos substratos no
201 final do experimento. A PT obtida foi de 83, 78 e 69% para os tratamentos CAIN+VM,
202 CAIN+S10 e CAIN+CAC, respectivamente, e o EA de 22, 19 e 17% para a mesma ordem de
203 substratos. Em relação a AFD e AT, o percentual para o substrato CAIN+VM foi de 9% em
204 ambos parâmetros. Para CAIN+S10, os valores foram 10% para AFD e 11% para a AT,
205 enquanto que para CAIN+CAC, a AFD foi de 10% e a AT de 12%.

206 Os percentuais de PT, EA e AFD ficaram próximos entre os três substratos, mas abaixo
207 dos valores considerados ideais, enquanto a AT ficou acima do ideal. Em relação à capacidade
208 de retenção de água (CRA) nas diferentes tensões de 10, 50 e 100 cm de coluna de água, a
209 análise aponta diferenças entre CAIN+CAC e CAIN+VM. O primeiro substrato se caracteriza
210 por conter partículas de tamanhos semelhantes e que retém pouca água, tanto que a CRA_{10} foi
211 de 52%, enquanto a CRA_{50} e CRA_{100} apontaram valores de 42% e 30%, respectivamente, já
212 para CAIN+VM, as CRA_{10} , CRA_{50} e CRA_{100} foram 61%, 52% e 43%, valores mais elevados,
213 e que se justificam pela alta absorção de água da vermiculita sob tensões mais elevadas.
214 CAIN+S10 apresentou valores intermediários de CRA (59%, 49% e 38%, seguindo a ordem
215 10, 50 e 100cm) em relação aos outros dois substratos.

216 Independente do condicionador adicionado à CAIN, uma das melhorias oferecidas ao
217 substrato foi o incremento da CRA, o que pode ser confirmado por Zorzeto et al. (2014), em
218 cujo trabalho a CAIN pura apresentou CRA de 10%, enquanto a mistura contendo CAIN e fibra
219 de coco granulada elevou a CRA para 40%, evidenciando a importância que materiais
220 condicionadores adicionados à CAIN tem para melhoria de suas características físicas e, assim,
221 potencializar seu uso.

222 Para todos os substratos, a AFD ficou bem abaixo do ideal referenciado por De Boodt e
223 Verdonck (1972). No substrato com CAC, o % de AFD (Tabela 1) foi igual ao de CAIN+S10
224 e próximo ao de CAIN+VM, porém a CRA_{10} foi a menor entre os três substratos, supostamente
225 porque a macroporosidade deste material foi maior que nos demais, o que reduziu o percentual
226 de água para manutenção da umidade do substrato. Isso levou a um suprimento deficiente de
227 água para as plantas, diferente do observado em CAIN+S10 e CAIN+VM.

228 As diferenças entre as densidades úmida (DU) e seca (DS) dos três substratos
229 evidenciam a maior capacidade das partículas da VM e de S10 de auxiliar na retenção de água
230 nas composições, do que as partículas de CAC, já que a densidade úmida de CAIN+VM e
231 CAIN+S10 foi 66% (377 g L^{-1}) e 57.3% (355 g L^{-1}) maior que suas densidades secas, que
232 corresponderam a 129 e 151 g L^{-1} , respectivamente. No entanto, a DU e a DS de CAIN+CAC
233 foram de 200 g L^{-1} e 101 g L^{-1} , nesta ordem, com um incremento de 49.5% de volume na DU.
234 Além disso, as matérias secas dos substratos ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$) foram maiores quanto menores foram
235 as CRAs destes materiais.

236 Além das características físicas dos substratos com condicionadores S10 e VM, como
237 maior PT e menor EA, indicando um maior teor de microporos que, conseqüentemente,
238 contribuíram para uma maior CRA_{10} , a composição química também teve seu papel nos
239 resultados, sendo que o condicionador S10, por se tratar de material orgânico, contém em sua
240 composição nutrientes minerais, o que pode ser observado pela CE do material, informado pelo
241 fabricante, que gira em torno de 0.5 dS m^{-1} . Diferentemente, a VM e a CAC são praticamente
242 inertes e não possuem nutrientes para ofertar às plantas inicialmente. Desta forma, CAIN+S10
243 favoreceu o maior crescimento e acúmulo de reservas nas coroas das plantas, sendo visível,
244 logo após o transplante, o maior crescimento e desenvolvimento das matrizes no tratamento
245 com S10.

246 Já o substrato contendo VM obteve valores mais elevados de CRA em relação ao
247 substrato com S10, além do maior espaço de aeração (61% de CRA_{10cm} e 22% de EA), e do
248 maior incremento de umidade entre DS e DU que chega a 66%. É possível que o aporte de água
249 ao substrato com VM, fosse maior do que o necessário para a produção de mudas de
250 morangueiro nas condições de cultivo sem solo, fazendo com que os resultados para algumas
251 variáveis de produção e qualidade de mudas fossem semelhantes ao obtido por CAIN+CAC,
252 que oferecia um aporte menor de água às plantas.

253 O substrato CAIN+CAC é composto por materiais que isoladamente possuem baixa
254 CRA, o que representa uma baixa capacidade de armazenamento de água e nutrientes minerais.
255 Com base nesta característica, pode-se inferir que nos primeiros dias após o transplante das
256 matrizes, na fase inicial de seu estabelecimento e crescimento, o baixo suprimento de água
257 conferido pelo substrato foi decisivo para a menor produtividade de material propagativo
258 observada. Isto é corroborado pelo fato de que, aos 36 dias após o transplante, ainda não se
259 contabilizava nenhum estolão no tratamento CAIN+CAC, enquanto que para CAIN+VM e
260 CAIN+S10, havia, em média, 1.1 e 4.6 estolões matriz⁻¹, respectivamente.

261 Assim, o atraso observado no crescimento e no início do estolonamento das matrizes no
262 tratamento CAIN+CAC, desencadeou o surgimento mais elevado no número de estolões,
263 quando estes surgiram, porém, houve redução no número de mudas enraizadas em cada estolão.

264 Adicionalmente, os valores da CE do drenado deste substrato se apresentavam sempre
265 abaixo do valor padrão de 1.4 dS m⁻¹. Isso, somado ao menor valor de pH (Figura 1) apresentado
266 nos três últimos meses do experimento (abaixo de 5.0), indica uma menor disponibilidade de
267 íons nutrientes para o crescimento das plantas.

268 Quanto as variáveis de qualidade das mudas, classificadas conforme o diâmetro da coroa
269 (Tabela 3), houve diferença estatística nas classes 1 (3.0 a 5.0 mm) e 3 (≥ 8.1 mm), destacando-
270 se os tratamentos CAIN+S10 e CAIN+VM com maiores números de mudas na classe 1 (50.9 e

271 41.8 respectivamente) e CAIN+S10 com maior número de mudas na classe 3 (72.0).
272 Considerando-se que o diâmetro padrão para coroa de mudas importadas é ≥ 8 mm, e estando
273 este parâmetro relacionado à qualidade fisiológica da muda, é interessante desenvolver
274 pesquisas adicionais com o substrato orgânico S10 como condicionador para a casca de arroz
275 *in natura*.

276 As mudas classe 1 (3.0 a 5.0 mm), ainda que atendam às normas para mudas nacionais,
277 apresentam menor valor comercial, pois lhes é atribuída uma baixa resistência ao transplante
278 no campo. Os tratamentos com adição de S10 ou de VM foram semelhantes e apresentaram
279 maior produção de mudas classificadas na classe 1 do que o substrato com a CAC como
280 condicionador. Isso pode ser explicado pelo rápido estabelecimento das matrizes,
281 desencadeando o surgimento de estolões e enraizamento de mudas mais rapidamente que em
282 CAIN+CAC. Como a superfície para enraizamento e crescimento foi tornando-se limitada na
283 bancada de cultivo, com o passar do tempo, se estabeleceu uma maior competição por luz e
284 espaço, fazendo com que parte das mudas ficassem menores.

285 Conforme mencionado anteriormente, no substrato com CAC, em função da menor
286 disponibilidade de água e a conseqüente maior dificuldade no estabelecimento inicial das
287 matrizes, ocorreu um atraso no surgimento dos estolões, e conseqüentemente, menor número
288 total de mudas por matriz, porém, estas apresentaram, proporcionalmente, menor número de
289 mudas na classe 1 (3.0 a 5.0 mm).

290 Os tratamentos não diferiram no número de mudas da classe 2 (5.1 a 8.0 mm),
291 apresentando 70.4, 69.2 e 53.9 mudas por matriz para CAIN+VM, CAIN+S10 e CAIN+CAC,
292 respectivamente. Estas mudas, com diâmetro da coroa intermediário, podem ser
293 comercializadas nacionalmente, com bons resultados produtivos. Isso é reforçado pelos
294 resultados obtidos por Cocco et al., (2011), cuja a análise da produção de frutas de plantas da

295 cv. Arazá originadas de mudas de raiz nua enquadradas na classe 2 (5.1 a 8.0 mm) mostrou
296 produção superior à das plantas da classe 3 (≥ 8.1 mm).

297 O maior número de mudas para CAIN+S10 prevaleceu na classe 3 (≥ 8.1 mm), seguidos
298 da classe 2 (5.1 a 8.0 mm), e posteriormente classe 1 (5.1 a 8.0 mm). Já os tratamentos com
299 VM e CAC, apresentaram a maioria de suas mudas na classe 2, seguido da classe 3, e por fim
300 classe 1 (Tabela 3).

301 Em relação à área foliar (AF) e à massa seca da parte aérea (MSPA), resultante da soma
302 de massa seca de folhas e massa seca de coroa, e apresentadas na Tabela 4, as mudas oriundas
303 do tratamento CAIN+S10 classificadas na classe 3 também foram estatisticamente superiores
304 às mudas desta mesma classe produzidas nos outros dois substratos, apresentando AF de 564.1
305 cm^2 e MSPA de 7.2 g planta⁻¹. Relacionando esta maior AF e MSPA na classe 3 com a
306 superioridade na produção de mudas, que também foi mais elevada nesta classe com o
307 condicionador S10, pode-se dizer que a mistura CAIN+S10 proporcionou maior produtividade
308 e melhor qualidade de mudas que os demais substratos.

309 A adição de S10 ao substrato teve efeito estatístico positivo também sobre as demais
310 variáveis de crescimento, sendo estas, o número de folhas, massa fresca e seca de folhas e massa
311 fresca e seca de coroa, apresentando nesta ordem 10.8 folhas, 37.4, 6.0, 7.1 e 1.2 g planta⁻¹,
312 respectivamente (dados não tabelados) para mudas da classe 3. Para as mudas das classes 1 e
313 2, os três substratos não tiveram efeito estatístico significativo sobre as variáveis de crescimento
314 avaliadas e citadas acima.

315 As mudas em CAIN+S10 apresentaram maior número de folhas, o que respondeu em
316 maior AF e, conseqüentemente, em uma presumível maior taxa fotossintética das plantas,
317 gerando maior produção de fotoassimilados, que se traduziu na maior MSPA.

318 As melhores características físicas e químicas do CAIN+S10 favoreceram a manutenção
319 de umidade e fornecimento de nutrientes deste substrato, além disso, por se tratar de material

320 orgânico e que contém assim, pequenas quantidades de nutrientes, o crescimento das matrizes
321 e conseqüentemente das mudas foi favorecido, em relação ao demais substratos, o que pode ser
322 evidenciado através da Figura 1, que as médias mensais de CE para CAIN+S10 foram mais
323 elevadas nos meses iniciais do experimento, que para os demais substratos. Houve maior
324 estabilidade do pH, com valores mensais em torno de 5.4. Para a mistura com VM, os valores
325 de CE ficaram mais baixos nos dois primeiros meses comparados aos de S10, porém mais
326 elevados do que com CAC, que demonstrou instabilidade na CE do drenado, com aumento
327 somente em janeiro e queda nos dois meses finais novamente. Quanto ao pH, a VM auxiliou a
328 manutenção dos valores na faixa de 5.8 a 6.5, enquanto que em CAC, os valores inicialmente
329 foram altos (6.0), mas passaram a valores abaixo de 4.9 nos três últimos meses.

330 As questões relacionados à CE e ao pH do condicionador são também importantes
331 quando da sua escolha, pois a adição de 35% de cada um deles ao mesmo material, CAIN 65%,
332 conferiu distintas características químicas, além das diferentes características físicas dos
333 substratos obtidos.

334 Os resultados obtidos demonstram que a CAIN com adição de material condicionador
335 pode ser empregada com sucesso como material básico na composição de substratos para a
336 propagação do morangueiro. Também reforçam a ideia de que o potencial de produção de
337 estolões, propágulos e mudas de qualidade dependem muito das características do meio de
338 crescimento radicular, neste caso, do substrato. Diferenças nas características físicas e químicas
339 dos substratos obtidos sustentam a sua influência na produção de mudas. A escolha adequada
340 do condicionador pode acarretar em maior otimização de espaços e de ganhos no setor de
341 produção de mudas.

342

343 **4.CONCLUSÃO**

344 A adição do substrato comercial S10 ao substrato de CAIN proporciona maior
345 crescimento, produção e qualidade do material propagativo produzido a partir de plantas
346 matrizes de morangueiro, em relação aos condicionadores vermiculita e CAC.

347

348 **5.REFERÊNCIAS**

349 Antunes, LEC, e Peres NA (2013). Strawberry production in Brazil and South America.
350 International Journal of Fruit Science, 13, 156-161.
351 <https://doi.org/10.1080/15538362.2012.698147>

352 Cocco, C, Andriolo, JL, Erpen, L, Cardoso, FL, e Casagrande, GS (2010). Development and
353 fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period.
354 Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45, 730-736. [https://doi.org/10.1590/S0100-](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000700014)
355 [204X2010000700014](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000700014)

356 Cocco, C, Andriolo, JL, Cardoso, FL, Erpen, L, e Schmitt, OJ (2011). Crown size and transplant
357 type on the strawberry yield. Scientia Agricola, 68, 489-493. [https://doi.org/10.1590/S0103-](https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000400015)
358 [90162011000400015](https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000400015)

359 Cocco, C, Gonçalves, MA, Picolotto, L, Ferreira, LV, e Antunes, LEC (2015). Crescimento,
360 desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com diferentes volumes de
361 torrão. Revista Brasileira Fruticultura, 37, 961-969. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-250/14>

362 De Boodt, M, e Verdonck, O (1972). The physical properties of the substrates in horticulture.
363 Acta Horticulturae, 26, 37-44. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1972.26.5>

364 Diel, MI, Pinheiro, MVM, Cocco, C, Thiesen, LA, Altíssimo, BS, Fontana, DC, Caron, BC,
365 Testa, V, e Schmidt, D (2017). Artificial vernalization in strawberry plants: phyllochron,

- 366 production and quality. *Australian Journal of Crop Science*, 11, 1315-1319. [http://doi:](http://doi:10.21475/ajcs.17.11.10.pne603)
367 10.21475/ajcs.17.11.10.pne603
- 368 Guimarães, AG, Andrade Júnior, VC, Elsayed, AYAM, Fernandes, JSC, e Ferreira, MA M
369 (2015). Potencial produtivo de cultivares de morangueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*,
370 37, 112-120. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-400/13>
- 371 Hohn, D, Peil, RMN, Perin, L, Marchi, PM, Grolli, PR, e Wieth, AR (2018). Rice husk
372 substrates and pruning time for gypsophila production. *Revista Colombiana de Ciências*
373 *Hortícolas*, 12, 476-483. <http://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7894>
- 374 Machado, AA e Conceição, AR (2003). Sistema de análise estatística para windows. *Winstat*.
375 Versão 2.0. Pelotas: UFPel.
- 376 Oliveira, RP, e Scivittaro, WB (2006). Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas
377 de morangueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28, 520-522. [https://doi.org/10.1590/S0100-](https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000300040)
378 29452006000300040
- 379 Oliveira, RP, Brahm, RU, e Scivittaro, WB (2007). Produção de mudas de morangueiro em
380 casa-de-vegetação utilizando recipientes suspensos. *Horticultura Brasileira*, 25, 107-109.
381 <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000100021>
- 382 Perin, L, Peil, RMN, Hohn, D, Rosa, DSB, Radtke, A, e Grolli, PR (2018). Trough and pot crop
383 systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. *Acta Scientiarum*
384 *Agronomy*, 40, 1-8. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34992>
- 385 Schmitt, OJ, Andriolo, JL, Toso, V, Janisch, DI, Dal Piccio, M, e Lerner, MA (2012). Cold
386 storage of strawberry runner tips on plug plants production and yield. *Ciência Rural*, 42, 955-
387 961. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000033>

388 Sonneveld, C, e Straver, N (1994) Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water
389 or substrates. 10th ed. The Netherlands, proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk.
390 45p. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n.8).

391 Zorzeto, TQ, Dechen, SCF, Abreu, MF, e Fernandes Júnior, F (2014). Caracterização física de
392 substratos para plantas. *Bragantia*, 73, 300-311. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0086>

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

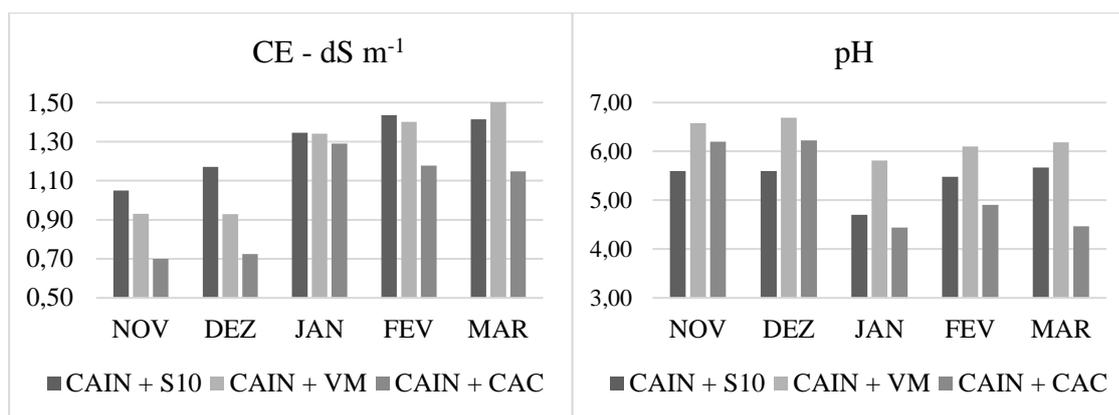
406

407

408

409

410



411
 412 Figura 1. Valores médios mensais de condutividade elétrica (CE) e pH da solução drenada de
 413 substratos à base de casca de arroz *in natura* (CAIN - 65%) misturados aos condicionadores
 414 S10 Beifort[®] (S10 - 35%), vermiculita média (VM - 35%) e casca de arroz carbonizada (CAC -
 415 35%) (volume:volume)

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436 Tabela 1. Características físicas de três substratos à base de casca de arroz *in natura* (CAIN -
 437 65%) misturados aos condicionadores S10 Beifort® (S10 - 35%), vermiculita média (VM - 35%)
 438 e casca de arroz carbonizada (CAC - 35%) (volume:volume) no final do experimento de
 439 propagação de morangueiro.

