

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



Tese

**Procedência da muda de morangueiro e reutilização de substrato de casca de
arroz *in natura* em sistema com recirculação da solução drenada**

Cristiane Neutzling

Pelotas, 2022

Cristiane Neutzling

Procedência da muda de morangueiro e reutilização de substrato de casca de arroz *in natura* em sistema com recirculação da solução drenada

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: Profa. Dra. Roberta Marins Nogueira Peil

Coorientadores: Prof. Dr. Carlos Rogério Mauch

Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

N497p Neutzling, Cristiane

Procedência da muda de morangueiro e reutilização de substrato de casca de arroz *in natura* em sistema com recirculação da solução drenada / Cristiane Neutzling ; Roberta Marins Nogueira Peil, orientadora ; Carlos Rogério Mauch, Paulo Roberto Grolli, coorientadores. — Pelotas, 2022.

153 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. *Fragaria x ananassa*. 2. Cultivo sem solo. 3. Crescimento de plantas. 4. Precocidade de colheita. 5. Produtividade. I. Peil, Roberta Marins Nogueira, orient. II. Mauch, Carlos Rogério, coorient. III. Grolli, Paulo Roberto, coorient. IV. Título.

CDD : 634.75

Cristiane Neutzling

Procedência da muda de morangueiro e reutilização de substrato de casca de arroz *in natura* em sistema com recirculação da solução drenada

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 29 de agosto de 2022.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Roberta Marins Nogueira Peil - UFPel

Doutora em Agronomia pela Universidade de Almería (2000)

Pesquisador Dr. Luís Eduardo Corrêa Antunes - EMBRAPA

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (1999)

Prof. Dr. André Samuel Strassburger - UFRGS

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (2010)

Prof. Dr. Gabriel Nachtigall Marques - IFRS

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (2016)

**Aos meus pais Eraci e Juarez e minha
avó Ilma, pelo incentivo e esforço para
construção da minha formação.
Ao meu irmão Alessandro, pela parceria
e incentivo em todos os momentos.
Aos agricultores, grandes motivadores
deste trabalho.**

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, por me conceder o dom da vida. Por abençoar e iluminar o meu caminho em todos os momentos.

À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de participar do programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, para a obtenção do grau de doutora.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Roberta Marins Nogueira Peil, pela sua orientação desde a graduação. Por todo conhecimento e valores transmitidos. Por acreditar na minha capacidade profissional e me proporcionar oportunidades para meu desenvolvimento profissional. Por sempre me passar tranquilidade e segurança. Sou extremamente grata por todos os momentos que compartilhamos!

Aos professores Carlos Rogério Mauch e Paulo Roberto Grolli, pela coorientação, pelos compartilhamentos de conhecimento, amizade e momentos de descontração.

A todos os professores que tive a honra de ser aluna nesse período, agradeço por todos os conhecimentos compartilhados.

Aos colegas de pós-graduação, em especial aos colegas e amigos do grupo Cultivo sem Solo, Chaiane Borges Signorini, Daniela Hohn, Douglas Schulz, Facundo Ernesto Ramos Hentz, Fabiane Kletke de Oliveira, Katia Ruiz, Laís Perin e Mussa Mamudo Salé, por toda a ajuda na instalação e condução dos experimentos, trocas e compartilhamentos de ideias e conhecimentos. Pela parceria e por todas as risadas, vocês foram essenciais para tornarem tudo mais leve e divertido.

Aos estagiários Alessandro Neutzling, Dener de Oliveira Silveira, Luisa Krolow Gehrke, Luisa Magalhães Freitas, Thaís Thürmer e Thiago da Luz, pela disposição, ajuda e parceria. O trabalho se tornaria muito mais difícil sem a presença de vocês.

À empresa Maxxi Mudas, pela atenção concedida e doação das mudas importadas (Argentina e Espanha) no primeiro ciclo de cultivo e pelo desconto oferecido no segundo ciclo.

Aos meus pais Eraci e Juarez e a minha avó Ilma, por todo apoio e incentivo, por toda transmissão de valores e ensinamentos e por me ampararem em tudo que fosse necessário.

Ao meu irmão Alessandro, por todo incentivo, troca de conhecimentos e amizade. Por ser tudo aquilo que a palavra irmão significa.

Aos amigos e familiares, por se fazerem presentes na minha vida. Pelos conselhos, apoio e momentos de descontração. Vocês foram fundamentais para me fazer seguir em frente com disposição. Obrigada por estarem comigo e me animarem nos momentos de bloqueio!

À todas as pessoas que estiveram presentes na minha vida nesse período e que me ajudaram a dar mais esse passo no meu crescimento profissional.

Resumo

NEUTZLING, Cristiane. **Procedência da muda de morangueiro e reutilização de substrato de casca de arroz *in natura* em sistema com recirculação da solução drenada**. Orientadora: Roberta Marins Nogueira Peil. 2022. 153f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Elaboração de substratos com materiais disponíveis em regiões próximas e a sua reutilização, juntamente com o cultivo de plantas por dois ciclos ou mais são técnicas amplamente utilizadas na cultura do morangueiro. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de plantas de diferentes procedências (espanhola, argentina e nacional), a reutilização de substratos à base de casca de arroz *in natura* para o cultivo do morangueiro San Andreas em sistema fechado e o efeito de enraizante sobre o crescimento e a produção de frutos. O estudo foi conduzido em estufa, na Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil. A partir dos experimentos realizados, foram compostos três artigos. Os artigos 1 e 2 tiveram como objetivo verificar os efeitos da adição de substrato comercial à casca de arroz *in natura* frente ao uso desta pura. No artigo 1, plantas de três origens foram mantidas por dois anos nos substratos, sendo apresentados os resultados para cada ciclo produtivo. Plantas espanholas apresentaram maior produção precoce e total no primeiro ciclo. No segundo, plantas argentinas se equipararam às espanholas para a produção de frutos. Plantas nacionais apresentaram resultados inferiores em ambos os ciclos produtivos. A manutenção de plantas no segundo ciclo produtivo favoreceu a antecipação da colheita. Quanto aos substratos, ambos apresentaram melhorias nas suas características físicas ao longo do experimento. Contudo, o substrato com a adição de condicionador favoreceu o crescimento e a produção de frutos. O artigo 2 teve como foco a avaliação da reutilização dos substratos. Dois experimentos foram realizados em anos sucessivos, estudando a reutilização dos substratos por até três e quatro anos de uso respectivamente, havendo a reposição das mudas anualmente. Os resultados indicam que a reutilização de ambos os substratos promoveu melhorias das propriedades físicas até o terceiro ano de uso, o que levou a ganhos progressivos no crescimento e na produção de frutos das plantas até o quarto ano de uso. A adição do condicionador intensificou as alterações benéficas do substrato desde o primeiro até o quarto ano de uso, com reflexos positivos sobre as plantas. Com o aumento do número de reutilizações, o cultivo em substrato de casca de arroz *in natura* proporcionou produção de frutos semelhantes à obtida no substrato com condicionador. O artigo 3 aborda o efeito de enraizante comercial sobre o crescimento radicular e da parte aérea, bem como a produção de frutos de plantas das mesmas três procedências indicadas. O enraizante favoreceu o crescimento radicular, acarretando maior crescimento da parte aérea e produção, além, de favorecer a antecipação da colheita. Plantas espanholas apresentaram melhor crescimento e desempenho produtivo, seguida pelas mudas nacionais. As de origem argentina apresentaram resultados inferiores, devido ao plantio tardio. Embora, exista a diferença de crescimento e produtividade entre as plantas das três procedências, o plantio em conjunto das mesmas na propriedade favorece a distribuição da colheita. A adição de substrato comercial e a reutilização de substratos à base de casca de

arroz *in natura* melhora as características físicas dos substratos e promove o crescimento e a produção de frutos.

Palavras-chave: *Fragaria* x *ananassa*. Cultivo sem solo. Crescimento de plantas. Precocidade de colheita. Produtividade.

Abstract

NEUTZLING, Cristiane. **Origin of strawberry plants and reuse of raw rice husk substrate in a system with recirculation of the drained solution.** Advisor: Roberta Marins Nogueira Peil. 2022. 153f. Thesis (Doctorate degree in Agronomy) – Postgraduate Program in Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Federal University of Pelotas, Pelotas.