Físicas	SUBSTRATOS		
	CAIN + S10	CAIN + VM	CAIN + CAC
Densidade Úmida (g L ⁻¹)	355	377	200
Matéria Seca (g 100g ⁻¹)	42	34	50
Densidade Seca (g L ⁻¹)	151	129	101
Porosidade Total (%)	78	83	69
Espaço de Aeração (%)	19	22	17
Água Facilmente Disponível (%)	10	9	10
Água Tamponante (%)	11	9	12
Capacidade de R. Água _{10cm} (%)	59	61	52
Capacidade de R. Água _{50cm} (%)	49	52	42
Capacidade de R. Água _{100cm} (%)	38	43	30

440 Capacidade de R. Água: Capacidade de Retenção de Água a 10, 50 e 100cm.

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450 Tabela 2. Número médio de estolões primários, propágulos e mudas obtidos por planta matriz
 451 de morangueiro, e média de propágulos e de mudas por estolão, nos tratamentos com substrato
 452 à base de 65% de casca de arroz *in natura* (CAIN) e 35% (volume:volume) dos condicionadores
 453 S10 Beifort® (S10), vermiculita média (VM) e casca de arroz carbonizada (CAC).

Substrato	Estolões		Propágulos	Mudas	Propágulos
	primários	Mudas		estolão ⁻¹	estolão ⁻¹
CAIN+S10	14.0 B	192.1 A	180.1 A	13.7 A	12.9 A
CAIN+VM	18.4 AB	151.8 AB	163.1 AB	8.2 B	8.9 B
CAIN+CAC	19.8 A	119.9 B	127,4 B	6.0 B	6.4 B
Média	17.4	154.6	156.9	9.3	9.4
CV %	12.2	17.1	9.5	15.1	14.8

454 Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan
 455 ($p < 0,05$).
 456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471 Tabela 3. Número de mudas de raiz nua de morangueiro obtidas nos tratamentos com substrato
 472 à base de 65% de casca de arroz *in natura* (CAIN) e 35% (volume:volume) dos condicionadores
 473 S10 Beifort® (S10), vermiculita média (VM) e casca de arroz carbonizada (CAC), classificadas
 474 conforme o diâmetro da coroa: Classe 1 (5.1 a 8.0 mm), Classe 2 (5.1 a 8.0 mm) e Classe 3 (\geq
 475 8.1 mm).

Substrato	Classe 1	Classe 2	Classe 3
CAIN + S10	50.9 A	69.2 A	72.0 A
CAIN + VM	41.8 A	70.4 A	43.5 B
CAIN + CAC	15.0 B	53.9 A	45.5 B
Média	35.9	64.5	53.7
CV %	17.0	23.1	17.5

476 Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan
 477 ($p < 0,05$).
 478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493 Tabela 4. Valores médios de área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de mudas de
 494 morangueiro produzidas nos tratamentos com substrato à base de 65% de casca de arroz *in*
 495 *natura* (CAIN) e 35% (volume:volume) dos condicionadores S10 Beifort® (S10), vermiculita
 496 (VM) e casca de arroz carbonizada (CAC), classificadas conforme o diâmetro da coroa: Classe
 497 1 (C1; 3.0 a 5.0 mm), Classe 2 (C2; 5.1 a 8.0 mm) e Classe 3 (C3; ≥ 8.1 mm).

Substrato	AF C1 ----- cm ² planta ⁻¹ -----	AF C2	AF C3	MSPA C1 ----- g planta ⁻¹ -----	MSPA C2	MSPA C3
CAIN+S10	49.2 A	84.2 A	564.1 A	0.4 A	0.9 A	7.2 A
CAIN+VM	40.7 A	85.0 A	260.3 B	0.4 A	1.1 A	4.7 B
CAIN+CAC	35.5 A	74.1 A	370.3 B	0.4 A	0.8 A	4.0 B
Média	41.8	81.1	398.2	0.4	0.9	5.3
CV %	24.6	19.8	16.6	24.3	19.4	23.9

498 Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan
 499 ($p < 0,05$).
 500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

4. Artigo 2

Condicionadores para substrato de casca de arroz *in natura* em sistema recirculante e a influência do tipo de muda e da idade da planta na cultura do morangueiro

(Artigo escrito de acordo com normas da Scientia Horticulturae)

1 **CONDICIONADORES PARA SUBSTRATO DE CASCA DE ARROZ *IN NATURA***
2 **EM SISTEMA RECIRCULANTE E A INFLUÊNCIA DO TIPO DE MUDA E DA**
3 **IDADE DA PLANTA NA CULTURA DO MORANGUEIRO**

4 **RESUMO:** O cultivo sem solo do morangueiro com o emprego de materiais locais como
5 substrato é uma alternativa para redução de custos e reaproveitamento de resíduos. A casca de
6 arroz carbonizada (CAC) é o substrato mais utilizado no sul do Brasil. No entanto, a casca de
7 arroz *in natura* (CAIN) misturada a materiais condicionadores poderia servir de substrato, com
8 algumas vantagens para o cultivo do morangueiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar o
9 crescimento e o desempenho produtivo de plantas de morangueiro cv Aromas, originadas de
10 mudas de raiz nua e de torrão, assim como, de plantas de segundo ano frente a plantas de
11 primeiro ano de cultivo, em substratos formulados com CAIN e dois tipos de condicionadores
12 (CAC e substrato comercial S10 Beifort®). Os substratos [CAIN (100%), CAIN+CAC
13 (80%:20%), CAIN+S10 (80%:20%) e CAIN+CAC+S10 (80%:10%:10%)] foram estudados em
14 dois experimentos. No primeiro, foi avaliado o transplante de mudas de torrão e de raiz nua e,
15 no segundo, a manutenção de plantas de segundo ano de cultivo, frente às plantas de primeiro
16 ano. Em ambos os experimentos, as seguintes variáveis foram avaliadas: produção de massa
17 seca de folhas, coroa e frutas, índice de área foliar, razão de área foliar e área foliar específica,
18 número, produtividade e massa média de frutas. Os resultados do primeiro experimento
19 mostraram que, independente do substrato, plantas de torrão apresentaram maior crescimento e
20 produtividade, proporcionando, na média, a colheita de 381.9 g planta⁻¹, um incremento de
21 146.3 g planta⁻¹ (acréscimo de 62.1%) na produtividade comercial das plantas em relação ao
22 cultivo de mudas de raiz nua. No cultivo de plantas de torrão, os três substratos com
23 condicionadores, indistintamente, aumentaram o crescimento da planta e a produtividade de
24 frutas, com média de 410.3 g planta⁻¹, i.e. um ganho de 113.6 g planta⁻¹ em relação ao cultivo
25 em CAIN100%. Desta maneira, pode-se empregar a CAC como condicionador único da CAIN.

26 Quanto ao cultivo de mudas de raiz nua, a adição de CAC e o uso simultâneo desta com o
27 substrato comercial S10 como condicionadores da CAIN incrementaram o crescimento da
28 planta. Porém, os ganhos em produtividade de frutas foram menos expressivos e respostas
29 positivas claras para esta variável foram obtidas somente com o uso simultâneo de casca de
30 arroz carbonizada e o substrato comercial S10. Os resultados do segundo experimento, indicam
31 que plantas de segundo ano de cultivo, na média, apresentaram maior crescimento vegetativo,
32 número e produtividade de frutas ($296.8 \text{ g planta}^{-1}$, frente a 240.2 g planta das plantas de
33 primeiro ano), porém, com menor massa média de frutas do que as plantas de primeiro ano.
34 Contudo, plantas de primeiro ano apresentaram superior produtividade comercial no substrato
35 CAIN+S10.

36 **Palavras chave:** *Fragaria x ananassa*, cultivo sem solo, características de substratos, produção
37 de massa seca, produtividade de frutas.

38
39 **ABSTRACT:** The soilless cultivation of strawberries using local materials as a substrate is an
40 alternative to reduce costs and reuse waste. Carbonized rice husk (CRH) is the most used
41 substrate in southern Brazil. However, freshraw rice husk (RRH) mixed with conditioning
42 materials could serve as a substrate, with some advantages for strawberry cultivation. The
43 objective of this work was to evaluate the growth and the productive performance of strawberry
44 plants cv Aromas, originated from bare root and plug plants, as well as second year plants
45 compared to first year plants, in substrates formulated with RRH and two types of conditioners
46 (CRH and commercial substrate S10 Beifort®). The substrates [RRH (100%), RRH+CRH
47 (80%:20%), RRH+S10 (80%:20%) and RRH+CRH+S10 (80%:10%:10%)] were studied in two
48 experiments. In the first, the transplantation of bare root and plug plants was evaluated and in
49 the second, the maintenance of plants of the second year of cultivation, compared to the plants
50 of the first year. In both experiments, the following variables were evaluated: production of dry

51 mass of leaves, crown and fruits, leaf area, ratio of leaf area and specific leaf area, number,
52 productivity and average fruit mass. The results of the first experiment showed that, regardless
53 of the substrate, clod plants showed greater growth and productivity, providing, on average, a
54 harvest of 381.9 g plant⁻¹, an increase of 146.3 g plant⁻¹ (increase of 62.1%) in commercial
55 productivity of plants in relation to the cultivation of bare root transplants. In the cultivation of
56 plug plants, the three substrates with conditioners, indistinctly, increased plant growth and fruit
57 productivity, with an average of 410.3 g plant⁻¹, i.e. a gain of 113.6 g plant⁻¹ in relation to
58 cultivation in RRH 100%. In this way, CRH can be used as RRH unique conditioner. As for the
59 cultivation of bare root transplants the addition of CRH and the simultaneous use of this with
60 the commercial substrate S10 as RRH conditioners increased the plant's growth. However, the
61 gains in fruit productivity were less expressive and clear positive responses for this variable
62 were obtained only with the simultaneous use of CRH and the commercial substrate S10. The
63 results obtained in the second experiment, indicate that plants of second year of cultivation, on
64 average, showed greater vegetative growth, number and fruit yield (296.8 g plant⁻¹, compared
65 to 240.2 g plant⁻¹ of first year plants), however, with a lower average mass of fruit than the first
66 year plants. However, first year plants showed superior commercial yield in the RRH+S10
67 substrate.

68 **Keywords:** *Fragaria x ananassa*, soilless system, substrate characteristics, dry mass
69 production, fruit yield.

70

71 1.INTRODUÇÃO

72 O cultivo do morangueiro em substrato é uma realidade cada vez mais presente no sul
73 do Brasil. Entre os substratos mais utilizados está a mistura de casca de arroz carbonizada
74 (CAC) e composto orgânico. Esta proposta de substrato ocorre pela necessidade que os sistemas
75 que ainda não coletam e recirculam a solução nutritiva drenada têm de utilizar materiais com

76 elevada capacidade de retenção de água (CRA), o que demanda menor frequência de irrigação,
77 justamente para reduzir a perda de solução nutritiva.

78 Desde há alguns anos, vários produtores vêm empregando sistemas com coleta e
79 recirculação de solução nutritiva drenada, de forma a evitar desperdícios de água e nutrientes,
80 além de reduzir a contaminação ambiental pelo lixiviado. Nestes sistemas fechados, não é
81 interessante utilizar materiais quimicamente ativos em alta proporção (50% ou mais), porque a
82 elevada CTC causaria salinização da solução nutritiva (Andriolo et al., 2009).

83 Assim, o substrato mais frequentemente utilizado em sistemas fechados para a produção
84 de morangos no sul do Brasil, até o momento, é a CAC isoladamente. No entanto, o processo
85 de carbonização somente pode ser realizado mediante licenciamento ambiental, tornando-se
86 assim um produto comercial, o que gera custo adicional e incertezas relativas ao fornecimento
87 do substrato. Uma alternativa seria a utilização da casca de arroz *in natura* (CAIN), material
88 sem custo para o produtor. Porém, acredita-se que o uso isolado da CAIN, devido a sua baixa
89 CRA, possa trazer prejuízos à cultura do morangueiro. A adição à CAIN de uma certa
90 quantidade de materiais condicionadores, como compostos orgânicos, substratos comerciais e
91 a própria CAC, poderia melhorar a CRA do substrato, favorecendo a absorção de água e o
92 crescimento das plantas.

93 Paralelamente, deve-se ter em conta que a adoção de um material não usual como
94 componente principal do substrato, como é o caso da CAIN para a cultura do morangueiro,
95 exige estudo e adequação de outras práticas culturais, cujas as respostas podem estar
96 condicionadas às características do substrato. Entre estas, cabe salientar o tipo de muda (raiz nua
97 ou de torrão) e a possibilidade de sucessão de ciclos contínuos com a mesma planta frente à
98 substituição das plantas a cada ano.

99 No que se refere ao tipo de muda, no Brasil, tradicionalmente, a muda empregada é
100 obtida através de plantas matrizes cultivadas no solo, que originam mudas de raiz nua. No

101 entanto, há relatos da produção de mudas através de propágulos destacados de uma planta mãe
102 e enraizados em bandejas com substrato (Cocco et al., 2015), formando mudas com torrão ou
103 *plug plants*. Supõe-se que as características das mudas com torrão, como o sistema radicular
104 envolto pelo substrato e a presença das folhas no momento do transplante, garantiriam índice
105 de pegamento, crescimento e produção superiores, particularmente em substratos com baixa
106 CRA, como é a CAIN, em comparação com mudas de raízes nuas, que são comercializadas
107 normalmente sem folhas e com sistema radicular exposto. No entanto, supõe-se que a adição
108 de material condicionador, elevando a CRA, possibilite a melhoria das respostas de mudas de
109 raízes nuas cultivadas em CAIN.

110 A segunda prática cultural, cujas respostas podem estar condicionadas às características
111 do substrato é a manutenção das plantas por mais de um ciclo, sem que haja perda de
112 produtividade, uma vantagem adicional, observada no sistema de cultivo em substrato. A
113 utilização das plantas em ciclos sucessivos permite a diluição dos custos, uma vez que a muda
114 corresponde a 25% dos custos de implantação (Reisser Jr et al., 2014). Mesmo havendo relatos
115 de produtores, informações de pesquisa sobre o comportamento de plantas de segundo ano
116 frente ao de plantas de primeiro ano são inexistentes.

117 Em tal comportamento, as características atribuídas ao substrato pela adição de um
118 condicionador podem trazer consequências positivas ou negativas. Segundo Godoi et al. (2009),
119 substratos que apresentam baixa CRA podem dificultar o crescimento das plantas,
120 principalmente no primeiro ano. Já, plantas de segundo ano, com o sistema radicular bem
121 estabelecido, podem superar a produção de plantas de primeiro ano neste mesmo substrato. Por
122 outro lado, em substratos com maior CRA, o comportamento de plantas de primeiro e de
123 segundo ano de cultivo pode ser semelhante.

124 Considerando os aspectos expostos, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento
125 e o desempenho produtivo de mudas nacionais de morangueiro de raiz nua e com torrão e de

126 plantas de segundo ano frente a plantas de primeiro ano de cultivo em substratos formulados
127 com CAIN e dois tipos de condicionadores.

128

129 **2.MATERIAL E MÉTODOS**

130 O trabalho foi conduzido entre os meses de abril de 2017 e dezembro de 2018, no Campo
131 Experimental e Didático do Departamento de Fitotecnia, localizado no Campus da
132 Universidade Federal de Pelotas, município de Capão do Leão, RS, Brasil (latitude: 3° 52" S, e
133 altitude de 13m) em uma estufa metálica do tipo “teto em arco”, dimensões de 21 x 10 m,
134 revestida com filme plástico de polietileno de 150 µm, e orientação Norte-Sul. Segundo a
135 classificação de Kopeen, o clima da região é do tipo Cfa, caracterizando-se como subtropical
136 úmido com verões quentes.

137 A pesquisa abrangeu dois experimentos. O material vegetal empregado em ambos
138 experimentos foi a cultivar Aromas, de dias neutros.

139 O primeiro experimento, realizado no ano de 2017, teve o objetivo de avaliar dois tipos
140 de mudas cultivadas em quatro substratos.

141 As mudas de raiz nua foram obtidas a partir do arranquio de plantas originadas de pontas
142 de estolões enraizadas em bancadas de cultivo, preenchidas com substrato composto pela
143 mistura de 65% de CAIN e 35% de S10 (substrato comercial orgânico S10 Beifort[®]), onde se
144 cultivavam as plantas matrizes. As mudas de torrão foram obtidas de pontas de estolões obtidas
145 das mesmas bancadas e enraizadas em substrato comercial Carolina Soil[®] alocado em bandejas
146 de 72 células.

147 Os substratos avaliados na fase de produção de frutas foram formulados com a adição
148 de diferentes proporções de CAC e substrato comercial (S10), utilizados nesta pesquisa como
149 condicionadores da CAIN. O substrato S10 Beifort[®] é obtido a partir da mistura de composto
150 do engaço e bagaço de uva, além da adição de CAC e turfa. Quatro composições de substratos

151 foram estudadas: CAIN(100%), CAIN(80%) + S10(20%), CAIN(80%) + CAC(20%) e
152 CAIN(80%) + S10(10%) + CAC(10%).

153 Os materiais componentes dos substratos foram homogeneizados e, posteriormente,
154 alocados em calhas de madeira, nas dimensões 0.3 x 7.5 x 0.12m, com 270L de capacidade,
155 previamente revestidas internamente com filme plástico para recolhimento e condução da
156 solução nutritiva drenada até a caixa reservatória, compreendendo assim um sistema
157 recirculante. As calhas foram elevadas a 0.8m do solo, com uma declividade de 4%.

158 A disposição das calhas foi em linhas duplas com distância interna entre calhas de 0.10m
159 e caminhos de 0.60m entre cada dupla de calhas. A cada par de calhas foi atribuído um mesmo
160 substrato, formando assim, um sistema compartilhado com mesmo conjunto moto-bomba e
161 caixa reservatória (250 litros). A fertirrigação era feita por meio de canos de PVC e uma linha
162 de mangueira gotejadora para cada calha, com gotejos espaçados a 0.10m e vazão unitária de
163 1.6 L h^{-1} .

164 No dia 20 de abril de 2017, foi realizado o transplante das mudas. Cada calha recebeu
165 60 mudas de morangueiro espaçadas em 0.25m, resultando na densidade de $12.9 \text{ plantas m}^{-2}$. O
166 experimento continha na sua totalidade 480 plantas.

167 O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro
168 repetições. A combinação dos quatro substratos com os dois tipos de muda resultou em oito
169 tratamentos experimentais. Cada parcela foi composta por 15 plantas. O período de colheita
170 iniciou em 27 de julho de 2017, estendendo-se até 19 de fevereiro de 2018.

171 No segundo ano da pesquisa (2018), realizou-se um experimento cujo objetivo foi
172 comparar plantas de primeiro e segundo ano de cultivo. Para tanto, foram mantidas nas calhas
173 do experimento anterior, parte das plantas originadas de mudas de torrão. Foi realizada uma
174 poda drástica e o raleio de coroas destas plantas. As plantas retiradas foram substituídas por
175 mudas de torrão novas, as quais foram transplantadas em 23 de abril de 2018.

176 Os tratamentos foram constituídos pela combinação dos mesmos quatro substratos (em
177 segundo ano de uso) com duas idades de planta (primeiro e segundo ano de cultivo). O
178 delineamento experimental foi em blocos casualizados e parcela dividida, com quatro
179 repetições. A parcela correspondeu ao fator substrato (15 plantas) e a subparcela ao idade da
180 planta (8 plantas de primeiro e 7 plantas de segundo ano). O experimento continha 240 plantas
181 na totalidade. A colheita iniciou-se em 29 de junho de 2018 e foi encerrada em 19 de dezembro
182 de 2018.

183 As soluções nutritivas utilizadas nos experimentos foram as formuladas por Sonneveld
184 & Straver (1994). A solução nutritiva vegetativa tinha condutividade elétrica (CE) de 1.4 dS m^{-1}
185 ¹, e foi fornecida até início do florescimento em cada experimento. A solução de frutificação
186 tinha CE de 1.7 dS m^{-1} , e foi fornecida na maior parte do ciclos em ambos experimentos, e
187 continha as seguintes concentrações de macronutrientes (mmol L^{-1}): 10.0 de NO_3^- ; 1.25 de
188 H_2PO_4^- ; 2.5 de SO_4^{2-} ; 0.75 de NH_4^+ ; 6.0 de K^+ ; 2.95 de Ca^{+2} ; 1.8 de Mg^{+2} , e micronutrientes
189 (mg L^{-1}): 1.08 de Fe; 0.20 de Mn; 0.07 de Zn; 0.17 de B; 0.025 de Cu e 0.05 de Mo. A CE e o
190 pH da solução lixiviada das calhas eram monitorados diariamente com condutivímetro e
191 pHmetro portáteis. Mensalmente, após a lavagem do substrato com água, a solução nutritiva
192 era totalmente reposta.

193 Em ambos experimentos, as plantas foram avaliadas quanto ao número e massa fresca
194 e seca de frutas. As frutas colhidas e as folhas provenientes de desfolhas de limpeza de cinco
195 plantas marcadas por repetição eram contabilizadas e a área foliar era medida através de
196 equipamento medidor de área foliar modelo LI-3100C. Ao final de cada experimento, foram
197 avaliadas a massa seca de folhas e coroas. O material vegetal foi seco em estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ até
198 atingir peso constante para aquisição das massas secas.

199 Amostrs de substratos foram coletadas ao final de cada experimento para análise de
200 suas características físicas e químicas (Tabela 1) no Laboratório de Análise de Substratos para
201 Plantas do DDPA/SEAPDR, em Porto Alegre (RS).

202 Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre
203 si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Winstat
204 (Machado & Conceição, 2003).

205

206 **3.RESULTADOS**

207 3.1.Experimento 2017: condicionadores x tipo de muda

208 A análise de variância dos resultados referentes às variáveis de crescimento avaliadas
209 no experimento de 2017 indicou que para massa seca de folhas (MSF), coroa (MSC) e frutas
210 (MSFr), índice de área foliar (IAF) e razão de área foliar (RAF) não houve interação entre os
211 fatores substrato e tipo de muda. A interação entre os dois fatores foi significativa para as
212 variáveis massa seca total da parte aérea (MSTPA) e área foliar específica (AFE) (Tabela 2).

213 Os substratos com a adição de CAC (CAIN+CAC e CAIN+CAC+S10) não diferiram
214 entre si e promoveram plantas com maior MSF, IAF e RAF que os substratos CAIN 100% e
215 CAIN + S10 (Tabela 2). Em relação à última variável, o cultivo no substrato CAIN+S10 reduziu
216 o valor de RAF em relação ao substrato CAIN 100%. O cultivo nos substratos
217 CAIN+CAC+S10 e CAIN+CAC proporcionou IAF de 5.5 e 5.8, nessa ordem, contra 3.3 e 3.7
218 do cultivo em CAIN+S10 e CAIN 100%, respectivamente.

219 Em relação à MSC (Tabela 2), os três substratos com condicionadores não diferiram
220 entre si e proporcionaram valores entre 8.1 e 9.8 g planta⁻¹, significativamente superiores à
221 MSC das plantas cultivadas em CAIN pura, que foi de 6.4 g planta⁻¹.

222 Já, quanto à MSFr, os dois substratos com adição de S10 (CAIN+CAC+S10 e
223 CAIN+S10) se destacaram, com 30.0 e 29.7 g planta⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

224 No que se refere aos efeitos isolados do tipo de muda, as plantas de torrão produziram
225 MSFr de 32.1 g planta⁻¹, significativamente superior ao valor de 21.6 g planta⁻¹ das plantas de
226 raíz nua (Tabela 2). No entanto, o tipo de muda não afetou a produção de MSF e MSC, o IAF
227 e a RAF (Tabela 2).

228 Os três tratamentos com adição de condicionadores resultaram em maior produção de
229 MSTPA (Tabela 2) do que o cultivo em CAIN 100%, com exceção para o substrato CAIN+S10
230 em plantas de raiz nua que obtiveram 61.7 g planta⁻¹. Não obstante, para o cultivo de plantas
231 originadas de mudas de raiz nua, o substrato CAIN+S10 apresentou respostas inferiores aos
232 substratos com adição de CAC, se equiparando ao cultivo em CAIN 100% (Tabela 2). Quanto
233 ao tipo de planta, somente nos substratos com adição de S10, as plantas originadas de mudas
234 com torrão foram superiores às de raiz nua na produção de MSTPA (Tabela 2).

235 Os maiores valores de AFE foram observados nos substratos CAIN+CAC e
236 CAIN+CAC+S10, em ambos os tipos de planta (Tabela 2). No caso das plantas de raiz nua, o
237 substrato CAIN+S10 foi inferior ao CAIN 100% (Tabela 2). Para esta variável, foi observada
238 superioridade das plantas de torrão sobre raiz nua somente em CAIN+S10 e CAIN+CAC.

239 Quanto às variáveis de produção (Tabela 3), a análise de variância indicou que não
240 houve interação significativa entre os fatores substrato e tipo de muda para número de frutas
241 comerciais e produção não comercial. A interação entre os dois fatores foi significativa para as
242 variáveis produtividade comercial (g planta⁻¹) e massa média da fruta (MMFr; g fruta⁻¹).

243 O cultivo no substrato CAIN+CAC+S10, na média, originou 34.1 frutas comerciais por
244 planta, valor superior aos obtidos com os outros três substratos, cujos resultados foram similares
245 e corresponderam a 26.9, 29.4 e 29.2 frutas, respectivamente, para CAIN 100%, CAIN+S10 e
246 CAIN+CAC (Tabela 3). Adicionalmente, a produção não comercial aumentou segundo a ordem
247 CAIN 100%, CAIN+S10, CAIN+CAC e CAIN+CAC+S10, sendo que os dois últimos
248 substratos não diferiram entre si (Tabela 3).

249 Em relação ao tipo de planta, as mudas de torrão proporcionaram, na média, número de
250 frutas comerciais (36.2, frente a 23.3 frutas obtidas a partir das mudas de raiz nua) e produção
251 não comercial superiores às das plantas de raiz nua (Tabela 3).

252 Também, as plantas de torrão resultaram em maior produtividade comercial que as de
253 raiz nua em todos os quatro substratos (Tabela 3). Para essas, os três substratos com
254 condicionadores não diferiram entre si e foram superiores ao substrato CAIN 100%, obtendo-
255 se os valores de produtividade de frutas de 435.4, 399.6, 395.9 e 296.7 g planta⁻¹ para
256 CAIN+CAC+S10, CAIN+CAC, CAIN+S10 e CAIN 100%, respectivamente. Com o plantio de
257 mudas de raiz nua, as produtividades foram mais baixas, com 272.4, 253.0, 214.6 e 202.2 g
258 planta⁻¹ para CAIN+CAC+S10, CAIN+S10, CAIN 100% e CAIN+CAC, respectivamente,
259 destacando-se os dois substratos que continham o condicionador S10 em suas formulações.

260 Em relação à MMFr, as diferenças entre substratos foram observadas somente no cultivo
261 de mudas de raiz nua (Tabela 3), no qual o tratamento CAIN+S10 proporcionou a maior MMFr,
262 11.9 g fruta⁻¹, sendo superior inclusive ao tratamento com mudas de torrão neste mesmo
263 substrato (Tabela 3). O cultivo nos substratos CAIN 100% e CAIN+CAC+S10 resultou em
264 MMFr semelhantes para os dois tipos de plantas. Porém, no substrato CAIN+CAC, as plantas
265 de torrão produziram frutas com superior MMFr em relação às plantas de raiz nua (Tabela 3).

266 3.2.Experimento 2018: condicionadores x idade da planta

267 A análise de variância dos resultados referentes às variáveis de crescimento avaliadas
268 no experimento de 2018 indicou que para MSF, MSC e AFE não houve interação entre os
269 fatores substrato e idade da planta. A interação entre os fatores foi significativa para as variáveis
270 MSFr e MSTPA, IAF e RAF.

271 Não ocorreram diferenças significativas entre os substratos no que se refere à produção
272 de MSF, com valores variando de 23 a 26.9 g planta⁻¹, assim como para AFE, que apresentou
273 valores entre 101.3 e 109.6 cm² g⁻¹ (Tabela 4). A produção de MSC não diferiu entre as plantas

274 cultivadas em CAIN+CAC+S10, CAIN+CAC e CAIN 100% com 7.9, 7.6 e 7.4 g planta⁻¹,
275 respectivamente, cujos valores foram superiores ao obtido em CAIN+S10 (5.3 g planta⁻¹).

276 No cultivo das plantas de primeiro ano, não houve diferenças significativas entre
277 substratos quanto ao IAF, à RAF e à produção de MSTPA (Tabela 4). No entanto, os substratos
278 CAIN+S10 e CAIN 100% se destacaram com maiores acúmulos de MSFr (21.5 e 18.9 g planta⁻¹,
279 respectivamente).

280 Já no cultivo de plantas de segundo ano, o substrato CAIN 100% proporcionou o maior
281 IAF (4.5; Tabela 4). Quanto à RAF, a única diferença observada entre substratos, foi o menor
282 valor apresentado pelas plantas cultivadas em CAIN+CAC em relação ao valor das plantas em
283 CAIN+S10 (Tabela 4). Adicionalmente, no cultivo destas plantas, CAIN 100% e CAIN+CAC
284 elevaram a produção de MSFr (27.9 e 26 g planta⁻¹, respectivamente) e MSTPA (73.3 e 72.8 g
285 planta⁻¹, respectivamente) em relação ao cultivo nos substratos com S10 (Tabela 4).

286 No que se refere aos efeitos da idade da planta, as de segundo ano de cultivo foram
287 estatisticamente superiores às de primeiro ano em relação à MSF e MSC, com valores de 32.5
288 e 9.9 g planta⁻¹, respectivamente, e apresentaram maior IAF e maior produção de MSTPA em
289 todos os substratos (Tabela 4). Também apresentaram valores superiores de RAF no cultivo em
290 CAIN+S10 e de MSFr nos substratos CAIN100% e CAIN+CAC (Tabela 4). Porém, a idade da
291 planta não mostrou efeito significativo sobre a AFE.

292 Quanto às variáveis de produção (Tabela 5), a análise de variância indicou que houve
293 interação significativa entre os fatores substrato e idade da planta para número de frutas,
294 produtividade comercial e produção não comercial. Para a MMFr, a análise de variância não
295 indicou interação significativa entre os dois fatores.

296 No cultivo de plantas de primeiro ano, os substratos CAIN+S10 e CAIN 100%
297 possibilitaram a obtenção de um maior número de frutas, com 22.2 e 20.3 frutas por planta,
298 valores significativamente superiores aos obtidos em CAIN+CAC e CAIN+CAC+S10, que

299 produziram 17.4 e 15.0 frutas, respectivamente (Tabela 5). O cultivo em CAIN+S10 também
300 favoreceu a produtividade comercial de frutas, obtendo-se 300.2 g planta⁻¹, valor
301 estatisticamente superior aos obtidos nos demais substratos (264.2, 211.0 e 186.5 g planta⁻¹ em
302 CAIN 100%, CAIN+CAC, e CAIN+CAC+S10, nesta ordem; Tabela 4). Já, o substrato
303 CAIN+CAC aumentou a produção de frutas não comerciais em comparação com todos os
304 demais (Tabela 4).

305 Com respeito ao cultivo de plantas de segundo ano, CAIN+CAC se destacou dos demais
306 substratos quanto ao número de frutas (37 frutas planta⁻¹), à produção não comercial e,
307 juntamente com o cultivo em CAIN 100%, à produtividade de frutas comerciais (366.6 e 342.1
308 g planta⁻¹, respectivamente, contra os substratos que continham S10 na formulação nos quais
309 se obteve 254.9 e 223.6 g planta⁻¹, para CAIN+S10 e CAIN+CAC+S10, nesta ordem; Tabela
310 5). O cultivo em CAIN 100% promoveu o segundo maior número de frutas colhidas (30.6
311 frutas), que foi superior ainda, aos substratos que continham S10 como condicionador (23.4 e
312 22.9 frutas em CAIN+S10 e CAIN+CAC+S10, respectivamente; Tabela 5).

313 Adicionalmente, independentemente da idade da planta, o cultivo em CAIN 100% e
314 CAIN+S10 possibilitou a colheita de frutas com maior MMFr (12.1 g), em relação à média
315 obtida nos outros dois substratos (11.1 g; Tabela 5).

316 Quanto ao efeito da idade da planta, houve igualdade entre as de segundo ano em relação
317 às de primeiro ano no substrato CAIN+S10 para número de frutas (Tabela 5). Plantas de
318 segundo ano apresentaram valor inferior de produtividade comercial somente no cultivo em
319 CAIN+S10. Foram estatisticamente superiores quanto ao número de frutas e à produtividade
320 comercial em todos os outros três substratos, e, quanto à produção de frutas não comerciais,
321 nos quatro substratos (Tabela 5). Porém, independentemente do substrato, o cultivo de plantas
322 de segundo ano resultou em frutas com menor MMFr (10.4 g fruta⁻¹, frente ao valor de 12.7 g
323 fruta⁻¹ das plantas de primeiro ano; Tabela 5).

324

325 **4. DISCUSSÃO**

326 4.1.1.Efeito do substrato: Experimento 2017

327 Nos substratos com adição de CAC, nos quais o IAF, a RAF e a AFE foram mais
328 elevados, a produção de massa seca dos órgãos aéreos (Tabela 2) e a produtividade comercial
329 das plantas (Tabela 3) também foram mais elevadas (com exceção da MSFr e da produtividade
330 com as mudas de raiz nua em CAIN+CAC, que resultou inferior). Os maiores valores de massa
331 seca dos distintos órgãos da planta, quando somados, contribuíram para a maior produção da
332 MSTPA (Tabela 2), adquirida nos substratos com CAC. Embora a RAF mais elevada possa
333 significar que maior área foliar foi necessária para a produção de 1 grama de massa seca
334 (Benincasa 2003), a maior AFE indica que as plantas nos substratos com CAC apresentaram
335 superior capacidade de expandir a área foliar para cada grama de MS presente nas folhas. Como
336 consequência, o IAF foi mais elevado, o que evidencia uma maior capacidade fotossintética das
337 plantas, sendo, desta maneira, beneficiada a produção de MSTPA. Na média, o cultivo nos dois
338 substratos com CAC resultou em valores de MSF e IAF, respectivamente, 37.5 e 61.4%
339 superiores à média obtida com os substratos CAIN 100% e CAIN + S10.

340 O cultivo em CAIN+S10 resultou em valores equivalentes ou, inclusive, menores de
341 IAF, RAF e AFE do que os observados no substrato CAIN 100% (Tabela 2). Tampouco se
342 destacou na produção de MSF, porém se equiparou aos outros dois substratos com
343 condicionadores na produção da MSC (Tabela 2). Paradoxalmente, neste substrato se obteve
344 valores de MSFr (Tabela 2) e produtividade de frutas comerciais (Tabela 3) equivalentes às
345 obtidas no substrato CAIN+CAC+S10, indicando que nele, as plantas foram mais eficientes na
346 distribuição de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos (frutas), o que, no caso do cultivo
347 de mudas com torrão, proporcionou uma MSTPA (Tabela 2) similar à obtida nos dois substratos
348 com CAC.

349 Os resultados reforçam a importância do crescimento da coroa para o crescimento das
350 frutas. Com este propósito, a adição de condicionadores à CAIN é fundamental, visto que, na
351 média, os três substratos com condicionadores incrementaram em 37.0% a MSC em
352 comparação ao cultivo em CAIN pura.

353 Cabe salientar que a MMFr observada em todos os substratos para a cv. Aromas, com
354 valores que variaram entre 9.3 e 11.9 g fruta⁻¹ (Tabela 3), foram baixas, mas estão próximas ao
355 valor de 11.1 g fruta⁻¹, obtido por Zorzetto et al. (2016), ao utilizarem CAIN em vasos, com a
356 cv. Oso Grande. Sob condições de cultivo no solo, é muito variável a MMFr relatada na
357 literatura para a cv. Aromas, variando de 9.5g (Guimarães et al., 2015) até 15.5g (Cocco et al.,
358 2015). No entanto, tais diferenças podem estar associadas ao protocolo estabelecido para o
359 cálculo da MMFr. No presente trabalho, todas as frutas comerciais colhidas durante o
360 experimento foram consideradas no cálculo e não somente uma amostra.

361 Uma vez que a MMFr (Tabela 3), de maneira geral, não apresentou variações
362 significativas entre os substratos, a maior produtividade obtida (Tabela 3) no substrato com a
363 adição simultânea dos dois condicionadores, em relação ao substrato CAIN 100%, pode ser
364 atribuída à produção de um maior número de frutas comerciais (Tabela 3). Já, a combinação de
365 valores absolutos superiores de número de frutas e de MMFr obtidos nos substratos
366 CAIN+CAC e CAIN+S10 garantiu produtividade comercial superior à observada em CAIN
367 100% e equivalente à obtida em CAIN+CAC+S10, sobretudo no cultivo de mudas de torrão.

368 De maneira geral, os menores valores de MSF, MSC e MSFr e, por consequência, de
369 MSTPA (Tabela 2) ocorreram no substrato sem condicionador. Foi neste substrato que tanto
370 plantas de torrão como de raízes nuas acumularam os menores valores de MSTPA (Tabela 2) e
371 apresentaram as menores produtividades de frutas (Tabela 3).