Substrate preparation with materials available in nearby regions and their reuse, together with the plant cultivation for two cycles or more are techniques widely used in strawberry cultivation. The objective of this work was to evaluate the plant performance from different origins (Spanish, Argentine and national), the reuse of substrates based on raw rice husk for the San Andreas strawberry cultivation in a closed system and the rooting effect on the growth and fruit production. The study was conducted in a greenhouse at the Federal University of Pelotas, RS, Brazil. From the experiments carried out, three articles were composed. Articles 1 and 2 aimed to verify the effects of adding a commercial substrate based on raw rice husk against the use of this pure one. In article 1 plants from three sources were kept for two years in the substrates, and the results for each production cycle were presented. Spanish plants showed higher early and total production in the first cycle. In the second, Argentinian plants matched Spanish ones for fruit production. National plants showed lower results in both production cycles. The plant maintenance in the second production cycle favored the anticipation of the harvest. As for the substrates, both showed improvements in their physical characteristics throughout the experiment. However, the substrate with the addition of conditioner favored growth and fruit production. Article 2 focuses on the evaluation of substrate reuse. Two experiments were carried out in successive years, studying the substrate reuse for up to three and four years of use, respectively, with the seedling replacement annually. The results indicate that both substrates reuse promoted improvements in physical properties until the third year of use, which led to progressive gains in growth and fruit production of the plants until the fourth year of use. The conditioner addition intensified the beneficial changes in the substrate from the first to the fourth year of use, with positive effects on the plants. With the increase in the reuses number, cultivation in raw rice husk substrate provided fruit production like that obtained in the substrate with conditioner. Article 3 addresses the commercial rooting effect on root and shoot growth, as well as the plants fruit production from the same three indicated provenances. The rooting agent favored root growth, causing greater shoot growth and production, in addition to favoring the harvest anticipation. Spanish plants showed better growth and productive performance, followed by national seedlings. Those from Argentine origin showed lower results, due to late planting. Although there is a difference in growth and yields between the plants from the three origins, planting them together on the property favors the harvest distribution. The commercial substrate addition and the reuse of substrates based on raw rice husk improves the substrate physical characteristics and promotes growth and fruit production.

Keywords: *Fragaria x ananassa*. Soilless system. Plant growth. Early yield. Yields.

Lista de Figuras

Artigo I	57
Figura 1	Distribuição da colheita de plantas de morangueiro de diferentes procedências [Argentina (A), Espanha (E) e nacional (N)] cultivadas em dois substratos [casca de arroz <i>in natura</i> (CAIN) e casca de arroz <i>in natura</i> mais substrato comercial (CAIN + SC)] e preço médio do morango na CEASA/RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul) durante os meses da safra do primeiro ciclo produtivo (2019/2020).....	78
Figura 2	Distribuição da colheita e preço médio do morango CEASA/RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul) diante manutenção de plantas de diferentes procedências [Argentina (A), Espanha (E) e nacional (N)] cultivadas em dois [substratos casca de arroz <i>in natura</i> (CAIN) e casca de arroz <i>in natura</i> + substrato comercial (CAIN + SC)], durante os meses da safra do segundo ciclo produtivo (2020/2021).....	79

Lista de Quadros

Projeto de Pesquisa	24
Quadro 1 Cronograma de execução do projeto.....	44

Lista de Tabelas

Projeto de Pesquisa	24
Tabela 1	Diárias e passagens.....	43
Tabela 2	Material permanente.....	43
Tabela 3	Material de consumo.....	44
Artigo I	57
Tabela 1	Densidade seca, porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível, capacidade de retenção de água (CRA), condutividade elétrica (CE) e pH dos substratos casca de arroz <i>in natura</i> 100% e casca de arroz <i>in natura</i> com adição de substrato com comercial* (20%), ao início (dia zero), aos 391 e 642 dias após o plantio de plantas de morangueiro.....	70
Tabela 2	Índice de área foliar, razão de área foliar, área foliar específica, produção acumulada de massa seca de folhas, de coroa, vegetativa (folhas + coroa), de frutos e do total da parte aérea (folhas + coroa + frutos) ao final de dois ciclos produtivos subsequentes de plantas de morangueiro provenientes de três locais de origem e cultivadas em substratos de casca de arroz <i>in natura</i> pura (CAIN) e casca de arroz <i>in natura</i> + substrato comercial (CAIN + SC).....	74
Tabela 3	Número, massa média, produção total e colheita precoce de frutos de plantas de morangueiro provenientes de três locais de origem e cultivadas em substratos de casca de arroz <i>in natura</i> pura (CAIN) e casca de arroz <i>in natura</i> + substrato comercial (CAIN + SC), em dois ciclos produtivos subsequentes.....	77
Artigo II	95
Tabela 1	Características físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos casca de arroz <i>in natura</i> 100% e casca de arroz <i>in natura</i> com adição de substrato comercial (20%), ao início do ciclo de cultivo de 2019-2020, em função da sua reutilização por até três anos para o cultivo de morangueiro.....	105

Tabela 2	Características físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos casca de arroz <i>in natura</i> 100% e casca de arroz <i>in natura</i> com adição de substrato comercial (20%), ao início do ciclo de cultivo de 2020-2021, em função da sua reutilização por até quatro anos para o cultivo de morangueiro.....	106
Tabela 3	Produção de massa seca vegetativa, de frutos e total, em dois ciclos de cultivo, de plantas de morangueiro cultivadas em substratos de casca de arroz <i>in natura</i> 100% (CAIN) e casca de arroz <i>in natura</i> com adição de substrato comercial (CAIN + SC), com diferentes tempos de uso em sistema com recirculação da solução nutritiva drenada.....	108
Tabela 4	Número, peso médio e produção de frutos, em dois ciclos de cultivo de plantas de morangueiro, cultivadas em substratos de casca de arroz <i>in natura</i> 100% (CAIN) e casca de arroz <i>in natura</i> com adição de substrato comercial (CAIN + SC), com diferentes tempos de uso, em sistema com recirculação da solução nutritiva drenada.....	109
Artigo 3	113
Tabela 1	Densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), capacidade de retenção de água (CRA), condutividade elétrica (CE) e pH do substrato casca de arroz carbonizada no início do ciclo de cultivo.....	121
Tabela 2	Comprimento de raiz, massa seca de raiz, diâmetro e massa seca da coroa de plantas de morangueiro de diferentes origens no dia do plantio.....	127
Tabela 3	Comprimento de raiz, massa seca de raiz, diâmetro de coroa e número de folhas de três diferentes plantas de morangueiro de diferentes origens e o efeito do uso do enraizante 20 dias após o plantio.....	128
Tabela 4	Efeito do uso de enraizante comercial na massa seca de coroa aos 20 dias após o plantio de plantas de três diferentes origens...	129
Tabela 5	Efeito do uso de enraizante comercial sob a massa seca de folhas de plantas de diferentes origens aos 20 dias após o plantio	129

Tabela 6	Comprimento de raiz, massa seca de raiz, diâmetro da coroa, massa seca da coroa, massa seca de folhas e número de folhas de plantas de diferentes origens e o efeito da utilização de enraizante comercial aos 40 dias após plantio.....	131
Tabela 7	Efeito da utilização de enraizante comercial em plantas de três diferentes origens referente às variáveis de crescimento radicular e da parte área de plantas de morangueiro cultivadas em sistema de cultivo em calhas com recirculação da solução nutritiva drenada.....	134
Tabela 8	Número de frutos, peso médio, produção total e produção precoce de frutos de plantas de morangueiro de distintos locais de origem mediante a utilização de enraizante comercial.....	140

Sumário

1 Introdução geral	16
2 Projeto de pesquisa	24
2.1 Antecedentes e justificativa	27
2.2 Hipóteses	33
2.3 Objetivos e metas.....	34
2.3.1 Objetivo geral	34
2.3.2 Objetivos específicos.....	34
2.3.3 Metas.....	34
2.4 Material e métodos.....	35
2.4.1 Plano de ação 1: Reutilização de substrato de cultivo antecessor e verificação de desempenho de plantas de diferentes procedências	36
2.4.1.1 Primeiro ano de execução.....	36
2.4.1.2 Segundo ano de execução.....	37
2.4.3 Plano de ação 2: Verificação do desempenho da cultura do morangueiro através do emprego do Rootex® com alto potencial de enraizamento.....	38
2.4.4 Avaliações e medidas experimentais	40
2.4.4.1 Avaliações de crescimento e produtividade	40
2.4.4.2 Qualidade química dos frutos.....	41
2.4.4.3 Determinação de amido em plantas de morangueiro	41
2.4.4.4 Avaliação do crescimento radicular de plantas submetidas a pulverização de produto com potencial de maior enraizamento.....	41
2.4.4.5 Análise química e física dos substratos.....	42
2.4.4.6 Consumo hídrico	42
2.4.4.7 Medidas agrometeorológicas	43
2.5 Análise estatística	43
2.6 Recursos necessários	43
2.7 Cronograma de execução da pesquisa.....	44
2.8 Divulgação prevista	44
Referências	45
3 Relatório do trabalho de campo	48