372 Em relação ao cultivo em CAIN 100%, no cultivo de mudas de torrão, a adição de
373 condicionadores representou um acréscimo na produtividade comercial, em gramas por planta

374 (%), de 138.7 (46.7%), 102.9 (34.7%) e 99.2 (33.4%) (Tabela 3), respectivamente, nos
375 substratos CAIN+CAC+S10, CAIN+CAC e CAIN+S10. Os ganhos são relevantes,
376 considerando as características produtivas da planta e o elevado valor de comercialização das
377 frutas de morango.

378 Já, no cultivo de mudas de raiz nua, os ganhos em relação ao cultivo em CAIN 100%
379 foram menos expressivos: 57.8 e 38.4 g planta⁻¹, o que corresponde a um aumento de 26.9 e
380 17.9% (Tabela 3), respectivamente, em CAIN+CAC+S10 e CAIN+S10; não havendo aumento
381 de produtividade no substrato que tinha como condicionador somente a CAC.

382 Na média, as produtividades obtidas com o uso de condicionadores foram baixas: 410.3
383 e 242.5 g planta⁻¹ (Tabela 3), respectivamente, no cultivo de mudas de torrão e de raiz nua.

384 Poderia-se pensar que o aumento da proporção do condicionador no substrato levaria à
385 obtenção de maiores produtividades. No entanto, as cifras são próximas aos valores de 287.6 g
386 planta⁻¹ e 22 frutas planta⁻¹, obtidos por Radin et al. (2011) para a cultivar Aromas no cultivo
387 em substrato à base de CAC com a adição de 50% de turfa. Assim, evidencia-se que a proporção
388 de material com alta CTC, como é o caso da turfa, que também está presente na formulação do
389 S10, adicionado a um material mais inerte para compor o substrato, não deve ser elevada para
390 a cultivar em estudo, pois poderia causar efeitos negativos, como a salinização e a redução de
391 produtividade.

392 Modificações no manejo da fertirrigação pode ser uma estratégia a ser empregada para
393 melhorar a resposta das plantas no cultivo em substratos à base de CAIN. Adicionalmente, uma
394 análise da viabilidade econômica da adição de condicionadores à CAIN para o cultivo da cv.
395 Aromas é recomendável. Possivelmente, outras cultivares apresentem melhor adaptação ao
396 sistema de cultivo proposto, sendo, portanto, importante a avaliação destes materiais para fazer
397 um correto prognóstico quanto ao uso de CAIN para a cultura.

398 A produção não comercial (Tabela 3) apresentou um padrão de respostas aos substratos
399 similar ao observado para a produtividade comercial, com exceção do inferior valor obtido com
400 o cultivo em CAIN+S10 em relação a CAIN+CAC+S10. O padrão de frutas não comercial
401 adotado na pesquisa foi direcionado para o mercado da fruta *in natura* (massa ≤ 5 g e/ou
402 deformações das frutas). No entanto, estas frutas podem representar uma renda adicional
403 quando direcionadas para o processamento, principalmente, em agroindústrias familiares,
404 prática muito comum na região da pesquisa. Desta forma, os substratos com condicionadores
405 também apresentaram respostas positivas, sobretudo os dois substratos com CAC, cujos valores
406 de produção não comercial superaram $100 \text{ g planta}^{-1}$.

407 As diferenças entre os substratos quanto aos valores de pH e de condutividade elétrica,
408 avaliados ao final do experimento (Tabela 1), de maneira geral, não tem magnitude suficiente
409 para justificar as diferentes respostas, uma vez que os efeitos destes parâmetros são
410 minimizados pela elevada frequência de fornecimento de uma solução nutritiva equilibrada.
411 Porém, o pH de 4.5 da mistura CAIN+S10 (Tabela 1), possivelmente, explica o menor
412 crescimento vegetativo (Tabela 2) neste substrato em relação aos outros dois que continham
413 condicionadores, uma vez que a disponibilidade de macronutrientes é fortemente reduzida em
414 condições de pH inferior a 5.5.

415 No entanto, as diferenças quanto aos resultados obtidos podem ser atribuídas,
416 sobretudo, a algumas características físicas. Há similaridade entre os substratos que continham
417 condicionadores em algumas destas (Tabela 1), como PT, EA e CRA₁₀, com destaque para os
418 valores superiores de PT, AFD e CRA da mistura CAIN+S10 (Tabela 1).

419 Apesar dos valores de PT e EA de CAIN 100% estarem próximos aos encontrados para
420 os demais substratos, a CRA₁₀ foi a menor dentre todos eles, com 10% ao final do experimento.
421 A adição dos condicionadores elevou a CRA do substrato para 14%, no caso de CAIN+CAC e
422 CAIN+CAC+S10, e 30% em CAIN+S10 (Tabela 1). Desta forma, os substratos que continham

423 condicionadores apresentavam uma maior capacidade de reserva de água e de nutrientes
424 minerais, o que beneficiou o crescimento e a produtividade das plantas.

425 Pode-se inferir que a maior CRA de CAIN+S10 sobrepuos as dificuldades impostas pelo
426 baixo pH (Tabela 1), levando a respostas de crescimento reprodutivo (Tabela 2) e produtividade
427 de frutas (Tabela 3) semelhantes às dos outros dois substratos com condicionadores.

428 Os piores resultados obtidos com o cultivo em substrato de CAIN 100% corroboram a
429 afirmação de Godoi et al. (2009) de que os materiais que apresentam baixa CRA geram maiores
430 variações na disponibilidade de água e, conseqüentemente, de nutrientes minerais, entre os
431 intervalos de fertirrigação, levando à redução de crescimento e produtividade das plantas.

432 O benefício obtido com a adição de condicionadores está fortemente vinculado ao tipo
433 de muda empregada. No cultivo de mudas com torrão, a CAC, material de baixo custo, pode
434 ser um material promissor como condicionador único para a CAIN, uma vez que a
435 produtividade de 399.6 g planta⁻¹ (Tabela 3) foi estatisticamente semelhante à obtida com os
436 substratos com adição de S10. Na hipótese de que um maior número de frutas produzidas seja
437 compensatório, deveria dar-se preferência à mistura CAIN+CAC+S10.

438 Além do menor custo, a adição de CAC como condicionador da CAIN tem como
439 vantagem a menor densidade seca e úmida (Tabela 1) do que o substrato CAIN+S10, o que
440 representa maior facilidade de transporte e manuseio durante o cultivo.

441 No cultivo de mudas de raiz nua, as produtividades obtidas foram baixas em todos os
442 substratos. De forma oposta ao observado no cultivo das plantas de torrão, a CAC não trouxe
443 benefícios significativos como condicionador isolado, havendo a necessidade da adição de um
444 material com maior CRA, como o S10, para obter ganhos em produtividade em relação ao uso
445 de CAIN 100% (Tabela 3).

446 4.1.2.Efeito do substrato: Experimento 2018

447 A presença de condicionadores adicionados à CAIN exerceu pouca influência no
448 acúmulo de MSF, assim como na AFE (Tabela 4). Os substratos contendo CAC e a CAIN 100%
449 foram superiores ao substrato CAIN+S10 quanto ao acúmulo de MSC (Tabela 4). As misturas
450 contendo CAC reduziram o acumulado de MSFr em plantas de primeiro ano, assim como os
451 substratos que continham S10 na formulação reduziram o acumulado de MSFr em plantas de
452 segundo ano (Tabela 4), No entanto, para a MSTPA, não ocorreu diferenças entre os substratos
453 com plantas de primeiro ano, enquanto que plantas de segundo ano, os substratos CAIN+S10 e
454 CAIN 100% foram superiores áqueles substratos que continham CAC na composição.

455 Em relação a CAIN 100% observa-se ganhos em MSFr e MSTPA até maiores que em
456 substratos contendo condicionadores, e de forma mais expressiva para plantas de segundo ano,
457 além do maior IAF ocorrido neste tratamento, comparado aos demais que continham
458 condicionadores (Tabela 4). Os substratos não diferiram entre si, em relação a RAF, com
459 exceção para o substrato CAIN+CAC contendo plantas de segundo ano (Tabela 4).

460 As características físicas e químicas apresentadas na Tabela 1 mostram diferenças entre
461 substratos de dois anos de uso em alguns atributos. Entre as características mais importantes
462 está a CRA_{10} , com menor valor para CAIN 100% com 28% de CRA, CAIN+CAC apresentou
463 32% e CAIN+S10 e CAIN+CAC+S10 com 38% cada um, mostrando que o condicionador S10
464 incrementa a CRA dos substratos, enquanto que o EA foi menor nos substratos contendo S10
465 (51 e 53 %), enquanto CAIN 100% e CAIN+CAC apresentaram valores de 58 e 57% de EA,
466 respectivamente.

467 De forma geral, as produtividades foram baixas para os substratos, com valores abaixo
468 do encontrado na literatura, que aponta $490.7 \text{ g planta}^{-1}$ e $50.6 \text{ g fruto}^{-1}$ para cv. Aromas em
469 cultivo sem solo, utilizando a CAC como substrato (Becker et al., 2020). Entre os substratos
470 aqui estudados, CAIN+CAC e CAIN 100% apresentaram melhores produtividades e maior

471 número de frutas em plantas de segundo ano (Tabela 5), em resposta ao maior IAF apresentado
472 pelos mesmos, que contribuíram para o maior valor de MSFr e MSTPA acumulados nestes
473 substratos. Os ganhos em produtividade de CAIN+CAC em relação aos substratos que
474 continham S10 na composição foi de 111.7 g (43.8%) e 143 g (63.9%), enquanto CAIN 100%
475 obteve ganhos de 87.2 g (34.2%) e 118.5 g (53%), para CAIN+S10 e CAIN+CAC+S10, nesta
476 ordem. A MMFr de 12.1 g fruta⁻¹ contribuiu para o ganho em produtividade de CAIN 100%,
477 enquanto para CAIN+CAC, o elevado número de frutos, foi a variável mais importante que
478 auxiliou no ganho em produtividade, já que a MMFr deste substrato foi de 11 g fruta⁻¹.

479 Entre plantas de primeiro ano, foi CAIN+S10 quem mostrou maior produtividade com
480 incrementos de 36 g (13.6%), 89.2 g (42.3%) e 113.7 g (61%) em relação a CAIN 100%,
481 CAIN+CAC e CAIN+CAC+S10, e maior número de frutas, com percentuais de aumento de
482 9.3 a 48% em relação aos mesmos substratos, respectivamente (Tabela 5), além do ganho em
483 MMFr que apresentou 12.1 g fruta⁻¹.

484 Já CAIN+CAC+S10 apresentou os menores acumulados de MSFr, assim como os
485 menores valores para número e produção comercial de frutas. Esse resultado inferior para
486 CAIN+CAC+S10 pode estar relacionado a maior retenção de água neste substrato, devido a
487 maior microporosidade, pois supõe-se que a acomodação entre as diferentes partículas dos
488 materiais que compõe este substrato favoreça o aumento da retenção de água e reduza o EA, que
489 apresentou valor de 53% neste caso. Houve, inclusive aumento da DU de 215 para 374 g L⁻¹,
490 porém, parece não ser ideal para a manutenção de plantas de morangueiro, em segundo ano de
491 cultivo, este aumento de umidade em CAIN+CAC+S10. Além disso, outra questão foi a
492 pequena altura do perfil da calha (0.12m) que também favorece a retenção da umidade no
493 substrato, mas não favorece as plantas, já que morangueiro apresenta intolerância ao
494 encharcamento no meio radicular. Assim, supõe-se que esse maior teor de umidade possa alterar
495 a aeração das raízes, e conseqüentemente a sua renovação, causando perdas de produtividade.

496 Quanto a produção não comercial, o substrato CAIN+CAC obteve o maior valor entre
497 os substratos, independente da idades das plantas, correspondendo em média a 23.1% da
498 produção total. Embora os maiores valores absolutos tenham ocorrido neste susbtrato, também
499 chama a atenção a produção não comercial de CAIN+CAC+S10 que correspondeu em média a
500 27.5 % da produção total, indicando que além da baixa produtividade comercial, este substrato
501 apresenta uma elevada produção não comercial. As produções não comercial de CAIN 100% e
502 CAIN+S10 corresponderam em média, a 20.2 e 22.9% das suas produtividades totais,
503 respectivamente.

504 4.2.Efeito do tipo de muda

505 Embora o tipo de muda não tenha afetado o crescimento vegetativo das plantas, as
506 mudas de torrão proporcionaram maior produção de MSFr (Tabela 2). Como consequência, o
507 número de frutas e a produtividade comercial e não comercial foram beneficiados (Tabela 3).
508 Na média, o cultivo de mudas com torrão apresentou a produtividade de $381.9 \text{ g planta}^{-1}$, o que
509 representa um ganho de $146.3 \text{ g planta}^{-1}$, correspondente a um acréscimo de 62.1% na
510 produtividade comercial em relação às plantas de raiz nua.

511 No entanto, pouco efeito foi observado do tipo de muda no tamanho médio das frutas.
512 Mudas de torrão produziram frutas com maior MMFr somente no substrato CAIN+CAC e as
513 mudas de raiz nua se destacaram em CAIN+S10. A Tabela 1 mostra que a água facilmente
514 disponível (AFD) e a CRA para o CAIN+S10 foram de 8 e 30%, respectivamente, o que faz
515 supor que o melhor suprimento de água deste substrato conseguiu sobrepor as maiores
516 dificuldades de absorção de água pelo menor sistema radicular das plantas de raiz nua e
517 favoreceu o ganho de peso das frutas. Por outro lado, no substrato CAIN+CAC, as cifras foram
518 3% de AFD e 14% de CRA (Tabela 1), o que justifica a maior MMFr para plantas de torrão,
519 cujas raízes íntegras no processo de transplante garantiram uma maior capacidade de absorção
520 e suprimento de água às frutas em comparação às dificuldades de estabelecimento que as plantas

521 de raiz nua enfrentaram nestas condições de reduzida reserva de água. No entanto, é difícil
522 explicar porque esta superioridade das plantas de torrão não ocorreu no substrato
523 CAIN+CAC+S10, cujos valores de AFD e CRA (Tabela 1) ao final do experimento se
524 apresentaram muito próximos ao de CAIN+CAC. Já no substrato de CAIN 100%, os valores
525 de AFD e CRA foram de somente 2 e 10%, respectivamente, o que representa uma reserva de
526 água muito pequena para ambos os tipos de mudas, impedindo um melhor desempenho das
527 mudas de torrão em relação às mudas de raiz nua quanto ao suprimento de água às frutas.

528 Cabe salientar que as amplitudes nos valores de MMFr são pequenas, o que confirma o
529 fato de que a muda ser de torrão ou de raiz nua exerce pouco efeito sobre o tamanho médio das
530 frutas de morangueiro, coincidindo com o observado anteriormente para as cultivares Elsanta
531 (Rosa et al., 2008) e Arazá (Cocco et al., 2011).

532 Assim, pode-se indicar que a maior produtividade observada em todos os substratos para
533 as plantas de torrão (Tabela 3) se deve, fundamentalmente, ao favorecimento do
534 desenvolvimento de um maior número de frutas (Tabela 3) e não a um maior ganho de massa
535 fresca individual das frutas. Também, é possível afirmar que, a hipótese de que a adição de um
536 condicionador, como o S10, que promoveu um aumento significativo da CRA do substrato à
537 base de CAIN, possibilitaria que o desempenho de plantas de raiz nua se igualasse ao das
538 plantas de torrão, não se confirma.

539 A manutenção da integridade do sistema radicular e a presença de folhas são
540 características importantes das mudas de torrão, pois além de representarem um maior
541 armazenamento de reservas, promovem o rápido pegamento, colonização do substrato e
542 crescimento na fase pós transplante. Esta associação de benefícios repercute em precocidade de
543 frutificação, aumento do número de frutas e da produtividade, conforme constatado na presente
544 pesquisa (Tabela 3), o que é o corroborado pelos resultados previamente obtidos com mudas de
545 torrão em sistemas de cultivo sem solo (Rosa et al., 2008; Depardieu et al., 2017).

546 Outro elemento a considerar na superioridade das plantas de torrão é a manutenção do
547 substrato da etapa de produção da muda na fase pós-transplante, o que, segundo Depardieu et
548 al. (2017), significa maior disponibilidade de íons nutrientes na zona radicular que, associada
549 aos microorganismos presentes no substrato, favorece o desenvolvimento e produtividade das
550 plantas.

551 Desta forma, o incentivo à produção de mudas com torrão de alta qualidade é uma
552 condição importante para promover o emprego da CAIN como material base na composição do
553 substrato.

554 4.3.Efeito da idade da planta

555 Plantas de segundo ano apresentaram maior crescimento dos órgãos vegetativos aéreos,
556 constatado pelos superiores valores de MSF e MSC (Tabela 4). Isso pode ser atribuído ao
557 presumível menor gasto energético e de fotoassimilados para o estabelecimento do sistema
558 radicular no substrato e crescimento inicial das mesmas em relação às plantas cultivadas em
559 primeiro ano, que necessitaram enraizar e crescer, para a partir daí obter ganhos em massa seca.

560 No entanto, os benefícios das plantas de segundo ano no estabelecimento, frente às
561 plantas de primeiro ano, oriundas de mudas, não se repercutiram em ganhos de MSFr para os
562 substratos que continham o condicionador S10 (Tabela 4). Na Tabela 1, observa-se que os
563 substratos CAIN+S10 e CAIN+CAC+S10 ao final do segundo ano, tinham, ambos, uma CRA
564 de 38% e EA de 53 e 51%, enquanto os substratos que promoveram os maiores valores
565 acumulados de MSFr (CAIN+CAC e CAIN 100%) apresentaram menores valores de CRA (32
566 e 28%) e maiores valores de EA (57 e 58%).

567 A partir destas relações, se supõe que plantas de segundo ano cultivadas nos substratos
568 com S10, que apresenta maior quantidade de material coloidal, foram prejudicadas pela elevada
569 CRA e a redução no EA, o que, possivelmente, levou a problemas de excesso de água no meio
570 radicular. Por outro lado, nos substratos CAIN 100% e CAIN+CAC, as plantas de segundo ano,

571 cujo sistema radicular se encontrava perfeitamente estabelecido no início do experimento,
572 foram beneficiadas pela melhor aeração e drenagem. Assim, a hipótese de que plantas de
573 segundo ano apresentariam maior crescimento e melhor desempenho produtivo em substratos
574 com menor CRA é confirmada.

575 Como consequência dos maiores valores acumulados de MSF, MSC e MSFr, a MSTPA
576 também foi maior em plantas de segundo ano, cuja maior reserva de carboidratos existente na
577 coroa mais desenvolvida, favoreceu o crescimento da planta (Tabela 4).

578 A superioridade de plantas de segundo ano em todos os substratos, quanto ao IAF era
579 esperada, pois plantas já estabelecidas e com maior número de coroas contribuem para a
580 emissão de um maior número de folhas e, conseqüentemente, apresentam uma maior área foliar
581 que plantas de primeiro ano de cultivo (Tabela 4). Enquanto isso, plantas de segundo ano
582 apresentaram maior RAF, somente no substrato CAIN+S10, o que pode estar relacionado com
583 os menores valores acumulados de massa seca por planta neste tratamento (Tabela4).