4 Artigo 1 - Avaliação por dois ciclos produtivos de plantas de morangueiro de diferentes procedências cultivadas em substratos à base de casca de arroz <i>in natura</i>	57
1 INTRODUÇÃO	60
2 MATERIAL E MÉTODOS	65
3 RESULTADOS	70
3.1 Propriedades físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos.....	70
3.2 Crescimento da planta e produção de frutos.....	72
4 DISCUSSÃO	80
4.1 Propriedades físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos.....	80
4.2 Crescimento da planta e produção de frutos.....	83
5 CONCLUSÃO.....	91
REFERÊNCIAS.....	92
5 Artigo 2 - Reutilização de substrato de casca de arroz <i>in natura</i> no cultivo do morangueiro em sistema de calhas com recirculação do lixiviado.....	95
INTRODUÇÃO	97
MATERIAL E MÉTODOS.....	100
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	104
CONCLUSÃO.....	110
REFERÊNCIAS.....	111
6 Artigo 3 - Enraizante e procedência da muda no cultivo do morangueiro em substrato	113
1 Introdução	115
2 Material e Métodos.....	118
3 Resultados e discussão.....	126
4 Conclusões.....	141
Referências	142
7 Considerações finais	145
Referências	146

1 Introdução

A busca por sistemas de cultivo que proporcionem melhorias na qualidade de produção e de trabalho do produtor familiar está cada vez mais em ascensão. Trata-se, além de um setor econômico, de uma atividade que envolve gerações, comprometimento e histórias. Assim, a cada nova geração de famílias produtoras, busca-se o incremento na qualidade de vida e permanência dos jovens em suas respectivas propriedades. Nesse sentido, os sistemas de cultivo sem solo surgem como destaque no setor de inovações tecnológicas que favorecem a ergonomia de trabalho do produtor, a exemplo do que vem ocorrendo com a cultura do morangueiro.

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Dusch) é uma planta de porte baixo, que quando cultivada em sistema convencional, no solo, demanda maior energia do produtor, diante da necessidade de manejar a cultura em posição desconfortável. Nos últimos 10 anos, houve uma expansão para os sistemas de cultivo sem solo no RS. Esses sistemas promovem a otimização da mão de obra e maior qualidade dos frutos, devido a cultura encontrar-se em uma altura ideal para o manejo, podendo o produtor trabalhar de pé em posição confortável, proporcionando maior sanidade às plantas pela ausência de doenças e pragas de solo e por estarem dispostas sob ambiente protegido. Além da redução do uso de agrotóxicos, pode-se também citar como benefício desses sistemas o maior adensamento de plantas, que resulta em maior produtividade por unidade de área cultivada, quando comparado ao sistema convencional de cultivo no solo.

Em âmbito mundial, os principais produtores em área cultivada de morango são a China, Polônia e a Rússia, com 133.144, 49.900 e 31.122 hectares respectivamente (FAO, 2020). Contudo, entre os países que atingem as maiores produtividades destacam-se a China e Estados Unidos, com produtividade de 26,3 t/ha e 60,7 t/ha, respectivamente (FAO, 2020).

O Brasil não figura como um dos principais produtores mundiais de morango, mas apresenta uma área considerável cultivada anualmente, atingindo 4.500 ha, representando 165.000 toneladas, gerando uma média de produtividade aproximada de 30 T ha⁻¹ (ANTUNES; BONOW, 2020). Os estados que apresentam destaque no território brasileiro são Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul (RS) e São Paulo, representando 47%, 14%, 11,5% e 9,5%, respectivamente, da produção brasileira, que somados respondem por mais de 70% da produção de morangos em âmbito

nacional. Acredita-se que no RS a estimativa de produção de 22.000 toneladas/ano em 518 ha encontra-se aquém da realidade, pois tem aumentado muito nos últimos anos o cultivo do morangueiro no estado (ANTUNES; BONOW, 2020).

Atualmente, cerca de 45% da área do Rio Grande do Sul (RS) está sendo cultivada com morangueiro em sistema de cultivo sem solo, majoritariamente com emprego de substratos (FAGHERAZZI *et al.*, 2017). O cultivo em substrato em sistema aberto tem avançado de forma intensa com domínio no RS. Produtores da Serra e da região do Vale do Caí têm utilizado uma gama variada de substratos, sendo, no entanto, majoritário o emprego da casca de arroz carbonizada (CAC) com a adição de composto orgânico (CO) como materiais básicos para a composição dos substratos (RADIN *et al.*, 2011).

No sul do estado do Rio Grande do Sul, no município de Pelotas, segundo a Emater municipal, estima-se que atualmente existam 1.700.000 plantas de morangueiro sendo cultivadas. Desse número de plantas, 40% ainda é cultivado no sistema convencional. Entretanto, 36% está sendo cultivado em sistema de cultivo aberto e 24% em sistema de cultivo fechado, no qual identifica-se que hoje o maior percentual de produção seja em sistema de cultivo sem solo, com uma totalidade de 60%.

O sistema de cultivo denominado aberto é aquele no qual a solução nutritiva drenada pelo substrato não é coletada, ou seja, é perdida diretamente para o solo, acarretando em desperdício de água, fertilizantes, além da possibilidade de contaminação do solo e do lençol freático. Comumente, nesse sistema de cultivo, são utilizados os sacos tubulares, os *slabs*, que são preenchidos com substratos, e em sua face inferior perfurados para que ocorra a liberação do excedente à capacidade de retenção do substrato.

Apesar de proporcionar melhores condições de trabalho, esse sistema conta com alguns inconvenientes que resultam em menores possibilidades de rentabilidade, uma vez que há desperdício de água e fertilizantes e risco de contaminação do solo. Dados levantados por Peil, Signorini e Perín (2021) demonstram que a perda de solução nutritiva diária para o cultivo do morangueiro em sistema aberto pode ser de aproximadamente 300 litros, o que equivale a uma perda anual de 4,4 milhões de litros/ha⁻¹. Nesse sentido, surge o sistema de cultivo fechado, que promove a coleta da solução nutritiva drenada e sua recirculação, proporcionando redução de custos e diminuição de possíveis danos ao solo, mediante a presença dos sais dos fertilizantes

(PEIL *et al.*, 2018). Nesse sistema, os substratos empregados devem ser mais “inertes”, para evitar a salinização do mesmo, uma vez que a cultura do morangueiro não tolera excesso de sais.

A diferença entre os substratos para os sistemas abertos e fechados é que, como o primeiro não promove a coleta da solução drenada, são indicados substratos com maior retenção de água, com a finalidade de realizar o menor número de regas possíveis para evitar o desperdício. Assim, comumente, são usados substratos compostos por mistura de materiais que permitam uma boa aeração em combinação com composto orgânico, que geralmente possui como característica a maior retenção de água. Já para o sistema fechado, o substrato utilizado deve ter como uma das principais características uma reduzida CTC, não sendo aconselhado o uso de composto orgânico em elevadas proporções, devido à tendência de salinização, principalmente, para hortaliças de frutos com extensos ciclos de cultivo, como é o caso do morangueiro.

Assim, a casca de arroz tem sido estudada isoladamente (ROSA *et al.*, 2016; NEUTZLING *et al.*, 2018; DUTRA *et al.*, 2021) ou com misturas de materiais (SIGNORINI, 2020) com o propósito de utilização no cultivo em substrato. A CAC tem sido amplamente empregada como substrato mediante suas características físicas e químicas nos sistemas de cultivo fechados (MEDEIROS; STRASSBURGER; ANTUNES, 2008).

O inconveniente relacionado à CAC é a necessidade de carbonização. Esse processo é oneroso e necessita de conhecimento para obter o material em ponto ideal e uniforme. Além disso, existe a necessidade de licença junto ao órgão ambiental responsável, mediante o processo de queima, que pode gerar riscos de contaminação ao meio ambiente. Dessa maneira, o método mais fácil de obtenção do substrato CAC é a aquisição comercial, contudo, isso soma custos aos insumos para propriedade.

Com o intuito de economia e facilidade de obtenção, a casca de arroz *in natura* (CAIN) vem sendo estudada como substituta para a CAC. Diversos estudos comprovam a sua eficácia e produtividade como substrato em sistema de cultivo sem solo com recirculação da solução nutritiva para hortaliças de fruto, como meloeiro, abobrinha italiana, mini tomateiro, pepineiro conserva e mini melancia (DUARTE; PEIL, 2010; STRASSBURGER *et al.*, 2011; ROSA, 2015; NEUTZLING *et al.*, 2018; DUTRA *et al.*, 2021).