584 Os resultados obtidos com respeito às variáveis produtivas corroboram o maior
585 crescimento reprodutivo observado nas plantas de segundo ano que produziram maior número
586 de frutas, repercutindo em maiores produtividades por planta (Tabela 5). No entanto, em
587 decorrência do menor número de frutas produzidas, as plantas de primeiro cultivo apresentaram
588 maior MMFr, o que resultou em frutas de melhor qualidade no que se refere ao atributo
589 tamanho. Mesmo assim, as produtividades das plantas de primeiro ano foram, de maneira geral,
590 inferiores, (com exceção do cultivo em CAIN+S10, no qual, estas plantas apresentaram maior
591 produtividade, mesmo tendo originado um número semelhante de frutas aos das plantas de
592 segundo ano).

593 No cultivo em CAIN+S10, embora a MSTPA tenha sido 31% menor em plantas de
594 primeiro ano comparadas com as de segundo ano, o ganho em MMFr contribuiu para o
595 incremento de 17.8% na produtividade das plantas de primeiro ano em relação às de segundo

596 ano. Este resultado confirma a hipótese de que o cultivo em um substrato de elevada capacidade
597 de retenção de água, como o CAIN+S10, que garante uma maior reserva de água, possibilita
598 que plantas de primeiro ano, apesar do menor volume de raízes presentes no início do cultivo,
599 gerem produtividade superior à das plantas de segundo ano neste mesmo substrato. Também,
600 há que se considerar que este substrato, devido à composição e maior proporção de S10,
601 presumivelmente, continha maior quantidade de colóides e, conseqüentemente, uma maior
602 reserva de nutrientes minerais. Isso, possivelmente, também contribuiu para uma maior
603 absorção de nutrientes minerais das plantas de primeiro ano. Estas apresentam,
604 proporcionalmente, um maior volume de raízes jovens, as quais tem maior capacidade de
605 absorção mineral, em comparação com as raízes mais velhas, em elevado volume das plantas
606 de segundo ano.

607 Deve-se considerar também que neste tratamento, o IAF e a MSF foram menores
608 (Tabela 4), o que indica menor número de folhas e área foliar das plantas, havendo maior
609 facilidade para a polinização das flores, tanto através de insetos como pelo vento, aumentando
610 a produtividade. O incremento da produtividade obtido para cv. Aromas com a presença e a
611 facilidade de acesso de polinizadores às flores de morangueiro já foi relatado por Witter et al.
612 (2012).

613 Nos demais substratos, os ganhos em produtividade das plantas de segundo ano em
614 relação às plantas de primeiro ano foram de 77.9 g (29.5%), 155.6 g (73.7%) e 37.1 g (19.9%),
615 respectivamente, nos substratos CAIN 100%, CAIN+CAC e CAIN+CAC+S10 (Tabela 5).

616 Os resultados relativos à produção não comercial seguiram tendência similar aos
617 observados para a produção comercial, com maiores valores em plantas de segundo ano,
618 gerando percentuais de 22.1, 23.8, 30.2, e 34% em relação à produção total para os substratos
619 CAIN+CAC, CAIN 100%, CAIN+S10 e CAIN+CAC+S10, nesta ordem. Para as plantas de
620 primeiro ano de cultivo, a produção não comercial representou proporções menores, em relação

621 a produtividade total, com valores de 15.6, 16.6, 20.9 e 24% para CAIN+S10, CAIN 100%,
622 CAIN+CAC+S10 e CAIN+CAC (Tabela 5).

623

624 **5.CONCLUSÃO**

625 Em relação ao cultivo do morangueiro em substratos à base de casca de arroz *in natura*
626 com a adição de diferentes condicionadores, pode-se concluir que a presença de casca de arroz
627 carbonizada no substrato promove o crescimento vegetativo, enquanto a presença do substrato
628 comercial S10 garante maior crescimento reprodutivo. O uso dos dois condicionadores
629 associados eleva o número de frutas produzidas em primeiro ano, mas reduz em segundo ano
630 de uso do substrato.

631 O tipo de muda não afeta o crescimento vegetativo da planta. No entanto, Independente
632 do substrato, plantas de torrão apresentam maior crescimento reprodutivo e produtividade do
633 que plantas de raiz nua.

634 No cultivo de plantas de torrão, o uso de condicionadores, indistintamente, aumenta o
635 crescimento da planta e a produtividade de frutas, podendo-se empregar a casca de arroz
636 carbonizada como condicionador único da casca *in natura*.

637 No caso das plantas de raiz nua, a adição à casca de arroz *in natura* da casca de arroz
638 carbonizada e o uso simultâneo desta com o substrato comercial S10, incrementam o
639 crescimento da planta. Respostas positivas claras em relação à produtividade de frutas são
640 obtidas somente com o uso simultâneo de casca de arroz carbonizada e o substrato comercial.

641 Plantas de segundo ano de cultivo apresentam, de maneira geral, maior crescimento
642 vegetativo e total da planta e maior número e produtividade de frutas. Porém, as frutas obtidas
643 apresentam menor qualidade quanto ao atributo de tamanho médio em comparação com as
644 plantas de primeiro ano.

645 O uso de condicionadores de substrato no cultivo de plantas de primeiro ano tem pouco
646 efeito sobre o crescimento vegetativo. No entanto, o cultivo no substrato de casca de arroz *in*
647 *natura* com S10, de elevada capacidade de retenção de água, possibilita que plantas de primeiro
648 cultivo gerem produtividade superior à das plantas de segundo ano neste mesmo substrato.

649 Substratos com menor capacidade de retenção de água, como a casca de arroz *in natura*
650 pura e o substrato com a adição de casca de arroz carbonizada como condicionador, promovem
651 o crescimento vegetativo e reprodutivo, bem como a produtividade de plantas de segundo ano
652 de cultivo.

653

654 **6.REFERÊNCIAS**

655 Andriolo, J.L., Jänisch, D.I., Oliveira, C.S., Cocco, C., Schmitt, O.J, Cardoso, F.L. 2009.
656 Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. Ciênc. Rural 39(3). 691-
657 695.

658 Becker, T.B. Schiavon, A.V., Delazeri, E.E., Barreto, C.F., Antunes, L.E.C. 2020. Productive
659 behavior of strawberry from potted seedlings produced with application of prohexadione
660 calcium in soilless cultivation. Emirates Journal of Food and Agriculture. 32(4). 309-318.

661 Benincasa, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: Funep,
662 2003. 41p.

663 Cocco, C., Andriolo, J.L., Cardoso, F.L., Erpen, L., Schmitt, O.J. 2011. Crown size and
664 transplant type on the strawberry yield. Sci. Agric. 68. 489-493.

665 Cocco, C., Gonçalves, M.A., Picolotto, L., Ferreira, L.V., Antunes, L.A.C. 2015. Crescimento,
666 desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com volumes de torrão. Rev.
667 Bras. Frutic. 37(4). 961-969.

- 668 Depardieu, C., Prémont, V., Boily, C., Caron, J. 2017. Sawdust and bark-based substrates for
669 tray plants strawberry production under greenhouse conditions. *Acta Hortic.* 1156. 269-276.
- 670 Godoi, R.S., Andriolo, J.L., Franquéz, G.G., Jänisch, D.I., Cardoso, F.L., Vaz, M.A.B. 2009.
671 Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego
672 de substratos. *Ciênc. Rural.* 39. 1039-1044.
- 673 Guimarães A.G., Andrade Junior V.C., Elsayed A.Y.A.M., Fernandes J.S.C., Ferreira M.A.M.
674 2015. Potencial produtivo de cultivares de morangueiro, *Rev. Bras. Frutic.* 37. 106-114.
- 675 Machado, A.A., Conceição, A.R. 2003. Sistema de análise estatística para windows. *Winstat.*
676 Versão 2.0. Pelotas: UFPel.
- 677 Reisser Jr, C., Antunes, L.E.C., Aldrighi, M., Vignolo, G. 2014. Panorama do cultivo de
678 morango no Brasil. *Campo & Negócio.* 58-59.
- 679 Rosa, A., Oliveira, P., Sousa, B., Rodrigues, A., Caço, J., Mogo, P., Reis, M. 2008. Cultivo de
680 morango sem solo: efeito da densidade de plantação e do tipo de propágulo. III Colóquio
681 nacional da produção de pequenos frutos, 2008. Sever do Vouga, Portugal. *Actas de*
682 *Horticultura*, 18. ISBN 978-972-8936-10-5.
- 683 Witter, S., Radin, B., Lisboa, B.B., Teixeira, J.S.G., Blochtein, B., Imperatriz-Fonseca, V.C.
684 2012. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em
685 cultivo protegido. *Pesq. Agropec. Bras.* 47. 58-65.
- 686
- 687
- 688

689 Tabela 1. Características físicas e químicas de substratos compostos à base de casca de arroz *in*
 690 *natura* (CAIN) e dois condicionadores, casca de arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial
 691 S10 (Beifort®), ao final do primeiro e segundo ano, empregados durante dois anos
 692 para a realização de experimentos com a cultura do morangueiro.

	CAIN		CAIN+S10		CAIN+CAC		CAIN+CAC+S10	
	100%		(80:20% v:v)		(80:20% v:v)		(80:10:10% v:v)	
Físicas*	1ºano	2ºano	1ºano	2ºano	1ºano	2ºano	1ºano	2ºano
DU (g L ⁻¹)	157	294	359	426	213	335	215	374
MS (g 100g ⁻¹)	62	27	34	31	45	30	51	30
DS (g L ⁻¹)	98	80	122	198	96	147	110	112
PT (%)	85	86	96	88	85	89	83	91
EA (%)	75	58	66	51	71	57	69	53
AFD (%)	2	12	8	14	3	15	4	16
CRA _{10cm} (%)	10	28	30	38	14	32	14	38
Químicas								
CE (dS m ⁻¹)	0.07	0.20	0.52	0.34	0.05	0.20	0.08	0.31
pH (H ₂ O)	6.33	5.52	4.5	4.77	6.20	4.78	5.73	4.87

693 * DU: densidade úmida; MS: matéria seca; DS: densidade seca; PT: porosidade total; EA:
 694 espaço de aeração; AFD: água facilmente disponível; CRA_{10cm}: capacidade de retenção de água
 695 10cm; CE: condutividade elétrica.

696 Tabela 2. Produção de massa seca dos órgãos aéreos e índices de crescimento de plantas
 697 de morangueiro originadas de mudas de torrão e de raiz nua, cultivadas em substratos à
 698 base de casca de arroz *in natura* (CAIN) e dois condicionadores, casca de arroz
 699 carbonizada (CAC) e substrato comercial S10 (Beifort®).

Fator	*MSF	MSC	MSFr	IAF	RAF
	-----g planta ⁻¹ -----			-- m ² m ⁻² --	-- cm ² g ⁻¹ --
SUBSTRATO					
CAIN 100%	36.5 b	6.4 b	23.6 b	3.7 b	45.6 b
CAIN+S10	33.1 b	8.1 a	29.7 a	3.3 b	37 c
CAIN+CAC	49.6 a	9.8 a	24.1 b	5.8 a	53.4 a
CAIN+CAC+S10)	46.1 a	8.4 a	30 a	5.5 a	53.2 a
TIPO DE MUDA					
Torrão	40.2 a	8.4 a	32.1 a	4.7 a	47 a
Raiz Nua	42.6 a	8.1 a	21.6 b	4.5 a	49 a
CV(%)	12.8	20.3	13.9	18.2	14.3
SUBSTRATO					
TIPO MUDA	CAIN 100%	CAIN+S10	CAIN+CAC	CAIN+CAC+S10	
Massa seca total da parte aérea (g planta ⁻¹)					
Torrão	68.5 Ba	80.6 Aa	82.6 Aa	91.0 Aa	
Raiz Nua	64.4 Ba	61.7 Bb	84.9 Aa	78.0 Ab	
CV (%)	9.1				
Área foliar específica (cm ² g ⁻¹)					
Torrão	81.0 Ba	88.6 Ba	104.4 Aa	99.0 Aa	
Raiz Nua	83.4 Ba	70.6 Cb	94.6 Ab	95.0 Aa	
CV(%)	6.2				

700 *MSF: massa seca de folha; MSC: massa seca de coroa; MSFr: massa seca de fruta; IAF:
 701 índice de área foliar; RAF: razão de área foliar. **Médias seguidas pela mesma letra
 702 maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan
 703 (p<0.05).

704

705

706 Tabela 3. Número e produtividade de frutas comerciais, massa média de fruta, e produção
 707 não comercial de plantas de morangueiro originadas de mudas de torrão e de raiz nua,
 708 cultivadas em substratos à base de casca de arroz *in natura* (CAIN) e dois
 709 condicionadores, casca de arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial S10 (Beifort®).

Fator	SUBSTRATO ¹			
	CAIN 100%	CAIN + S10	CAIN + CAC	CAIN + CAC + S10
	Produtividade comercial (g planta ⁻¹)			
Torrão	296.7 Ba ²	395.9 Aa	399.6 Aa	435.4 Aa
Raiz Nua	214.6 BCb	253 ABb	202.2 Cb	272.4 Ab
CV (%)	8.7			
	Massa média de fruta (g)			
Torrão	9.7 Aa ²	10.5 Ab	10.9 Aa	10.8 Aa
Raiz Nua	9.7 Ba	11.9 Aa	9.3 Bb	9.6 Ba
CV (%)	8.3			
Fator	N° Frutas comerciais		Produção não comercial (g planta ⁻¹)	
SUBSTRATO				
CAIN 100%	26.2 b		74.2 c	
CAIN + S10	29.4 b		94 b	
CAIN + CAC	29.2 b		105 ab	
CAIN + CAC + S10	34.1 a		117.9 a	
TIPO MUDA				
Torrão	36.2 a		118.1 a	
Raiz Nua	23.3 b		77.5 b	
CV (%)	11.5		14.8	

710 ¹CAIN: Casca de arroz *in natura*; CAC: casca de arroz carbonizada; S10® Beifort:
 711 substrato comercial. ²Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula
 712 na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0.05).
 713

714

715

716

717 Tabela 4. Produção de massa seca dos órgãos aéreos e índices de crescimento de plantas
 718 de morangueiro de primeiro e de segundo ano de cultivo, em substratos à base de casca
 719 de arroz *in natura* (CAIN) e dois condicionadores, casca de arroz carbonizada (CAC) e
 720 substrato comercial S10 (Beifort®).

Fator	Massa seca folhas (g planta ⁻¹)	Massa seca coroa (g planta ⁻¹)	Área foliar Específica (cm ² g ⁻¹)	
SUBSTRATO				
CAIN 100%	26.5 a*	7.4 a	106.7 a	
CAIN + S10	23.0 a	5.3 b	109.6 a	
CAIN + CAC	26.9 a	7.6 a	103.6 a	
CAIN+CAC+S10	25.0 a	7.9 a	101.3 a	
IDADE PLANTA				
1° ano	18.0 b	4.3 b	105.3 a	
2° ano	32.5 a	9.9 a	105.3 a	
CV(%)	13.7	22.3	12.6	
Fator	SUBSTRATO			
	CAIN 100%	CAIN+S10	CAIN+CAC	CAIN+CAC+S10
IDADE PLANTA				
Índice de área foliar (m ² m ⁻²)				
1° ano	2.2 Ab	2.1 Ab	2.4 Ab	2.3 Ab
2° ano	4.5 Aa	3.8 Ba	4.1 Ba	4.0 Ba
CV(%)	8.1			
Razão de área foliar (cm ² g ⁻¹)				
1° ano	46.5 Aa	43.4 Ab	54.4 Aa	48.9 Aa
2° ano	53.2 ABa	58.6 Aa	45.8 Ba	56.4 ABa
CV(%)	13.65			
Massa seca de frutas (g planta ⁻¹)				
1° ano	18.9 ABb	21.5 Aa	14.3 Bb	13.9 Ba
2° ano	26.0 Aa	17.2 Ba	27.9 Aa	16.9 Ba
CV(%)	23.6			
Massa seca total da parte aérea (g planta ⁻¹)				

1° ano	40.0 Ab	40.9 Ab	37.7 Ab	39.0 Ab
2° ano	72.8 Aa	53.6 Ba	73.3 Aa	55.7 Ba
CV(%)	14.5			

721 *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem
722 entre si pelo teste de Duncan ($p < 0.05$).
723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744 Tabela 5. Número e produtividade de frutas comerciais, massa média de fruta e produção
 745 não comercial de plantas de morangueiro de primeiro e de segundo ano de cultivo em
 746 substratos à base de casca de arroz *in natura* (CAIN) e dois condicionadores, casca de
 747 arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial S10 (Beifort®).

Fator	SUBSTRATO ¹			
	CAIN 100%	CAIN + S10	CAIN + CAC	CAIN + CAC + S10
IDADE PLANTA	Número de frutas			
1º ano	20.3 Ab*	22.2 Aa	17.4 BCb	15.0 Cb
2º ano	30.6 Ba	23.4 Ca	37.0 Aa	22.9 Ca
CV (%)	10			
	Produtividade comercial (g planta ⁻¹)			
1º ano	264.2 Bb	300.2 Aa	211.0 Cb	186.5 Cb
2º ano	342.1 Aa	254.9 Bb	366.6 Aa	223.6 Ca
CV (%)	6.7			
	Produção não comercial (g planta ⁻¹)			
1º ano	52.7 Bb	55.5 Bb	66.6 Ab	49.3 Bb
2º ano	106.8 Ba	110.1 Ba	155.7 Aa	115.1 Ba
CV (%)	8.2			
Fator				
	SUBSTRATO	Massa média de fruta (g)		
	CAIN 100%	12.1 a		
	CAIN + S10	12.1 a		
	CAIN + CAC	11.0 b		
	CAIN + CAC + S10	11.1 b		
IDADE PLANTA				
	1º ano	12.7 a		
	2º ano	10.4 b		
	CV (%)	7.9		

748 *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem
 749 entre si pelo teste de Duncan (p<0.05).

750

5. Artigo 3

Reutilização de substratos de casca de arroz in natura com condicionadores na cultura do morangueiro

(Artigo escrito de acordo com as normas da Revista Ceres)

26 commercial substrate Beifort®) to the raw rice husk (RRH), and their effects on Aromas
27 strawberry plants growth and yield. The following new and reused substrates were
28 evaluated: RRH 100%; RRH (80%) + S10 (20%), RRH (80%) + CRH (20%) and RRH
29 (80%) + CRH (10%) + S10 (10%). The obtained results indicate thatRRH+S10 increased
30 the fruit yield in both new and reused substrates cultivation as well as RRH 100% in new
31 substrate cultivation. Reused substrates allowed to achieve greater vegetative plant
32 growth and fruit yield (with the exception of RRH+CRH+S10), as well as higher soluble
33 solids and phenolic compounds content of the fruits, while new substrates cultivation, on
34 average, increased fruit medium weight and ascorbic acid content. RRH 100% provided
35 plant growth, fruit yield and soluble solids content similar to those achieved in RRH+S10,
36 and the reused of both is indicated.