No entanto, pesquisas realizadas com o uso de CAIN como material único de composição do substrato para o cultivo do morangueiro não originaram resultados tão animadores (PORTELA, 2015). Contudo, a adição de condicionadores à CAIN promove o aumento da produção comercial em frutos de morango em sistema recirculante (SIGNORINI, 2020). Corroborando com essa informação, recentemente, alguns produtores de morango passaram a utilizar a CAIN em mistura com CO₂, obtendo bons resultados também em sistemas abertos.

Outro impasse na área de cultivo sem solo está relacionado ao tempo de uso do substrato. No ramo comercial existem diferentes composições, que apresentam diferentes respostas quanto ao tempo de uso. A reutilização do substrato promove alterações físico-químicas e biológicas que podem ser benéficas (NEUTZLING *et al.*, 2018; SIGNORINI, 2020; DUTRA *et al.*, 2021), dependendo do material de composição. Muitos produtores da Serra gaúcha e da região do Vale do Caí reutilizam seus substratos por vários anos, sem relatar perdas referentes à produtividade. Existem muitos relatos, inclusive, da melhoria das respostas das plantas a partir do segundo ano de uso do substrato. Concordando com a prática empírica dos produtores, Rosa (2020), ao estudar a reutilização da CAC como substrato para a cultura do morangueiro, observou melhoras das respostas produtivas da cultura. Isso é afirmado por Neutzling (2018), contudo, com estudos referentes à reutilização da CAIN para a cultura do pepineiro conserva.

Para alocação dos substratos são utilizados recipientes de cultivo, no qual existem diversos recipientes que podem ser utilizados no sistema de cultivo sem solo, como vasos, *slabs* e calhas. Os *slabs* podem ser considerados os mais adotados pelos agricultores. Contudo, apresentam como inconveniente a dificuldade para seu enchimento com o substrato. Além disso, a exposição à luz solar durante alguns poucos ciclos de cultivo (período esse que depende do material utilizado para confecção do *slab*) leva à rápida degradação do polietileno que constitui o *slab*, acarretando na necessidade de troca. Nesse sentido, estudos passam a avaliar a possibilidade de calhas de cultivo (NETO; REDIG, 2017; NEUTZLING, 2018; HÖHN, *et al.*, 2019; DUTRA *et al.*, 2021) que podem ser de diversos materiais. Inclusive, podem ser confeccionadas com madeira (que muitas vezes está disponível na propriedade familiar) e impermeabilizadas com polietileno flexível, o que facilita o “fechamento do sistema”, quando comparados aos *slabs*, favorecendo a coleta e recirculação da solução drenada, além de menor custo.

Dentre os insumos e técnicas que estão atrelados a cultura do morangueiro, outro fator de grande impacto é a dependência de mudas oriundas da Argentina e Chile e, mais recentemente, da Espanha. Para a maioria dos produtores gaúchos, a obtenção de mudas é viabilizada por importadoras, que as adquirem de viveiros especializados localizados nesses países. As mudas importadas apresentam como característica bom potencial produtivo, devido às condições climáticas de alta radiação solar e baixa temperatura noturna, reinantes no local dos viveiros, que garantem, após intenso período vegetativo, acúmulo de carboidratos na forma de amido nas raízes e coroa das plantas, para sua utilização após período de dormência (MARQUES; PEIL, 2016), que refletem em suas características fisiológicas e fitossanitárias.

As mudas oriundas da Argentina e do Chile são importadas de regiões próximas à Cordilheira dos Andes, no sul da Patagônia. Nessa região, existe baixa incidência de chuva, baixa umidade relativa, solo arenoso ou cinza vulcânica, clima extremamente frio no inverno e alta incidência de luz no verão, o que acarreta uma muda com elevada qualidade fisiológica e alta resistência às doenças, proporcionando uma alta qualidade de frutos e o prolongamento de produção. No entanto, costumam ser entregue aos produtores em meados de maio, início de junho, período em que o plantio é feito por, praticamente, todos os produtores. Como consequência, na época de oferta dos frutos, o valor pago ao produtor tende a diminuir diante da alta disponibilidade do produto.

As mudas oriundas da Espanha são produzidas no norte da província da Segóvia, onde os solos são caracterizados como arenosos, com presença abundante de água e clima continental, ou seja, apresentam variação anual significativa de temperatura, com verões quentes e invernos frios. É uma muda frigorificada disponibilizada no verão brasileiro, por meados de fevereiro e início de março. Essa muda recebe todo o frio característico do inverno das zonas produtoras de mudas na Espanha no viveiro e apresenta ótimas características fisiológicas e sanitárias. Outro fator que desperta interesse por parte dos produtores é o momento de entrega dessa muda, que possibilita o plantio cedo, garantindo oferta do fruto em período de entressafra, quando há pouca disponibilidade no mercado, o que garante a valorização do mesmo.

Entretanto, existem alguns percalços na importação de mudas, que podem sofrer atraso de entrega, fato que interfere no cronograma de plantio do produtor e,

conseqüentemente, acaba atrasando o início das colheitas. Outro fator está relacionado aos cuidados necessários no transporte, para que a muda chegue ao seu destino com boa refrigeração, não havendo danos fisiológicos e patogênicos às plantas. No momento de descarregamento, o ideal é aferir a temperatura das caixas contendo as mudas e rapidamente alocá-las em câmara fria, em temperatura próxima de 0 °C.

Entretanto, além das mudas importadas, existe a possibilidade de plantio de mudas nacionais. Essas são multiplicadas e comercializadas no próprio território brasileiro. Contudo, diante das condições de clima mais quente e maior umidade relativa do ar dos locais dos viveiros no Brasil, as plantas não ficam expostas às condições climáticas mais adequadas para os processos de indução floral e de superação de dormência que ocorrem ainda no viveiro, e, o que parece ser mais importante, não acumulam o tanto de carboidratos na forma de amido que as mudas importadas, o que pode configurar em menores produtividades e menor resistência a patógenos. No entanto, quando comparada à muda importada, o valor de aquisição é inferior, o que pode acarretar economia para o produtor se a lavoura for bem manejada. Outro fator relevante, à semelhança da muda espanhola, é a disponibilidade da muda em períodos ideais para o plantio, no mês de março, fazendo com que o produtor consiga instalar a plantação antes da chegada das mudas do Chile e da Argentina, o que favorece a colheita precoce e, conseqüentemente, um ganho no valor do fruto.

Seguindo no contexto da importância das características da muda e do calendário de plantio para proporcionar precocidade e alta produtividade, cada vez mais produtores estão preocupados com o crescimento inicial das plantas, buscando uma boa emissão de novas raízes, rápido estabelecimento e, conseqüentemente, colheitas antecipadas. Assim, estão disponíveis no mercado diversos produtos que auxiliam na promoção do enraizamento, estimulando o crescimento radicular através da presença de hormônios e fertilizantes. Acredita-se que a utilização de enraizante no momento do plantio e, posteriormente, de forma escalonada proporcione um estabelecimento mais rápido da cultura, bem como antecipação da emissão de flores e frutos.

Em contato direto com a “Cosmocel” (empresa espanhola especializada em nutrição vegetal), obteve-se a informação de que a formulação desses produtos é à base de nitrogênio, fósforo, potássio, fito-hormônios, aminoácidos e extratos inertes.

Entre esses, o fósforo é o que se encontra presente em maior quantidade. Isso pode ser atribuído à “caracterização energética” que ele oferece para a planta, ou seja, o fósforo, sendo um componente do ATP (trifosfato de adenosina), participa de inúmeras reações bioquímicas, destacando-se aquelas que estimulam o crescimento radicular e a floração. Ou seja, o fósforo é considerado essencial, uma vez que satisfaz os dois critérios da essencialidade, por participar diretamente de compostos e reações vitais para as plantas e por sua ausência não permitir que a planta complete seu ciclo de vida, não podendo ser substituído por outros elementos (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2009). A forma de absorção desse elemento é predominantemente na forma iônica $H_2PO_4^-$. Sua acumulação ocorre nas células corticais da raiz, sendo seguidamente transferido dentro dessa até o xilema através do simplasto, chegando às folhas ou pontos de crescimento. O fósforo, juntamente com o nitrogênio, é o elemento mais prontamente redistribuído (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Estudos comprovam que além de promover a formação e crescimento prematuro de raízes, melhora a eficiência no uso da água e, quando em alto nível no solo, ajuda a manter a absorção pelas plântulas, mesmo sob condições de alta tensão de umidade no solo (LOPES, 1989).

Os demais nutrientes minerais encontrados nesses produtos em menor concentração, como o nitrogênio e o potássio, também possuem sua significância na composição. O nitrogênio exerce grande influência no crescimento vegetativo das plantas, a sua ausência acarreta plantas mal desenvolvidas (TREVISAN; SOUZA SILVA; BENDASSOLLI, 2015). O potássio, por sua vez, é importante para o melhor desenvolvimento das culturas, proporciona um rendimento aumentado, controla a perda de água pela transpiração e auxilia na melhor qualidade dos frutos (ANDRIOLO *et al.*, 2010).

E, ainda, há a presença dos fito-hormônios, que são os meios de comunicação intracelular, exercendo a função de mensageiros químicos primários que carregam a informação entre as células e, dessa forma, coordenam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Ou seja, o fito-hormônio é um composto orgânico que é sintetizado em uma parte da planta e translocado para outra parte, onde em baixa concentração causa uma resposta fisiológica, seja essa de promoção ou inibição (HINOJOSA, 2005).

A busca por precocidade, produtividade e qualidade da colheita em conjunto com a realidade atual da presença de mudas de diferentes procedências no mercado

brasileiro, mais a necessidade de adoção de sistemas de cultivo em substrato que promovam economia de insumos e se caracterizem como ambientalmente mais adequados, demandam estudos sobre a adaptação de mudas procedentes de diferentes locais, bem como sobre a reutilização dos substratos e o uso de produtos enraizantes em sistema de cultivo com recirculação da solução drenada.

Em função do exposto, esta tese aborda três problemas científicos, cujos resultados são apresentados na forma de artigos. No primeiro artigo, buscou-se avaliar o crescimento e a produtividade de três procedências de mudas de morangueiro da cultivar San Andreas em dois ciclos de cultivo, promovendo a reutilização de substratos à base de casca de arroz *in natura* e a manutenção das plantas em sistema de calhas com recirculação da solução nutritiva. No segundo artigo, objetivou-se avaliar a reutilização de substratos à base de casca de arroz *in natura* por quatro ciclos de cultivo para a cultivar San Andreas de procedência da Espanha, levando em consideração a produtividade e a qualidade dos frutos. E o terceiro artigo traz respostas sobre a interferência do uso do enraizante Rootex® sobre o desempenho da cultura do morangueiro e sua produtividade em sistema recirculante.

2 Projeto de pesquisa

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



Projeto de tese

**Procedência da muda e reutilização de substrato de casca de arroz *in natura*
em sistema fechado para o cultivo do morangueiro**

MSc. Eng. Agrônoma Cristiane Neutzling

Profa. Dra. Roberta Marins Nogueira Peil (Orientadora)

Prof. Carlos Rogério Mauch (Coorientador)

Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli (Coorientador)

Pelotas, novembro de 2019

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 (PPG SPAF).

Equipe de trabalho:

- Cristiane Neutzling – 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 – Profa. Departamento de Fitotecnia, UFPEL/FAEM. Orientadora;
- Carlos Rogério Mauch – Prof. Departamento de Fitotecnia, UFPEL/FAEM. Coorientador;
- Paulo Roberto Grolli – Prof. Departamento de Fitotecnia, UFPEL/FAEM. Coorientador;
- Chaiane Borges Signorini – Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CAPES, UFPEL/FAEM. Participante;
- Mussa Mamudo Salé - Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CAPES, UFPEL/FAEM. Participante;
- Dener de Oliveira Silveira – Discente do Curso de Agronomia, Estagiário em Sistemas de Produção em Olericultura, UFPEL/FAEM. Participante;
- Luisa Krolow Gehrke – Discente do Curso de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, UFPEL/FAEM. Participante;
- Luisa Magalhães Freitas – Discente do Curso de Agronomia, Estagiária em Sistemas de Produção em Olericultura, UFPEL/FAEM. Participante;
- Thaís Thürmer – Discente do Curso de Agronomia, Estagiária em Sistemas de Produção em Olericultura, UFPEL/FAEM. Participante;
- Thiago Luz – Discente do Curso de Agronomia, Estagiário em Sistemas de Produção em Olericultura, UFPEL/FAEM. Participante.

2.1 Antecedentes e justificativa

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa Duch.*) apresenta características que atrai uma grande gama de consumidores, através da sua intensa coloração vermelha, sabor e aroma inigualáveis. Com o ritmo de crescimento acelerado, em função do interesse comercial e importância socioeconômica, a cultura vem tornando-se uma alternativa de renda para muitos agricultores familiares, pela possibilidade de cultivo em pequenas áreas.

No Brasil, a produção de morangos encontra-se em torno de 133 mil toneladas (ANTUNES *et al.*, 2015), destacando-se os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo como os principais produtores, representando aproximadamente 80% da produção (FAGHERAZZI *et al.*, 2014). O estado do Rio Grande do Sul responde por 14% da produção em âmbito nacional, apresentando como produtividade média 32 Mg ha⁻¹ (ANTUNES *et al.*, 2015).

Habitualmente cultivada em canteiros no solo, com uso ou não de cobertura plástica, a cultura apresenta alguns inconvenientes para o trabalhador, como a dificuldade para manejo e colheita dos frutos, uma vez que se tem a necessidade de trabalhar em uma posição desconfortável (de “cócoras”), além da exposição a intempéries climáticas. Ainda, uma elevada incidência de doenças aéreas e radiculares tem apresentado agravamento com a utilização da área de produção por sucessivos ciclos (GODOI *et al.*, 2009). Em busca de melhorias de condições de trabalho, com redução de mão de obra, melhor ergonomia e menor contato com agrotóxicos, inúmeros agricultores vêm adotando novas técnicas de cultivo, abandonando o cultivo rente ao solo e adotando o sistema de cultivo sem solo em bancadas (GIMÉNEZ; ANDRIOLO; GODOI, 2008). A adoção desse sistema de cultivo em estruturas de ambiente protegido proporciona o aumento da produtividade (GIMÉNEZ; ANDRIOLO; GODOI, 2008; LIETEN *et al.*, 2004) e ainda protege a cultura de eventuais adversidades climáticas. Além disso, possibilita o prolongamento do ciclo da cultura, aumentando, conseqüentemente, o período de colheita (ANDRIOLO *et al.*, 2009).

Os primeiros trabalhos realizados com o morangueiro em sistemas de cultivo sem solo foram desenvolvidos em 1970, na Europa, por meio da adoção da técnica denominada NFT (*Nutrient Film Technique* ou Técnica da Lâmina de Nutrientes), que consiste na passagem de uma fina camada de solução nutritiva pelas raízes das

plantas, através do acionamento de um temporizador (GIMÉNEZ; ANDRIOLO; GODOI, 2008). Contudo, o sistema apresenta algumas desvantagens, como a necessidade constante de acionamento das bombas de impulsão de solução nutritiva, com o conseqüente aumento do consumo de energia e a baixa inércia térmica (GODOI *et al.*, 2009) e química. Ainda, pesquisas apontam que o rendimento da cultura é menor quando adotada essa técnica (FERNANDES-JUNIOR *et al.*, 2002; PORTELA; PEIL; ROMBALDI, 2012).

As fragilidades do sistema hidropônico contribuem para a utilização de cultivos empregando substrato. A adoção de substratos no sistema de cultivo sem solo proporciona um menor risco de perdas quando comparado ao sistema hidropônico, diante da reserva de água e nutrientes que o substrato representa. Segundo Andriolo (2006), o sistema radicular das plantas é favorecido quando cultivado em substrato, isso porque esse garante uma maior aeração. Além disso, há um menor custo de energia elétrica, diante da menor necessidade de acionamento do conjunto motobomba. Ainda, o uso de substratos, além de proporcionar uma certa inércia térmica, exerce um maior poder tampão ao meio radicular, sendo que erros de cálculos de solução nutritiva podem ser mais facilmente corrigidos.

Atualmente, o sistema de cultivo em substrato mais utilizado é denominado de sistema aberto, com uso de sacos tubulares, chamados de *slabs*, que são preenchidos com substratos. Sistemas de cultivo abertos são aqueles em que a solução nutritiva lixiviada, excedente à capacidade máxima de retenção do substrato, é drenada diretamente no solo. Portanto, os componentes da solução nutritiva, como água, macro e micronutrientes, são perdidos sem que haja o seu reaproveitamento. Além das perdas e dos maiores custos com água e fertilizantes, que afetam a economia do agricultor, existe o problema relacionado aos impactos ambientais, que levam à salinização do solo e contaminação do lençol freático. Nesse sentido, existe a preocupação de coletar e reutilizar o drenado, isto é, fechar os sistemas de cultivo em substrato, promovendo menores gastos e riscos de contaminação ambiental.