37 **Keywords:** *Fragaria x ananassa*; plant growth; fruit yield; phytochemicals; carbonized
38 rice husk; commercial substrate.

39

40 1.INTRODUÇÃO

41 A transição do sistema de cultivo no solo para o cultivo em substrato tem
42 contribuído para o aumento de tecnologias utilizadas na cultura do morangueiro. Neste
43 contexto, a regionalização no uso de resíduos da atividade agrícola como alternativa para
44 substratos de plantas, como é o caso da casca de arroz, na Região Sul do Brasil, é cada
45 vez mais comum e traz benefícios de ordem econômica e ambiental, uma vez que dá um
46 destino adequado a materiais considerados passivo ambiental.

47 A casca de arroz, quando usada como substrato, apresenta uma série de vantagens:
48 boa drenagem, alta porosidade e baixa densidade (Kamph 2005). Normalmente, é
49 utilizada na forma carbonizada, o que acarreta uma série de inconvenientes oriundos do
50 processo de carbonização. Pode ser empregada na forma *in natura*, porém, a sua baixa

51 capacidade de retenção de água (CRA) torna necessária uma elevada frequência de
52 irrigação (Zorzeto *et al.*, 2016).

53 Hortaliças de fruto, como melão, abobrinha italiana e tomate têm potencial para
54 produção em CAIN pura, conforme trabalhos citados na literatura (Duarte *et al.*, 2008;
55 Strassburger *et al.*, 2011; Perin *et al.*, 2018), porém a utilização de CAIN pura para a
56 cultura do morangueiro ainda parece ser inviável para produção comercial, devido às
57 baixas produtividades obtidas (Portela 2015; Zorzeto *et al.*, 2016), o que pode estar
58 associado à sua baixa CRA (Zorzeto *et al.*, 2014) e à sensibilidade da cultura a variações
59 bruscas do conteúdo de água no substrato. Sendo assim, o uso de materiais
60 condicionadores adicionados à CAIN poderia aumentar a CRA do substrato e viabilizar
61 o seu uso para o cultivo do morangueiro.

62 Com a suposta melhoria oferecida aos substratos formulados com CAIN, através
63 das misturas de materiais, outro aspecto importante a ser estudado é a possibilidade de
64 reutilização destes substratos por cultivos subsequentes, prática habitual entre os
65 produtores de morango. Entre as justificativas para reutilização de substratos está a
66 estabilização dos materiais, o aumento da CRA (o que é particularmente importante no
67 caso da CAIN) e a redução de custos e de mão de obra para compra, mistura e alocação
68 dos substratos nas calhas ou slabs de cultivo.

69 No entanto, alguns agricultores, que vêm adotando substratos à base de CAIN em
70 mistura com compostos orgânicos na Serra Gaúcha nos últimos anos, indicam que este
71 tipo de substrato se decompõe rapidamente com o tempo de uso, com aparente prejuízos
72 às suas características iniciais de alta porosidade e fácil drenagem, o que pode trazer
73 problemas de manejo da fertirrigação e perdas no rendimento de frutas.

74 Sendo assim, o objetivo do trabalho é avaliar condicionadores para casca de arroz
75 *in natura* e a reutilização dos substratos formulados sobre o crescimento, a produtividade
76 e a qualidade de frutas de plantas de morangueiro.

77

78 **2.MATERIAL E MÉTODOS**

79 O trabalho foi realizado entre os meses de abril e dezembro de 2018, no Campo
80 Experimental e Didático do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de
81 Pelotas, Campus Capão do Leão, RS, Brasil (latitude: 31 ° 52' S, e altitude de 13m). O
82 experimento foi desenvolvido em estufa metálica, revestida com filme plástico de
83 polietileno (150µm), com de 21 x 10 m de dimensões, construída no sentido Norte-Sul.

84 Quatro composições de substrato novos e reutilizados foram avaliadas. Os
85 substratos foram formulados com a adição de dois condicionadores à CAIN, em distintas
86 proporções: casca de arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial S10 (Beifort® -
87 formulado a partir do composto obtido através da decomposição de bagaço e engaço de
88 uva, misturado à CAC e turfa). Os quatro substratos formulados foram: CAIN 100%;
89 CAIN (80%) + S10 (20%); CAIN (80%) + CAC (20%); e CAIN (80%) + S10 (10%) +
90 CAC (10%).

91 Os materiais para formulação dos substratos foram homogeneizados sobre lona
92 plástica e, posteriormente, alocados em um sistema de calhas de madeira, construídas nas
93 dimensões 7.5 x 0.3 x 0.12m, com 270L de capacidade, e revestidas internamente com
94 filme plástico. As calhas foram dispostas em linhas pareadas, a uma distância 0.10 m
95 entre calhas e caminhos de 0.6 m. Foram elevadas a 0.8 m do solo, sobre cavaletes de
96 madeira, com declividade de 4%, sendo a cota mais baixa na direção do reservatório de
97 solução nutritiva, com a finalidade de promover o retorno da solução drenada ao
98 reservatório, compondo assim, um sistema recirculante.

99 O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com oitos
100 tratamentos, [quatro substratos de primeiro ano (novos) e quatro substratos de segundo
101 ano (reutilizados)] e quatro repetições de oito plantas.

102 Os substratos reutilizados foram obtidos de experimento realizado no ano anterior
103 (2017) nas mesmas estruturas e condições já mencionadas. Ao final deste experimento,
104 no mês de março de 2018, as plantas de morangueiro foram retiradas através do corte
105 abaixo da coroa, sem haver perdas e nem revolvimento do substrato para a sua
106 reutilização.

107 As mudas foram obtidas de matrizes da cv. Aromas (dia neutro), cultivadas em
108 leito de cultivo com substrato de CAIN+S10. As pontas de estolões foram coletadas e
109 enraizadas em bandejas de 72 células, contendo substrato Carolina soil®, compondo
110 assim, mudas de torrão.

111 O transplante foi realizado em 23/04/2018. O espaçamento de plantio foi de 0.25m
112 entre plantas, em linhas desencontradas, obtendo-se a densidade de 12.9 plantas m⁻². A
113 colheita teve início em 29 de junho e foi encerrada em 19 de dezembro de 2018. A
114 temperatura e umidade relativa média, máxima e mínima para o período do experimento
115 foram de 19.8, 26.2 e 13.3°C e 66.8, 84.6 e 48.9%, respectivamente.

116 A fertirrigação era realizada com um conjunto moto-bomba, canos de PVC e uma
117 linha de mangueira gotejadora para cada calha, com gotejos espaçados a 0.1m e vazão
118 unitária de 1.6 L h⁻¹, além de um reservatório de 100 L, para cada substrato, de forma que
119 não houvesse mistura entre as soluções drenadas.

120 Foram fornecidas duas soluções nutritivas às plantas. A primeira, de crescimento
121 vegetativo, tinha uma CE de 1.4 dS m⁻¹, e foi fornecida até início do florescimento. A
122 partir disso, passou a ser fornecida a solução de frutificação, com CE de 1.7 dS m⁻¹.
123 Ambas foram formulada por Sonneveld & Straver (1994), e a solução de 1.7 dS m⁻¹

124 (fornecida na maior parte do experimento) continha as seguintes quantidades de
125 macronutrientes (mmol L^{-1}): 10 de NO_3^- ; 1.25 de H_2PO_4^- ; 2.5 de SO_4^{2-} ; 0.75 de NH_4^+ ; 6
126 de K^+ ; 2.95 de Ca^{+2} ; 1.8 de Mg^{+2} , e micronutrientes (mg L^{-1}): 1.08 de Fe; 0.2 de Mn; 0.07
127 de Zn; 0.17 de B; 0.025 de Cu e 0.05 de Mo.

128 A CE e o pH da solução drenada dos substratos (Figura 1) eram monitorados
129 diariamente, com condutivímetro e pHmetro portáteis. O pH da solução nutritiva foi
130 mantido na faixa de 5.5 a 6.5, e adicionava-se ao reservatório, caso necessário, hidróxido
131 de potássio (KOH) ou ácido fosfórico (H_3PO_4), quando o valor estivesse abaixo ou acima
132 da faixa estipulada, respectivamente. A CE era corrigida quando estivesse abaixo de 1.34
133 dS m^{-1} ou acima de 2.00 dS m^{-1} , respectivamente, com adição de solução concentrada ou
134 de água ao reservatório. A cada 30-45 dias, coincidindo com um dia em que a solução se
135 encontrava no nível mais baixo possível no reservatório, os substratos eram lavados com
136 água e os reservatórios recebiam soluções nutritivas novas.

137

138

139

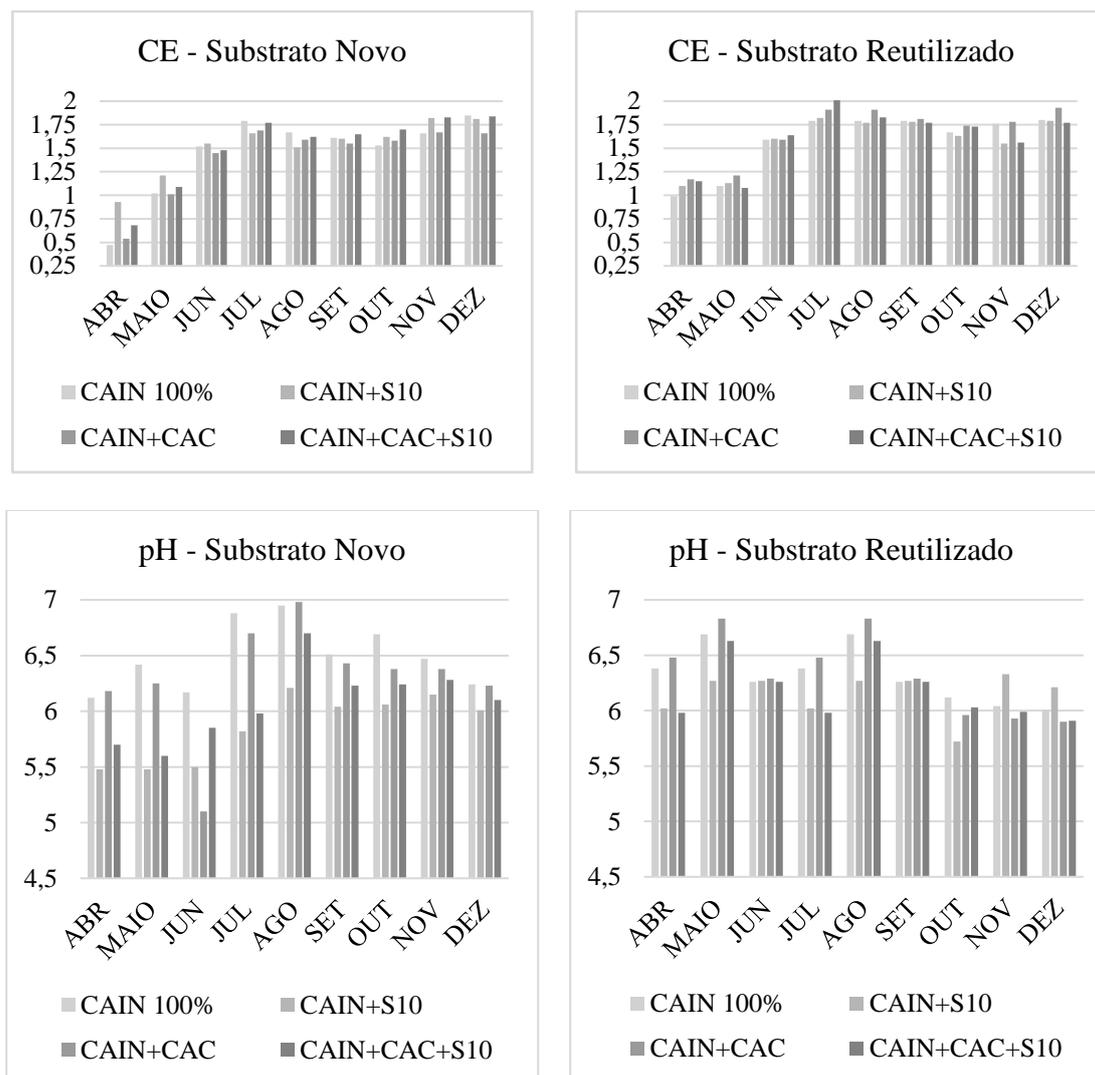
140

141

142

143

144



145 Figura 1. Valores médios mensais de condutividade elétrica (CE; $dS\ m^{-1}$) e pH do drenado
 146 de substratos novos e reutilizados. CAIN 100%: Casca de arroz *in natura* pura; CAIN +
 147 CAC: Casca de arroz *in natura* (80%) + casca de arroz carbonizada (20%); CAIN + S10:
 148 casca de arroz *in natura* (80%) + substrato comercial S10 Beifort® (20%); CAIN + CAC
 149 + S10: casca de arroz *in natura* (80%) + casca de arroz carbonizada (10%) + substrato
 150 comercial S10 Beifort® (10%).

151
 152 Quanto às avaliações realizadas, as folhas provenientes de desfolhas de cinco
 153 plantas marcadas por repetição eram contabilizadas e a área foliar medida através de
 154 equipamento medidor de área foliar modelo LI-3100C. O número de frutas, a massa fresca
 155 de frutas comerciais e de frutas não comerciais (peso <5g e/ou deformadas) foram
 156 contabilizadas ao longo das colheitas. No final do experimento, foram avaliadas a massa
 157 seca de folhas e coroas nas plantas, contabilizando-se também a massa seca acumulada
 158 das folhas e das frutas provenientes de desfolhas e das colheitas durante o ciclo de cultivo.

159 As massas secas de folhas, frutas e coroa foram obtidas através da secagem do material
160 vegetal em estufa a 60°C até atingir peso constante.

161 Os dados obtidos durante o experimento foram submetidos à análise de variância
162 e as médias comparadas entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade, utilizando-se
163 o programa estatístico Winstat (Machado & Conceição, 2003).

164 Amostras de substratos foram coletadas e encaminhadas para análise das
165 características físicas e químicas (Tabela 1), ao final do ciclo de cultivo, no Laboratório
166 de Análise de Substratos para Plantas do DDPA/SEAPDR, em Porto Alegre (RS).

167

168 Tabela 1: Características físicas e químicas de substratos novos (N) e reutilizados (R),
169 formulados à base de casca de arroz *in natura* (CAIN) e dois condicionadores, casca de
170 arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial S10 (Beifort®).

	Substrato							
	*CAIN		CAIN + S10		CAIN + CAC		CAIN+CAC+S10	
	100%		(80:20%)		(80:20%)		(80:10:10%)	
Físicas	N	R	N	R	N	R	N	R
DU (g L ⁻¹)**	226	294	297	426	215	335	260	374
MS (g 100g ⁻¹)	38	27	42	31	40	30	43	30
DS (g L ⁻¹)	86	80	125	198	85	147	111	112
PT (%)	77	86	86	88	92	89	84	91
EA (%)	58	58	62	51	69	57	62	53
AFD (%)	7	12	9	14	10	15	8	16
CRA _{10cm} (%)	19	28	24	37	24	32	21	38
Químicas								
CE (dS m ⁻¹)	0.10	0.20	0.17	0.34	0.04	0.20	0.11	0.31
pH (H ₂ O)	6.4	5.5	5.6	4.8	6.5	4.8	6.8	4.9

171 *DU: densidade úmida; MS: matéria seca; DS: densidade seca; PT: porosidade total; EA:
172 espaço de aeração; AFD: água facilmente disponível; CRA_{10cm}: capacidade de retenção
173 de água 10cm; CE: condutividade elétrica.

174

175 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

176 A análise de variância dos resultados referentes às variáveis de crescimento
177 mostrou que houve interação entre os fatores substrato e ciclo de uso para índice de área
178 foliar (IAF) e massa seca de coroa (MSC). Para as variáveis massa seca de folhas (MSF),
179 massa seca de frutas (MSFr) e massa seca total da parte aérea (MSTPA), assim como para
180 área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF), a análise de variância mostrou
181 que não houve interação entre os dois fatores (Tabela 2).

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199 Tabela 2. Índices de crescimento e produção de massa seca dos órgãos de plantas de
 200 morangueiro cultivadas em substratos novos e reutilizados (segundo ano de uso),
 201 formulados à base de casca de arroz *in natura* (CAIN) e dois condicionadores, casca de
 202 arroz carbonizada (CAC) e substrato comercial S10 (Beifort®).

	Substrato*				
	CAIN 100%	CAIN+S10	CAIN+CAC	CAIN+CAC+S10	
Ciclo de uso	Índice de área foliar (m ² m ⁻²)				
Novo	1.9 Aa**	1.6 Bb	1.6 Bb	2.1 Aa	
Reutilizado	2.2 Aa	2.1 Aa	2.4 Aa	2.3 Aa	
CV (%)	9.7				
	Massa seca de coroa (g planta ⁻¹)				
Novo	2.5 Aa	2.7 Aa	2.3 Ab	3.1 Ab	
Reutilizado	3.8 BCa	3.1 Ca	5.3 Aa	4.8 Aa	
CV (%)	23.0				
Fator	*MSF	MSFr	MSTPA	AFE	RAF
	----- g planta ⁻¹ -----			----- cm ² g ⁻¹ -----	
Substrato					
CAIN 100%	14.9 ab	18.2 a	36.3 a	114.9 a	46.9 b
CAIN+S10	14.3 b	20.4 a	37.5 a	108.9 a	40.3 c
CAIN+CAC	14.6 ab	12.6 b	31.0 a	115.6 a	54.2 a
CAIN+CAC+S10	17.5 a	13.6 b	35.1 a	103.5 a	51.4 ab
Ciclo de uso					
Novo	12.4 b	15.3 a	30.5 b	116.2 a	48.8 a
Reutilizado	18.0 a	17.1 a	39.4 a	105.3 b	47.7 a
CV (%)	15.3	27.6	20.1	12.4	12.3

203 *MSF: massa seca de folha; MSFr: massa seca de fruta; MSTPA: massa seca total de
 204 parte aérea; AFE: área foliar específica; RAF: razão de área foliar. **Médias seguidas
 205 pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, dentro do mesmo fator, não
 206 diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0.05).
 207

208 Em relação aos substratos novos e seus diferentes condicionadores, é possível
209 visualizar que a CAIN pura foi semelhante a CAIN+CAC+S10 quanto ao IAF, e superior
210 aos demais substratos CAIN+CAC e CAIN+S10 (Tabela 2). Entre substratos reutilizados
211 não ocorreram diferenças entre os IAFs das plantas (Tabela 2).

212 Já os substratos novos, incluindo CAIN 100% não apresentaram diferenças entre
213 si para MSC (Tabela 2), enquanto CAIN+CAC e CAIN+CAC+S10 foram superiores à
214 CAIN 100% entre os substratos reutilizados (Tabela 2).