Conjuntamente ao sistema de cultivo fechado, com o intuito de proporcionar redução de custos e maior durabilidade do sistema, uma alternativa ao uso dos “slabs” seria a adoção de calhas de madeira revestidas internamente com filme polietileno. Os “slabs” e/ou sacos tubulares são confeccionados com polietileno e preenchidos com substrato, e a sua exposição por um período de tempo à luz solar promove seu ressecamento e, conseqüentemente, a necessidade de troca do mesmo. Por sua vez,

as calhas de madeira podem ser confeccionadas pelo próprio agricultor, diante da disponibilidade de material, e apresentam maior praticidade e durabilidade quando comparadas aos “slabs”. Essas são impermeabilizadas com filme de polietileno, preenchidas com substrato e cobertas com filme polietileno dupla-face. No momento em que ocorre o ressecamento do filme plástico de cobertura do substrato, esse pode ser removido e substituído com facilidade.

Contudo, a substituição de sistemas abertos por fechados necessita de modificações para além da estrutura. Quando utilizado os sistemas fechados, requer-se um maior cuidado com a escolha do substrato. Em sistemas abertos, a recomendação referente a substratos baseia-se na mistura de componentes condicionadores, que aumentem a capacidade de retenção de água de um material básico com alta porosidade, como a casca de arroz. Comumente, os condicionadores apresentam alta CTC, como compostos orgânicos.

Quando utilizado o sistema fechado, essa composição deve ser modificada, uma vez que a utilização de composto orgânico (CO) com alta CTC pode proporcionar riscos de salinização do substrato (ANDRIOLO; BONINI; BOEMO, 2002), principalmente para hortaliças de frutos de extensos ciclos de cultivo, como é o caso do morangueiro (GODOI *et al.*, 2009). No entanto, a ausência desses materiais condicionadores na composição do substrato ocasiona uma elevação na demanda de fornecimento da solução nutritiva, uma vez que a casca de arroz usada isoladamente apresenta baixa capacidade de retenção de água.

A casca de arroz, subproduto de indústrias orizícolas, é facilmente encontrada na região sul do Brasil. Apresenta características favoráveis à utilização como substrato, como a facilidade de aquisição, baixo custo e boa estabilidade físico-química (BORTOLOZZO *et al.*, 2005). Para uma maior esterilidade do material e aumento da capacidade de retenção de água, é recomendada sua carbonização, sendo, dessa forma, dadas as suas características físicas e químicas, amplamente utilizada nos sistemas de cultivo (KÄMPF, 2000).

Para o processo de carbonização da casca de arroz, faz-se necessário conhecimento técnico para que se obtenha um substrato uniforme, além da necessidade de licença junto ao órgão ambiental, uma vez que a carbonização gera riscos de contaminação. Ainda, a mesma pode ser adquirida de forma comercial, contudo, isso acarreta maiores custos.

Como possibilidade para substituir a casca de arroz carbonizada (CAC), como material básico para a composição do substrato, tem-se a casca de arroz *in natura* (CAIN). Recentemente, agricultores começaram a empregá-la em mistura com CO, obtendo sucesso para o cultivo comercial do morangueiro em sistema aberto na Serra Gaúcha. Quanto aos sistemas fechados, resultados prévios, obtidos por Signorini *et al.* (2018) através de pesquisas, indicam que substratos compostos por CAIN (100%) e CAIN (80%) + SC (20%) se destacaram para a produção do morangueiro.

Um importante enfoque relacionando ao uso de substratos seria a reutilização. Essa prática despenderia menor mão de obra e menores gastos com a aquisição de um novo substrato. Sabe-se que agricultores da Serra Gaúcha, através do uso do sistema aberto, utilizam o mesmo substrato à base de CAC, por vários ciclos de morangueiro, atingindo até onze anos de uso. Também na região sul do estado do Rio Grande do Sul, por meio do emprego do sistema de cultivo fechado e reutilização de substrato à base de CAC por cinco anos, infere-se ganhos crescentes de produtividade. Contudo, o uso contínuo de um substrato pode acarretar alterações físico-químicas e biológicas.

Neutzling (2018), ao estudar a reutilização de casca de arroz *in natura* em segundo ciclo, percebeu que o uso do substrato por 274 dias não afetou o crescimento e produtividade da cultura do pepineiro conserva. Contudo, percebeu alterações nas propriedades do substrato, através de uma ligeira diminuição da densidade e redução do espaço de aeração, bem como o aumento da porosidade total e capacidade máxima de retenção de água. A reutilização da fibra da casca de coco por três vezes não proporcionou alterações na produção e qualidade das frutas de meloeiro rendilhado, porém, ocasionou alterações físico-químicas no substrato, como acúmulo de nutrientes, aumento da densidade e volume de água facilmente disponível, redução do espaço de aeração e da porosidade total (CARDOSO, 2009).

Portanto, devido às propriedades físicas e químicas inerentes à cada substrato, deve-se buscar conhecimento sobre as implicações que a sua reutilização pode oferecer à determinada cultura. Como exemplo, pode-se mencionar a mineralização que acontece de forma intensa em materiais de origem orgânica, a qual será mais acentuada com a elevação do tempo de uso do substrato, causando interferências na nutrição das plantas (MELO, 2015). Nesse sentido, diante das poucas informações técnico-científicas referentes a esse assunto, há a necessidade de aprofundar estudos que elucidem a temporalidade possível de reutilização de substratos sem que a

produtividade e qualidade dos frutos sejam prejudicados, sendo inclusive esperada a melhoria das propriedades físicas do substrato à base de casca de arroz, com reflexos positivos sobre a produtividade.

Aliado ao conhecimento de que a reutilização dos substratos aumenta a capacidade de retenção de água do material e, conseqüentemente, a reserva hídrica para a planta (CARDOSO, 2009) e sabendo que o sistema de cultivo fechado proporciona economia desse fator de produção, a busca por mais informações sobre a eficiência no uso da água e dos nutrientes é de grande importância e pode ser mais um elemento de apoio para a adoção dos sistemas fechados e a prática da reutilização do substrato. Além disso, por meio da avaliação do consumo de solução nutritiva é possível identificar o estágio fenológico da cultura mais suscetível a estresse hídrico, ou, ainda, qual a fase que demanda maior consumo de água pelas plantas. Tais informações são importantes para melhorar o manejo hídrico, no que se refere à quantidade e a frequência de fornecimento da solução nutritiva, levando em consideração o substrato utilizado e o seu tempo de uso.

Elementos importantes para a obtenção de bom retorno econômico da cultura são uma alta produtividade de frutos de qualidade e, sobretudo, colheitas na fase precoce, principalmente, entre os meses de abril e julho e janeiro e fevereiro, quando os preços pagos pelo produto são os mais elevados no mercado. Várias são as possibilidades para fazer frente a essa demanda. Nesta pesquisa, propõe-se o estudo de três: a procedência da muda, o cultivo de mudas de segundo ano e o uso de produtos promotores do enraizamento.

Nesse contexto, um importante gargalo para produção de morangos é a dependência de mudas importadas (MI) do Chile e Argentina, que apresentam, geralmente, características favoráveis para uma boa produtividade da cultura, diante das suas boas características fisiológicas e fitossanitárias. Tais regiões apresentam latitudes elevadas e baixa precipitação, sendo a irrigação realizada por gotejamento. As temperaturas no verão se caracterizam por médias amenas com significativa redução durante a noite, além da radiação solar abundante (KIRSCHBAUM *et al.*, 2010; LÓPEZ-ARANDA *et al.*, 2011), as quais são condições favoráveis para a produção das mudas. Após intenso período vegetativo, as mudas oriundas da planta matriz acumulam carboidratos na forma de amido nas raízes e na coroa para sua utilização após dormência (MARQUES; PEIL, 2016).

Apesar das boas características, existe o costumeiro atraso da chegada das mudas ao agricultor do sul do Brasil, o que leva à perda do momento ideal de plantio. Esse atraso torna difícil o planejamento agrícola, repercutindo em atraso no plantio e, conseqüentemente, na produção (GONÇALVES, 2015). Associado a isso, também, existem problemas relacionados ao transporte, que fazem com que uma parte significativa das mudas chegue ao seu destino em péssimas condições fisiológicas e sanitárias. Todavia, quando plantadas na época ideal, apregoa-se que a produtividade dessas mudas é superior à das mudas nacionais (MN) (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006). Entretanto, visando proporcionar uma antecipação do plantio das mudas e, conseqüentemente, das colheitas, com maior valor agregado ao produto e redução de custos de aquisição das mudas, torna-se importante avaliar alternativas, como o uso de mudas nacionais no cultivo em substrato.

Além de mudas importadas do Chile e da Argentina e de mudas nacionais, alguns agricultores têm buscado a adoção de mudas originárias da Espanha, as quais são disponibilizadas no final de fevereiro/início de março, sendo essas já comercializadas no Brasil. Contudo, apresentam maior custo. Isso, no entanto, pode ser compensado em função do plantio precoce, que garantiria o início precoce da colheita, em época de preços elevados, da elevada qualidade fitossanitária e do maior potencial produtivo apregoados. Sabendo que cultivares de morangueiro diferem de acordo com a adaptação regional, podendo apresentar desempenho diferente em locais com diferentes condições meteorológicas (UENO, 2004), e que a muda é muito influenciada por elementos meteorológicos e práticas de manejo no viveiro, a sua procedência pode exercer um efeito determinante nas respostas da cultura. Com a aposta de uma produção durante todo o ano, busca-se, neste estudo, avaliar as respostas à utilização de mudas argentinas, nacionais e espanholas em sistemas de cultivo em substrato com recirculação da solução drenada.

Paralelamente, no cultivo convencional no solo, a cada ano de cultivo ocorre a renovação das mudas, resultando na eliminação das plantas do ano anterior e na aquisição e plantio de novas. Contudo, a manutenção das mudas por mais de um ciclo de cultivo no sistema de produção em substrato é possível e traz uma série de vantagens, como redução dos custos e da necessidade de mão de obra para substituição das plantas, e, ainda, promove precocidade de colheita no segundo ano de cultivo. Essa prática já está sendo adotada pelos produtores que utilizam cultivares de dia neutro no sistema de cultivo em substrato. Entretanto, estudos com análises

quantitativas e qualitativas sobre o desempenho de plantas de segundo ano são escassos.

Adicionalmente, a precocidade da colheita está relacionada às condições logo após o plantio, as quais podem ser determinantes para um bom estabelecimento da cultura, principalmente, em se tratando de mudas de raiz nua. Para auxiliar no pegamento das mudas e, conseqüentemente, antecipar a colheita, estão disponíveis produtos que auxiliam no enraizamento das plantas. A formulação desses produtos está baseada nas altas concentrações de fósforo e na presença de fito-reguladores, como auxinas. O alto teor de fósforo, que é rapidamente absorvido pelas plantas jovens, estimula o crescimento das raízes, garantindo maior absorção de nutrientes (SILVA; IGNACIO; SILVA, 2017), refletindo no melhor desempenho da cultura. Ainda, a presença de fito-reguladores, como a auxina, promove o aumento do número de raízes laterais, bem como a proliferação de pelos radiculares (CANELLAS *et al.*, 2010). O conjunto dessa formulação confere um maior crescimento radicular, conseqüentemente, refletido na parte aérea e na precocidade de produção. Alguns agricultores já têm adotado essa técnica, mas é inexistente a exploração científica sobre a agilidade dos produtos disponíveis no mercado.

Dentro desse contexto, estudos direcionados à avaliação de mudas de diferentes procedências em diferentes composições de substratos, com diferentes tempos de uso, e as interações que pode haver entre esses fatores são escassos, principalmente, quando se trata de sistema de cultivo com recirculação do drenado, cuja dinâmica de evolução das características químicas e físicas do meio radicular ainda é pouco conhecida.

2.2 Hipóteses

- Mudanças de morangueiro de diferentes procedências possuem crescimento e comportamento produtivo diferenciados;
- Plantas em segundo ano de cultivo apresentam maior precocidade de colheita e mantêm o desempenho produtivo e a qualidade dos frutos de morangueiro;
- A reutilização de casca de arroz *in natura* em ciclos sucessivos de cultivo com a cultura do morangueiro pode apresentar alterações significativas nas suas propriedades físicas e químicas. Desse modo, podem ocorrer alterações

positivas no desempenho da cultura em sistema de cultivo em calhas com recirculação da solução nutritiva drenada;

- O emprego de produtos que auxiliam no enraizamento e emissão de novas raízes pode proporcionar a antecipação do pegamento das plantas, favorecendo maior precocidade na produção de frutos.

2.3 Objetivos e metas

2.3.1 Objetivo geral

Avaliar a reutilização de substrato à base de casca de arroz *in natura* para cultivo de morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva utilizando mudas de diferentes procedências, enfocando aspectos como tempo de uso do substrato, manutenção da muda por dois anos de cultivo e o processo de enraizamento.

2.3.2 Objetivos específicos

- Estudar o efeito da reutilização de substrato sobre a produção e qualidade de frutos de morango;
- Avaliar o crescimento da planta, o desempenho produtivo e a qualidade de frutos empregando mudas de diferentes procedências: Brasil e importadas da Argentina e Espanha;
- Estudar o crescimento das plantas, o rendimento e a qualidade dos frutos empregando mudas de primeiro ano e de segundo ano de cultivo;
- Verificar o efeito da utilização de produto que auxilie no processo de enraizamento das mudas.

2.3.3 Metas

Ao final do projeto, pretende-se:

- Avaliar a possibilidade de reutilização de substrato à base de casca de arroz *in natura* por até quatro anos consecutivos, bem como a manutenção da muda

por dois anos;

- Definir o melhor tipo de muda a ser utilizada, com respeito à procedência, e que melhor se ajuste às condições locais, apresentando bom desempenho produtivo;
- Determinar a ação de produto enraizador no crescimento radicular, no crescimento das plantas, precocidade, rendimento e qualidade da colheita.

2.4 Material e métodos

O experimento será conduzido nos anos agrícolas de 2019 e 2020, no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia (DFt) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), localizado no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul. A localização geográfica aproximada é: latitude 31°52' S, longitude 52°21' W e altitude média de 13 metros acima do nível do mar.

O experimento será conduzido em estufa modelo “teto em arco”, de dimensões de 8,0 m x 10,0 m e 3,5 m de altura máxima, com estrutura metálica, cobertas com filme de polietileno (150 µm de espessura).

O manejo referente à estufa será efetuado mediante abertura diária das cortinas laterais e portas. Em dias de baixas temperaturas, precipitação, ventos fortes ou alta umidade relativa do ambiente externo, a estufa será fechada parcial ou totalmente, de acordo com as condições meteorológicas.

A solução nutritiva será formulada a partir da recomendação de Sonneveld e Straver (1994) para a cultura do morangueiro na fase vegetativa a partir da seguinte concentração de macronutrientes (mmol L^{-1}): 6,64 de NO_3^- ; 1,5 de H_2PO_4^- ; 2,88 de SO_4^{2-} ; 1,44 de NH_4^+ ; 5,06 de K^+ ; 2,20 de Ca^{2+} ; 1,5 de Mg^{2+} ; e de micronutrientes (mg L^{-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 condutividade elétrica (CE) inicial aproximada será de 1,4 dS m^{-1} . Para a fase de frutificação será empregada a seguinte concentração de macronutrientes (mmol L^{-1}): 10,0 de NO_3^- ; 1,25 de 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+} . A CE, nessa fase, será mantida a 1,6 dS m^{-1} . O pH será mantido na faixa entre 5,5 e 6,5. A solução nutritiva será monitorada diariamente através da coleta de dados de CE e pH.

O fornecimento da solução nutritiva às plantas será realizado por meio de um conjunto motobomba, fixado a cada tanque de armazenamento, a qual será impulsionada para a extremidade de maior cota das calhas. A solução será levada às plantas através de fitas gotejadoras espaçadas em 0,20 m, com vazão de 1,6 L h⁻¹. Os fornecimentos de solução nutritiva serão pré-estabelecidos através de uso de temporizadores, conforme desenvolvimento da cultura e as condições do tempo.

A pesquisa será dividida em dois planos de ação.

2.4.1 Plano de ação 1: Reutilização de substrato de cultivo antecessor e verificação de desempenho de plantas de diferentes procedências

2.4.1.1 Primeiro ano de execução

O objetivo deste trabalho é determinar o tempo máximo de reutilização do substrato (em anos de cultivo, atingindo até quatro anos de uso) para cultivo de morangueiro em sistema de cultivo fechado utilizando mudas de diferentes procedências: nacionais (Brasil) e importadas da Argentina e da Espanha, visando a precocidade e a manutenção da produtividade e da qualidade dos frutos colhidos durante o período de avaliação. Neste, e em todos os experimentos descritos na sequência, as plantas serão plantadas de acordo com o período de chegada das mesmas.

O material vegetal utilizado será a cultivar “San Andreas”, cultivar de dia neutro.