215 Com respeito à MSTPA e AFE (Tabela 2), independente do ciclo de uso, não
216 houve diferenças entre substratos. Quanto à produção de MSF (Tabela 2), a superioridade
217 das plantas cultivadas em CAIN+CAC+S10 sobre o cultivo em CAIN+S10 foi a única
218 diferença detectada. No entanto, CAIN 100% foi semelhante ao substrato CAIN+S10
219 para MSFr, e ambos superiores aos substratos que continham CAC na mistura para esta
220 mesma variável (Tabela 2). Ainda CAIN 100% foi superior ao CAIN+S10, semelhante a
221 CAIN+CAC+S10 e inferior ao CAIN+CAC em relação à RAF.

222 Estes resultados mostraram uma resposta não esperada tanto para CAIN 100%
223 nova como reutilizada, com IAF, AFE, MSF, MSFr e MSTPA (Tabela 2) das plantas
224 semelhantes ou superiores aos observados no cultivo nos demais substratos. Presumia-se
225 que as características físicas mais adequadas dos substratos com condicionadores, como
226 a maior CRA (Tabela 1), por exemplo, favoreceriam o crescimento vegetativo e
227 reprodutivo das plantas, fato não ocorreu.

228 O maior valor de MSC obtido no cultivo em ambos os substratos contendo CAC
229 não correspondeu a uma maior produção de MSFr como se esperava (Tabela 2). Os
230 maiores valores de MSFr ocorreram em CAIN+S10 e CAIN 100%, nos quais foram
231 obtidos 20.4 e 18.2 g planta⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

232 Em relação ao ciclo de uso dos substratos, os substratos CAIN+CAC e
233 CAIN+CAC+S10 reutilizados mostraram-se melhores quanto ao IAF, comparados aos
234 mesmos substratos, porém novos (Tabela 2). Já, entre os substratos reutilizados, os dois
235 contendo a CAC proporcionaram melhores condições para o crescimento da MSC das
236 plantas (Tabela 2). Independente do tipo de substrato, o cultivo nos reutilizados promoveu
237 maiores valores de MSF e MSTPA, porém a MSFr e a RAF foram iguais entre substratos
238 reutilizados e novos, enquanto a AFE foi maior nos substratos novos.

239 Os dados evidenciam, de modo geral, que as plantas cultivadas em substratos
240 reutilizados apresentaram maior crescimento, uma vez que a MSTPA foi maior. Este fato
241 pode ser atribuído a alterações das características físicas dos substratos de um ano para
242 outro (Tabela 1), que mostram elevações nos valores de água facilmente disponível
243 (AFD), e de CRA. Isso, porque a porosidade total (PT) foi mais elevada também em
244 substratos reutilizados (com exceção de CAIN+CAC), enquanto o espaço de aeração
245 (EA), pelo contrário, foi reduzido, o que contribuiu para os ganhos na CRA, já que, com
246 o passar do tempo, a acomodação das diferentes partículas que compõem os substratos,
247 favorecem os ganhos em microporosidade, aumentando a retenção de água.

248 Maiores incrementos de Densidade úmida (DU), foram observadas entre
249 substratos reutilizados comparados aos novos, especialmente entre aqueles contendo
250 condicionadores, já para Densidade seca (DS), estes incrementos ocorreram somente com
251 o uso isolados de S10 e CAC, sendo que CAIN 100% reutilizada apresentou redução de
252 valor para DS. Quanto a Massa seca (MS), ocorreram reduções bem semelhantes entre
253 substratos novos para substratos reutilizados entre todos os substratos.

254 Quanto à características químicas dos substratos, a Figura 1 mostra as médias
255 mensais de CE e pH dos oito substratos (quatro novos e quatro reutilizados) ao longo dos
256 meses de experimento. O gráfico indica que níveis de CE de substratos novos ao início

257 do experimento foram diferentes e mais baixos que dos mesmos substratos reutilizados.
258 Chama a atenção, no entanto, os valores mais elevados de CE do substrato CAIN+S10
259 novo desde o início do cultivo, o que indica a maior capacidade de adsorção de íons
260 nutrientes desta formulação (Figura 1). Este, possivelmente foi um dos fatores que
261 beneficiaram o crescimento e a produtividade de frutas das plantas cultivadas neste
262 substrato.

263 Em relação ao valor de pH, este iniciou mais baixo e se elevou ao longo dos meses
264 para substratos novos, ao passo que em substratos reutilizados, estava mais elevado
265 inicialmente, havendo diminuição dos valores nos meses finais do experimento (Figura
266 1). Dessa forma, supõe-se que maiores acumulados de massa seca tenham ocorrido em
267 substratos reutilizados porque além de melhorias ocorridas na parte física dos substratos,
268 a CE mais elevada nos primeiros meses de experimento, em conjunto com o pH mais
269 próximo de 6.0 (Figura 1), podem ter contribuído para o crescimento vegetativo mais
270 rápido em plantas cultivadas em substratos reutilizados. As diferenças entre substratos
271 novos e reutilizados quanto à CE podem ser observadas também no final experimento
272 (Tabela 1), já para o pH, ocorre redução de seu valores de forma mais acentuada nos
273 substratos reutilizados, que continham condicionadores (Tabela 1).

274 A análise de variância dos resultados referentes às variáveis de produção indica
275 interação entre os fatores substratos e ciclo de uso para produtividade comercial de frutas,
276 massa média de frutas e produção não comercial (Tabela 3). Para número de frutas por
277 planta, a análise de variância não apontou interação entre os fatores, com diferenças
278 significativas somente entre os substratos (Tabela 3).

279

280

281 Tabela 3. Número e produtividade comercial de frutas, massa média de fruta e produção
 282 não comercial de plantas de morangueiro cultivadas em substratos novos e substratos
 283 reutilizados (segundo ano de uso) formulados à base de casca de arroz *in natura* em
 284 mistura com diferentes condicionadores.

Ciclo de uso	Substrato*			
	CAIN 100%	CAIN+S10	CAIN+CAC	CAIN+CAC+S10
Produtividade comercial de frutas (g planta ⁻¹)				
Novo	214.5 ABb**	242.9 Ab	143.3 Cb	192.7 Ba
Reutilizado**	264.2 Ba	300.2 Aa	211.0 Ca	186.5 Ca
CV (%)	6.7			
Massa média de frutas (g fruta ⁻¹)				
Novo	11.4 Ba	13.3 Aa	13.3 Aa	14.6 Aa
Reutilizado	13.0 Aa	13.5 Aa	12.0 Aa	12.4 Ab
CV (%)	9.5			
Produção não comercial (g planta ⁻¹)				
Novo	38.3 Ba	54.8 Aa	37.9 Bb	66.7 Aa
Reutilizado	52.7 Aa	55.5 Aa	66.6 Aa	49.3 Ab
CV (%)	8.2			
Substrato		Número de frutas		
CAIN 100%		19.6 a		
CAIN+S10		20.4 a		
CAIN+CAC		14.2 b		
CAIN+CAC+S10		14.1 b		
Ciclo de uso				
Novo		15.4 a		
Reutilizado		18.7 a		
CV (%)		17.1		

285 *Substrato: CAIN 100%: Casca de arroz *in natura* pura; CAIN+CAC: Casca de arroz *in*
 286 *natura*(80%) + casca de arroz carbonizada(20%); CAIN+S10: casca de arroz *in natura*
 287 (80%) + substrato comercial Beifort[®](20%); CAIN+CAC+S10: casca de arroz *in*
 288 *natura*(80%) + casca de arroz carbonizada(10%) + substrato comercial Beifort[®](10%).
 289 **Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, dentro
 290 do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0.05).
 291

292 A produtividade comercial de CAIN 100% foi semelhante à obtida em CAIN+S10
293 e CAIN+CAC+S10, e superior à de CAIN+CAC entre os substratos novos, mesmo sendo
294 a MMFr em CAIN 100% inferior à obtida com o cultivo nos substratos com
295 condicionadores (Tabela 3). Já, os resultados referentes aos substratos reutilizados
296 mostram que CAIN 100% se mostrou superior a CAIN+CAC e CAIN+CAC+S10,
297 enquanto que em CAIN+S10, a produtividade comercial foi superior a de CAIN pura.
298 Nestes substratos de segundo uso, não ocorreram diferenças entre CAIN 100% e
299 substratos com condicionadores para MMFr (Tabela 3).

300 O cultivo nos substratos CAIN 100% e CAIN+CAC resultou em menores valores
301 de produção não comercial do que o cultivo nos substratos que continham o S10 na sua
302 composição, considerando os substratos novos (Tabela 3). Já entre os reutilizados, não
303 ocorreram diferenças quanto a esta variável (Tabela 3).

304 Em relação ao número de frutas por planta, CAIN 100% apresentou desempenho
305 semelhante ao do substrato CAIN+S10, sendo ambos superiores aos substratos
306 CAIN+CAC e CAIN+CAC+S10 (Tabela 3), independente do ciclo de uso dos substratos.

307 No que se refere ao efeito do ciclo de uso dos substratos, os reutilizados foram
308 superiores em relação aos novos para produtividade comercial (Tabela 3). A exceção foi
309 CAIN+CAC+S10, onde não se obteve diferença entre novo e reutilizado para
310 produtividade comercial e o substrato novo resultou em maior MMFr do que o mesmo
311 substrato reutilizado (Tabela 3). Para a produção não comercial, não ocorreram diferenças
312 entre os reutilizados e novos em CAIN 100% e CAIN+S10. Porém, em CAIN+CAC
313 reutilizado ocorreu uma elevação da produção não comercial, comparada à obtida no
314 substrato novo, enquanto que em CAIN+CAC+S10 ocorreu o contrário, maior produção
315 não comercial para o substrato novo em comparação ao mesmo reutilizado. Entre os
316 ciclos de uso, não ocorreram diferenças para o número de frutas por planta.

317 As menores produtividades obtidas em CAIN+CAC e CAIN+CAC+S10 estão
318 relacionadas ao menor número de frutas colhidas, que foram em média 14.2 e 14.1 frutas
319 por planta (Tabela 3). Não obstante, no cultivo em substratos novos, a MMFr para os três
320 substratos que continham condicionadores foi superior à das frutas colhidas em CAIN
321 100%, no qual se obteve um maior número de frutas (19.6) do que em CAIN+CAC e
322 CAIN+CAC+S10, porém de menor MMFr (11.4 g fruta⁻¹) (Tabela 3). Menor tamanho
323 em decorrência de um maior número de frutas é um resultado esperado, já que a
324 competição por fotoassimilados entre as frutas é mais intensa, quanto maior for a carga
325 de frutos, indicando o que se chama interação compensatória, entre o número e o tamanho
326 de frutos (Rosa *et al.*, 2013).

327 A maior produtividade em CAIN+S10 ocorreu porque, mesmo sendo a MMFr
328 obtida semelhante a dos demais substratos (com exceção da superioridade em relação à
329 CAIN 100% novo), o número médio de frutas colhidas neste substrato foi o mais alto
330 (20.4), o que contribuiu para o ganho em produtividade por planta (Tabela 3). O contrário
331 ocorreu em CAIN+CAC+S10, que embora tenha apresentando uma superioridade quanto
332 à MMFr em substrato novo, não mostrou ganhos de produtividade entre os ciclos de uso,
333 porque o número de frutas por planta foi baixo (Tabela 3). De forma geral, as misturas
334 que continham CAC apresentaram as menores produtividades tanto em substratos novos
335 como em reutilizados (Tabela 3).

336 Um dos fatores que justifica as baixas produtividade alcançadas neste trabalho
337 pode estar relacionado à cultivar empregada. As plantas de Aromas parecem que não se
338 adaptam para este sistema de cultivo com substratos com CAIN, de baixa CRA. No
339 entanto, percebe-se que o uso de S10 como condicionador único na formulação, além de
340 ter beneficiado a produção de MSFr, com menor acúmulo de MSF e de MSC das plantas
341 no substrato reutilizado, favoreceu a produtividade das plantas, tanto em substrato novo

342 como reutilizado. No entanto, os benefícios da adição de material contendo composto
343 orgânico, como o S10, é muito relativo. Marques (2016), ao testar a adição de 20% de
344 composto orgânico na CAC, observou redução da produção de massa seca dos órgãos
345 aéreos e da produtividade da cv. San Andreas (também de dia neutro), em comparação ao
346 substrato CAC utilizado sem misturas.

347 Já no presente trabalho, foi observado que a mistura dos condicionadores S10 e
348 CAC (10% cada), e CAC (20%) na CAIN levaram a reduções de produtividade comercial,
349 independente do tempo de uso dos substratos, além de resultarem em uma maior produção
350 de frutas não comerciais em CAIN+CAC reutilizado ($66.6 \text{ g planta}^{-1}$) e em
351 CAIN+CAC+S10 novo ($66.7 \text{ g planta}^{-1}$). Estes valores indicam problemas relacionados
352 ao desenvolvimento das plantas, que podem estar atrelados às características físicas dos
353 substratos, já que os quatro apresentaram EA acima e AFD abaixo do recomendado para
354 substratos, que de acordo com De Boodt & Verdonck (1972), valores ideais se encontram
355 na faixa de 20 a 40% para EA e 20 a 30% para AFD.

356 Outra questão importante em relação à física de substratos é a acomodação das
357 partículas quando se emprega materiais muito diferentes quanto ao tamanho e à forma
358 de partículas e por longos ciclos de cultivo, como é o caso do morangueiro (Marques
359 2016). Esta hipótese sobre a acomodação das partículas, pode ser demonstrada pelo
360 aumento da CRA e a redução do EA ocorrido em substratos reutilizado com adição de
361 condicionadores, isso porque a presença de espaços vazios diminui, reduzindo assim os
362 macroporos e elevando os microporos. No entanto, no substrato CAIN 100%, apesar da
363 maior CRA do substrato reutilizado, o EA se manteve igual para ambos, novo e
364 reutilizado.

365 Algumas alterações presentes no meio de cultivo podem levar a alterações na
366 qualidade do produto final que são as frutas. Diante disso, as características fitoquímicas

367 das frutas analisadas neste trabalho (Tabela 4) mostram que não houve interação entre os
 368 fatores substrato e ciclo de uso em nenhuma variável analisada. Porém, a análise
 369 estatística indicou que houve efeitos dos substratos sobre o pH e a concentração de sólidos
 370 solúveis totais (SST), compostos fenólicos e ácido ascórbico (Tabela 4). Quanto ao fator
 371 ciclo de uso dos substratos, foram detectadas diferenças estatísticas significativas para
 372 SST, compostos fenólicos e ácido ascórbico. Nenhum dos dois fatores apresentou efeito
 373 significativo sobre o conteúdo de antocianinas, cuja média experimental foi de 44.7 mg
 374 100g⁻¹ de fruta (Tabela 4).

375

376 Tabelas 4. Valores de pH e concentração de sólidos solúveis totais (SST), compostos
 377 fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico de frutas de morangueiro em substratos novos
 378 e substratos reutilizados (segundo ano de uso), formulados à base de casca de arroz *in*
 379 *natura* em mistura com diferentes condicionadores.

Fator	Compostos				
	pH	SST	fenólicos	Antocianinas	Ácido ascórbico
	----	- °Brix -	-----	mg 100g ⁻¹	-----
Substrato*					
CAIN 100%	3.4 b**	6.9 a	113.9 c	41.9 a	24.8 c
CAIN+S10	3.5 a	6.5 ab	116.5 bc	47.9 a	22.7 c
CAIN+CAC	3.5 a	6.3 b	130.1 a	44.5 a	28.6 b
CAIN+CAC+S10	3.5 a	6.2 b	118.8 b	44.3 a	31.6 a
Ciclo de uso					
Novo	3.5 a	6.1 b	117.3 b	43.6 a	28.3 a
Reutilizado	3.5 a	6.9 a	122.3 a	45.8 a	25.6 b
CV (%)	2.9	8.9	2.8	13.3	10.8

380 *Substrato: CAIN 100%: Casca de arroz *in natura* pura; CAIN+CAC: Casca de arroz *in*
381 *natura*(80%) + casca de arroz carbonizada(20%); CAIN+S10: casca de arroz *in natura*
382 (80%) + substrato comercial Beifort[®](20%); CAIN+CAC+S10: casca de arroz *in*
383 *natura*(80%) + casca de arroz carbonizada(10%) + substrato comercial Beifort[®](10%).
384 **Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, dentro do mesmo fator, não
385 diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0.05$).
386

387 Embora a diferença seja pequena para o pH de fruto, os substratos que continham
388 condicionadores na composição obtiveram valor de 3.5 (Tabela 4), apresentando
389 diferença significativa em relação aos 3.4 de CAIN 100%.

390 Quanto aos SST (Tabela 4), os substratos com melhores produtividades, CAIN
391 100% e CAIN+S10, obtiveram também maiores valores de SST, com 6.9 e 6.5 °Brix,
392 respectivamente.

393 Por outro lado, o cultivo em CAIN 100% causou redução nos teores de
394 compostos fenólicos (Tabela 4) e, juntamente com o cultivo em CAIN+S10, no conteúdo
395 de ácido ascórbico das frutas (Tabela 4). Já, o cultivo em CAIN+CAC produziu as frutas
396 com o a maior concentração de compostos fenólicos (130.1 mg 100g⁻¹), enquanto que em
397 CAIN+CAC+S10 se obteve o maior valor de ácido ascórbico nas frutas (31.6 mg 100g⁻
398 ¹). Os valores mais elevados para compostos fenólicos e ácido ascórbico coincidem com
399 os substratos que tiveram menor desempenho produtivo, neste caso CAIN+CAC e
400 CAIN+CAC+S10.

401 No que se refere ao ciclo de uso dos substratos, os reutilizados foram superiores
402 ao novos em relação aos SST e ao conteúdo de compostos fenólicos, enquanto substratos
403 novos foram superiores em relação ao conteúdo de ácido ascórbico das frutas.

404 De forma geral, o trabalho mostra que em relação aos condicionadores, o S10
405 isolado foi aquele no qual as plantas apresentaram menor crescimento vegetativo, porém
406 maior crescimento reprodutivo, número e produtividade de frutas.

407 Além disto, o substrato CAIN 100% surpreendeu com os resultados semelhantes
408 ao substrato contendo S10 isolado, e maior produtividade que os substratos contendo
409 CAC e CAC+S10. Fatores como maior frequência de irrigação em CAIN 100%,
410 justamente porque o CRA deste substrato é mais baixo, pode ter reduzido os intervalos
411 entre as irrigações e este fato pode ter favorecido as plantas contidas em CAIN 100%.

412 Quanto aos demais condicionadores, deve-se considerar que alguns compostos
413 fitoquímicos foram mais elevados nos substratos com menores produtividades, o que
414 significa que os ganhos podem estar não somente na produtividade mas na qualidade
415 fitoquímica de frutas que estão sendo produzidas.

416 A reutilização dos substratos foi benéfica para as plantas, com exceção de
417 CAIN+CAC+S10. Para este substrato, o maior número de componentes do S10, além de
418 mais 10% de CAC adicionado à CAIN 100%, pode ter influenciado na menor
419 produtividade deste substrato. Isso porque quanto maior o número de materiais que
420 compõe um substrato, maior são as mudanças de composição química e física que podem
421 ocorrer, como EC, pH, CRA, PT e EA, por exemplo. Mesmo que não tenha ocorrido
422 muitas diferenças entre CAIN+S10 e CAIN+CAC+S10 em relação as características
423 citadas acima, ao final do experimento, pode ser que as evoluções nos parâmetros ocorram
424 de forma diferente entre cada substrato ao longo do uso, o que induziu a diferentes
425 resultados em relação a produtividade da planta.

426

427 **4.CONCLUSÕES**

428 A utilização de condicionadores de substratos em mistura com a casca de arroz *in*
429 *natura* influencia o crescimento e a produtividade das plantas da cv. Aromas nas
430 condições que foram realizadas o experimento.

431 O substrato contendo condicionador S10 obteve as maiores produtividades em
432 ambos os ciclos de uso, enquanto que para casca de arroz *in natura* pura, melhor
433 produtividade ocorreu em substrato novo.

434 Plantas cultivadas em substratos novos apresentaram em média, maior massa
435 média de frutas e maior conteúdo de ácido ascórbico.

436 Plantas cultivadas em substratos reutilizados apresentaram maior crescimento
437 vegetativo e produtividade (exceto CAIN+CAC+S10), além de maior conteúdo de sólidos
438 solúveis totais e compostos fenólicos.

439 O substrato CAIN 100% proporcionou crescimento, produtividade e concentração
440 de sólidos solúveis totais das frutas semelhantes aos do substrato CAIN+S10.

441 A reutilização dos substratos é indicada para CAIN 100% e CAIN+S10.

442

443 **5.REFERÊNCIAS**

444 Araújo Neto SE, Frednberg NTN, Minosso SCC, Novelli DS, Andrade Neto RC (2015)
445 Substrate conditioners for production of organic cupuasu seedling. Revista Brasileira de
446 Fruticultura, 37:1083-1088.

447 Cocco C, Andriolo JL, Cardoso FL, Erpen L, Schmitt OJ (2011) Crown size and
448 transplant type on the strawberry yield. Scientia Agricola, 68:489-493.

449 De Boodt M, Verdonck O (1972) The physical properties of the substrates in horticulture.
450 Acta Horticulturae, 26:37-44.

451 Diel MI, Pinheiro MVM, Cocco C, Thiesen LA, Altíssimo BS, Fontana DC, Caron BO,
452 Testa V, Schmidt D (2017) Artificial vernalization in strawberry plants: phyllochron,
453 production and quality. Australian Journal Crop Science, 11:1315-1319.

454 Duarte TS, Peil RMN, Montezano EM (2008) Crescimento de frutos do meloeiro sob
455 diferentes relações fonte:dreno. Horticultura Brasileira, 26:342-347.

- 456 Kämpf AN. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256p.
- 457 Machado AA, Conceição AR (2003) Sistema de análise estatística para windows.
- 458 Winstat. Versão 2.0. Pelotas: UFPel.
- 459 Marques GN (2016) Substrato, combinação de cultivares e mudas de morangueiro
- 460 produzidas em cultivo sem solo. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pelotas,
- 461 Pelotas, 151p.
- 462 Perin L, Peil RMN, Hohn D, Rosa DSB, Radtke A, Grolli PR (2018) Trough and pot crop
- 463 systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. *Acta*
- 464 *Scientiarum Agronomy*, 40:1-8.
- 465 Portela IP (2015) Sistemas de cultivo sem solo com solução nutritiva recirculante e
- 466 cultivares de morangueiro. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas,
- 467 83p.
- 468 Reisser Júnior C, Antunes, LEC, Aldrighi M, Vignolo, G (2014) Panorama do cultivo de
- 469 morango no Brasil. *Campo & Negócio*. 58-59.
- 470 Rosa HT, Streck NA, Walter LC, Andriolo JL, Silva MR da (2013) Crescimento
- 471 vegetativo e produtivo de duas cultivares de morango sob épocas de plantio em ambiente
- 472 subtropical. *Revista Ciência Agronômica*, 44:604-613.
- 473 Strassburger AS, Peil RMN, Fonseca, LA, Aumonde TZ, Mauch CR (2011) Dinâmica
- 474 de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. *Acta Scientiarum*,
- 475 33:283-289.
- 476 Zorzeto TQ, Dechen SCF, Abreu MF & Fernandes Júnior F (2014) Caracterização física
- 477 de substratos para plantas. *Bragantia*, 73:300-311.
- 478 Zorzeto TQ, Fernandez Júnior F, Dechen SCF (2016) Substratos de fibra de coco
- 479 granulada e casca de arroz para a produção do morangueiro 'Oso Grande'. *Bragantia*,
- 480 75:222-229.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que é promissora a utilização de substratos à base de casca de arroz *in natura* (CAIN), com a utilização de condicionadores deste material, tanto para a produção de mudas, como produção de frutas. Foram observadas mudanças quanto as características físicas dos substratos formulados, evidenciando que o tipo de condicionador exerce influência nos % de aumentos ou reduções de algumas características dos substratos ao longo do uso, principalmente quanto à CRA, PT e EA.

Para a produção de mudas nacionais de morangueiro em bancadas de cultivo, o condicionador S10 apresentou os melhores resultados, com maior produtividade de mudas e propágulos, e maior produção de mudas enquadradas na classe 3 (diâmetro de coroa $\geq 8,1$ mm), enquanto os substratos com condicionadores vermiculita e casca de arroz carbonizada apresentaram maior produção de mudas na classe 2 (diâmetro de coroa de 5,0 a 8,0 mm), indicando o potencial de uso da CAIN com condicionador S10 para produção de mudas nacionais de qualidade e em quantidades, seja elas de raízes nuas (enraizadas diretamente na bancada), no entanto, para produção de mudas de torrão, enraizadas em bandejas através dos propágulos, a utilização da mistura CAIN+S10 não é indicada pois dificulta a manutenção da umidade nas células da bandeja. A autonomia dos produtores na própria produção de mudas, visa reduzir os problemas relacionados a demanda na entrega e transplante de mudas importadas, que possuem melhor qualidade fisiológica, mas chegam tardiamente ao país, atrasando transplante início de colheita.

Em relação a produção de frutas, os substratos formulados com condicionadores e cultivados com mudas de torrão cv. Aromas elevaram o crescimento vegetativo e produtividade, enquanto mudas de raízes nua da mesma cultivar, tiveram incremento de produção quando se fez uso de S10 e CAC juntos na CAIN. Já quando avaliou-se o comportamento de mudas sobre substratos reutilizados, o substrato contendo S10 aumentou desempenho de plantas de primeiro ano de cultivo, em relação aos substratos que continham

CAC na formulação, enquanto que plantas de segundo ano de cultivo, apresentaram melhores desempenhos no substrato contendo CAC.

Sendo assim, dentro das possibilidades de uso de condicionadores para CAIN, para produção comercial de frutas, a escolha de um condicionador de substrato, vai depender do manejo que pretende-se realizar no cultivo. Para a manutenção de substratos e plantas por mais ciclos de cultivo, o condicionador CAC isolado é mais indicado. Já se a pretensão é a troca anual de plantas com manutenção de substratos, é mais indicado utilizar o condicionador S10 isolado pra o cultivo de mudas de morangueiro.

Em relação a CAIN pura, observou-se ganhos de produtividade deste substrato, tanto quando realizou-se a manutenção de plantas para segundo ano de cultivo, como quando foram transplantadas mudas novas sobre sobre substratos reutilizado, indicando algo promissor para produção de outras cultivares de morango sobre substratos à base de CAIN.

8. REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L.; BONINI, J.V.; BOEMO, M.P. Acumulação de matéria seca e frutos de morangueiro cultivados em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 24-27, 2002.

ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; OLIVEIRA, C.S.; COCCO, C.; SCHMITT, O.J.; CARDOSO. Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.691-695, 2009.

ANTUNES, L.E.C.; BONOW, S. Morango crescimento constante em área e produção. **Revista Campo & Negócio**. Anuário HF 2010, p.88-92, 2020.

ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.; VIGNOLO, G.K.; GONÇALVES, M.A. Morangos do jeito que o consumidor gosta. **Campo & Lavoura**, Anuário HF 2015, n. 1, p.64-72, 2015.

ANTUNES O.T.; CALVETE, E.O.; ROCHA, H.C.; NIENOW, A.A.; CECCHETTI, D; RIVA, E.; MARAN, R.E. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 94-99, 2007.

ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, p. 156-161, 2013.

AOAC. **Official Methods of Analysis**, AOAC Official Method 967.21, Chapter 45. 1995. p.16.

ARAÚJO NETO, S.E.; FREDNBERG, N.T.N.; MINOSSO, S.C.C.; NOVELLI, D.S.; ANDRADE NETO, R.C. Substrate conditioners for production of organic cupuasú seedling. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 1083-1088, 2015.

AVENI, A.; TAVARES, C.R.; RIBEIRO, E.A.; SANTOS, L.C.B.; LOPES, S.L.A.R. Diagnóstico preliminar do potencial de indicação geográfica (IG) do morango de Brasília no Distrito Federal. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 3, p. 952-963, 2018.

BECKER, T.B.; SCHIAVON, A.V.; DELAZERI, E.E.; BARRETO, C.F.; ANTUNES, L.E.C. Productive behavior of strawberry from potted seedlings produced with application of prohexadione calcium in soilless cultivation. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n.4, p. 309-318, 2020.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BORTOLOZZO, A.R.; SANHUEZA, R.M.V.; BOTTON, M.; MELO, G.W.B. de; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F.F.; FERLA, N.J.; PINENT, S.M.J. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho (Circular Técnica, 62)**, 2007, 23 p.

CARINI, F.; PEIL, R.M.N.; MARQUES, G.N.; GROLLI, P.R.; SOUZA, R.S. Organic compost addition to raw rice husk substrate for tomato (*Solanum lycopersicum*) hybrid variety cultivation in a leach recirculating system. **Revista Colombiana de Ciências Horticolas**, v. 12, n. 1, p. 94-103, 2018.

COCCO, C. **Qualidade fisiológica das mudas na produção de frutas do morangueiro**. 2010, 48 p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Agronomia) - UFSM, Santa Maria, 2010.

COCCO, C.; ANDRIOLO, J. L.; ERPEN, L.; CARDOSO, F. L.; CASAGRANDE, G. S. Development and fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p.730-736, 2010.

COCCO, C, ANDRIOLO, J.L; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L.; SCHMITT, O.J. Crown size and transplant type on the strawberry yield. **Scientia Agricola**, v. 68, p.489-493, 2011.

COCCO, C.; GONÇALVES, M.A.; PICOLOTTO, L.; FERREIRA, L.V.; ANTUNES, L.A.C. Crescimento, desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com volumes de torrão. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 37, n. 4, p. 961-969, 2015.

CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.10-17, 2002.

DAL PICIO, M.; ANDRIOLO, J.L.; ERPEN, L; JANISCH, D.I.; SCHMITT, O.J. Multiplication of strawberry stock plants at different planting times. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.544-548, 2012.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, v. 26, p. 37-44, 1972.

DEPARDIEU, C.; PRÉMONT, V.; BOILY, C.; CARON, J. Sawdust and bark-based substrates for tray plants strawberry production under greenhouse conditions. **Acta Horticulturae**, v. 1156, p. 269-276, 2017.

DIEL, M.I.; PINHEIRO, M.V.M.; COCCO, C.; THIESEN, L.A.; ALTÍSSIMO, B.S.; FONTANA, D.C.; CARON, B;C.; TESTA, V.; SCHMIDT, D. Artificial vernalization in strawberry plants: phyllochron, production and quality. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, p. 1315-1319, 2017.

DUARTE, T.S.; PEIL, R.M.N.; MONTEZANO, E.M. Crescimento de frutos do meloeiro sob diferentes relações fonte:dreno. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 342-347, 2008.

DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 271-276, 2010.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Agricultural Production/strawberry. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acessado em: 26 Mar. 2019.

FRANCO, E.O.; ULIANA, C.; LIMA, C.S.M. Características físicas e químicas de morango 'San Andreas' submetido a diferentes posicionamentos de slab, densidades de plantio e meses de avaliação. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 2, 2017.

GARCIA J.D. **Calhas com substrato de casca de arroz “in natura” e recirculação da solução nutritiva drenada: um sistema alternativo para o cultivo de minimelancia**. 2019, 87p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

GIMÉNEZ G.; ANDRIOLO J.L.; GODOI R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, p. 273-279, 2008.

GUIMARÃES, A.G.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; ELSAYED, A.Y.A.M.; FERNANDES, J.S.C.; FERREIRA, M.A.M. Potencial produtivo de cultivares de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 112-120, 2015.

GODOI, R.S.; ANDRIOLO, J.L.; FRANQUÉZ, G.G.; JÄNISCH, D.I.; CARDOSO, F.L. VAZ, M.A.B. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, v. 39, n.4, p. 1039-1044, 2009.

GOMES, K.B.P.; OLIVEIRA, G.H.H.; CARVALHO, J.P.; CAVALCANTE, D.F.S.; VILLA-REAL, M.E. Diagnóstico da cadeia produtiva do morango dos agricultores familiares do Distrito Federal. **Revista Eixo**, v. 2, n. 2, p. 9-14, 2013.

HANCOCK, J.F. **Strawberries**. Wallingford: CABI, 1999. 237p.

HOHN, 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 Ciências Horticolas**, v. 12, n. 2, p. 476-483, 2018.

KÄMPF, A.N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256p.

LIETEN, P. J. LONGUESSERRE, G. BARUZZI, J. LOPEZ-MEDINA, J. CLAUDE NAVATEL, E. KRUEGER, V. MATALA, G. PAROUSSI. Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. **Acta Horticulturae**, v. 649, p.193-196, 2004.

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. Sistema de análise estatística para windows. Winstat. Versão 2.0. Pelotas: UFPel. 2003.

MADAIL. J.C.M.A. Economia do Morango. Embrapa Clima Temperado. **Anais de Palestras e Resumos do IV Simpósio Nacional do Morango e III Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.

MADAIL. J.C.M. Panorama Econômico. In: ANTUNES, L.E.C.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. (Org.) **Morangueiro**. Embrapa, 1º Ed. 2016. p. 17-33.

MARQUES, G.N. **Substrato, combinação de cultivares e mudas produzidas nas condições locais para o cultivo do morangueiro com solução nutritiva recirculante**. 2016, 152p. TESE (Doutorado em Agronomia) - UFPel, Pelotas, 2016.

MEDEIROS, C.A.B. carbonização da casca de arroz para utilização em substratos destinados á produção de mudas. **Comunicado técnico** – Embrapa. n. 8, 1998.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 520-522, 2006.

OLIVEIRA, R.P.; BRAHM, R.U.; SCIVITTARO, W.B. Produção de mudas de morangueiro em casa-de-vegetação utilizando recipientes suspensos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 107-109, 2007.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2009.

PEIL, Roberta Marins Nogueira, et al. Cultivo do morangueiro em substrato: aspectos técnicos e ambientais de sistemas abertos e fechados. In: OLIVEIRA, Jorge L.B.; MINUZZI, Rosandro B. (Org.). **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.; ALBUQUERQUE NETO, A.A.R.; ROMBALDI, C.V. Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 234-240, 2014.

PERIN, L.; PEIL, R.M.N.; HOHN, D. ROSA, D.S.B.; RADTKE, A.; GROLLI, P.R. Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, p. 1-8, 2018.

PORTELA, I.P. **Sistemas de cultivo sem solo com solução nutritiva recirculante e cultivares de morangueiro**. 2015. 83f. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

PORTELA, I.P.; PEIL, R.M.N.; ROMBALDI, C.V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 281-288, 2012.

REISSER JR, C.; ANTUNES, L.E.C.; ALDRIGHI, M.; VIGNOLO, G. Panorama do cultivo de morango no Brasil. **Campo & Negócio**. 58-59, 2014.

ROSA, A.; OLIVEIRA, P.; SOUSA, B.; RODRIGUES, A.; CAÇO, J.; MOGO, P.; REIS, M. Cultivo de morango sem solo: efeito da densidade de plantação e do tipo de propágulo. III Colóquio nacional da produção de pequenos frutos, 2008. Sever do Vouga, Portugal. **Actas de Horticultura**, 18. ISBN 978-972-8936-10-5.

ROSA, D.S.B. **Número de hastes para o cultivo do tomateiro *grape* em substrato de casca de arroz e sistema fechado**. 2015. 126p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFPel, Pelotas, 2015.

SCHMITT, O.J.; ANDRIOLO, J.L.; TOSO, V.; JANISCH, D.I.; DAL PICIO, M.; LERNER, M.A. Cold storage of strawberry runner tips on plug plants production and yield. **Ciência Rural**, v. 42, p. 955-961, 2012.

SONNEVELD, C.; STRAVER, N. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates. 10th ed. The Netherlands, proof station voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk. (Series: **Voedingsoplossingen Glastuinbouw**) n. 8, 45 p., 1994.

SPECHT, S.; BLUME, R.A. Competitividade da Cadeia do Morango no Rio Grande do Sul. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 35-59, 2011.

STRASSBURGER, A.S.; PEIL, R. M. N.; FONSECA, L. A.; AUMONDE, T. Z.; MAUCH, C. R. Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum**, v.33, n.2, p.283-289, 2011.

STRASSBURGER, A.S.; PEIL R.M.N.; SCHWENGBER, J.E.; MEDEIROS, C.A.B.; MARTINS, D.S.; SILVA, J.B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010.

TEIXEIRA, C.P. **Produção de mudas e frutos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo**. 2011, 74p. Tese (Doutorado em Agronomia) - UFLA, Lavras, 2011.

TORRES-QUEZADA, E.A.; ZOTARELLI, L.; WHITAKER, V.M.; SANTOS, B.M.; HERNANDEZCHOA, I. Initial crown diameter of strawberry bare-root transplants affects early and total fruit yield. **Hort Technology**, v. 25, n. 2, p. 203-208. 2015.

WITTER, S.; RADIN, B.; LISBOA, B.B.; TEIXEIRA, J.S.G.; BLOCHTEIN, B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.C. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 58-65, 2012.

YARBOROUGH, D.E. Blueberry pruning and pollination, p. 75-83. In: N.F. Childers (ed.), Blueberries for growers, gardeners, promoters. Horticultural Publications. Gainesville. Florida. (2006).

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M.F.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, p. 300-311, 2014.

ZORZETO, T.Q.; FERNANDES JÚNIOR F.; DECHEN, S.C.F. Substratos de fibra de coco granulada e casca de arroz para a produção do morangueiro 'Oso Grande'. **Bragantia**, v. 75, n. 2, p. 222-229, 2016.