Duas formulações dos substratos, objetos do estudo, serão provenientes de trabalho de pesquisa realizado pela UFPEL/FAEM, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, originário de projeto de tese anterior, que avaliou a utilização de casca de arroz *in natura* com adição de diferentes condicionadores, promovendo sua reutilização por até dois anos de uso. Dentre os substratos avaliados, a mistura de CAIN (80%) + SC (20%) e o substrato de CAIN (100%), com um e dois anos de uso, foram selecionados, em função das melhores respostas obtidas durante o transcorrer dos dois anos de experimentação.

Em experimentação no ano de 2019, os substratos estarão no segundo e terceiro anos de uso. Para cada substrato reutilizado, haverá uma parcela com o emprego de substrato novo na mesma formulação. Assim, os dois substratos

escolhidos serão avaliados em primeiro ano (novo), segundo e terceiro anos de uso, totalizando seis níveis do fator substrato.

O sistema empregado será constituído por seis calhas de cultivo de madeira de seção retangular, com 7,5 m de comprimento, que estarão elevadas a 1 m do solo, com declividade de 4%. Cada canal de cultivo apresentará as dimensões de: 0,10 m de altura x 0,30 m de largura, com espaçamento de 0,10 m entre si e 0,60 m entre bancadas. Com o intuito de tornar fechado o sistema, as calhas serão revestidas internamente com filme plástico, para coleta do drenado, que retornará ao reservatório de seu respectivo tratamento, para que não haja misturas referentes à solução nutritiva. Serão utilizados seis reservatórios de solução nutritiva (100 L cada), um para cada tratamento de substrato.

As calhas serão preenchidas com os substratos e as mudas plantadas em linha simples, adotando-se um espaçamento de 0,20 m entre plantas. Cada substrato utilizado corresponderá a uma calha de cultivo.

O experimento contará com 18 tratamentos resultantes da combinação das duas composições de substrato (CAIN 100% e CAIN + SC) com os três tempos de uso do substrato (primeiro, segundo e terceiro anos de uso) e as três procedências de mudas (nacional, argentina e espanhola). O delineamento experimental será de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições, sendo o fator substrato (composição x uso) alocado na parcela e a procedência da muda na subparcela. O bloqueamento será em relação à posição das plantas nas calhas de cultivo (bloco um na cota mais alta, bloco dois na cota intermediária e bloco três na cota mais baixa das calhas). Cada parcela conterá 12 plantas e será dividida em três subparcelas, correspondendo a quatro plantas de cada procedência.

2.4.1.2 Segundo ano de execução

Neste experimento, além da avaliação do tempo de uso dos substratos e da procedência das mudas, se estabelecerá uma comparação entre plantas de segundo ano de cultivo com plantas de primeiro ano.

Os substratos utilizados serão baseados nas mesmas formulações do primeiro ano de execução, a fim de proporcionar a avaliação de maior temporalidade de uso. Dessa maneira, o experimento no segundo ano contará com substratos de primeiro

(novo), segundo, terceiro e quarto ano de uso das duas composições de substratos empregados.

Das três diferentes procedências de mudas empregadas no primeiro ano de cultivo, apenas duas serão mantidas. Serão utilizadas mudas de procedência nacional e apenas um tipo de mudas importadas (importadas da Espanha ou da Argentina), com a finalidade de comparar mudas nacionais e importadas com os melhores resultados ao final do experimento. Serão mantidas mudas do primeiro ano de cultivo (2019-2020) de ambas as procedências (nacional e importada) e serão adquiridas mudas novas (ciclo 2020-2021) para comparação entre mudas de primeiro e segundo ano de cultivo.

O experimento contará com 32 tratamentos resultantes da combinação das duas composições de substrato (CAIN 100% e CAIN + SC) com os quatro níveis do tempo de uso do substrato (primeiro/novo, segundo, terceiro e quarto anos de uso) e os quatro tipos de plantas (muda nacional e importada, de 1º e 2º ano de cultivo). O delineamento experimental será realizado em blocos casualizados montados em um arranjo de parcelas sub-subdivididas, no qual o substrato (composição x uso) será alocado na parcela, a procedência das mudas na subparcela e a temporalidade de uso das mudas na sub-subparcela. Serão utilizadas oito calhas de cultivo, sendo que cada calha será dividida em três parcelas. O bloqueamento será definido de igual maneira que no experimento do primeiro ano. Cada parcela corresponderá a 12 plantas, à subparcela corresponderá seis plantas de cada procedência de muda (nacional ou importada) e à sub-subparcela três plantas, sendo essas correspondentes a mudas de primeiro ano (novas) e mudas de segundo ano.

2.4.3 Plano de ação 2: Verificação do desempenho da cultura do morangueiro através do emprego do Rootex® com alto potencial de enraizamento

Este plano de ação será executado em experimento paralelo ao plano de ação 1, no ano agrícola de 2019 – 2020.

O objetivo do presente plano será analisar o efeito do produto Rootex® (fertilizante mineral misto), verificando sua atuação no processo de enraizamento e na produção de plantas de morangueiro de diferentes procedências em sistema de cultivo em substrato com recirculação da solução nutritiva.

Para execução do experimento, serão utilizadas quatro calhas de cultivo de madeira similares às descritas no Plano de Ação 1. As calhas serão preenchidas com substrato casca de arroz carbonizada (100%) e as mudas plantadas em linha simples, adotando-se um espaçamento de 0,25 cm entre plantas.

O produto Rootex[®] será aplicado nas mudas para averiguação da emissão de novas raízes e verificação da capacidade de pegamento das plantas no período pós-plantio. A aplicação do produto será realizada através de um jato (10 ml) junto à raiz da muda. A diluição do produto se dá através da concentração do produto em 1 g L⁻¹. Caso necessário, será realizada aplicação foliar na mesma diluição. Contudo, essa metodologia será empregada apenas em caso de alguma eventualidade.

Para a condução experimental, duas calhas de cultivo serão destinadas às mudas com a aplicação do produto com potencial enraizador e nas duas calhas restantes serão manejadas as mudas sem o tratamento, sendo fornecida apenas solução nutritiva para o estabelecimento e crescimento da cultura.

O experimento será montado em um delineamento com blocos casualizados com parcela dividida, com seis tratamentos resultantes da combinação dos dois níveis do produto Rootex[®] (com ou sem a aplicação do produto) e das três procedências de mudas (nacional/brasileira, espanhola e argentina). Cada conjunto de duas calhas será dividido em dois blocos, totalizando quatro blocos. Na parcela será alocado os tratamentos com e sem produto enraizador e a subparcela será composta por cinco plantas de cada procedência, totalizando 15 plantas em cada parcela.

Com a finalidade de realizar uma avaliação visual e o crescimento radicular, paralelamente será montado um ensaio com as plantas cultivadas em vasos. Serão utilizadas duas bancadas de cultivo, com dimensões de 0,90 m x 1,0 m x 0,28 m de altura, comprimento e largura, respectivamente, impermeabilizadas com polietileno dupla-face preto branco, dispostas sobre cavaletes, com uma declividade de 4%. Haverá diferenciação entre as bancadas, sendo uma com aplicação do Rootex[®] às plantas e em outra apenas o fornecimento de solução nutritiva. Sobre as bancadas de cultivo serão alocados suportes de madeira, 0,01 m x 1,0 m x 0,03 m de altura, comprimento e largura, respectivamente, para posterior acomodação dos vasos, que apresentarão volume de três litros de CAC. O fornecimento de solução nutritiva será realizado através do acionamento de um conjunto motobomba, que a impulsionará até a cota mais alta e através da fita gotejadora será distribuída as plantas. Paralelamente,

serão utilizados quatro vasos (dois em cada bancada) com compartimento de abertura lateral, com a finalidade de registro fotográfico do crescimento radicular.

O delineamento experimental será em blocos ao acaso com esquema bifatorial (2 x 3), resultante da combinação dos dois níveis do produto enraizador (com ou sem a aplicação do produto) e das três diferentes procedências de mudas (Argentina, Espanha e nacional), com oito repetições. Cada vaso, contendo uma planta, será considerada uma repetição. As avaliações das plantas ocorrerão no dia da chegada das mudas, aos 20 e 40 dias após o plantio (DAP), sendo avaliadas oito plantas de cada tratamento, através da análise destrutiva.

2.4.4 Avaliações e medidas experimentais

2.4.4.1 Avaliações de crescimento e produtividade

A obtenção de dados referentes ao crescimento das plantas será através da avaliação da massa fresca e seca acumulada ao final de cada ciclo de cultivo. As frações referentes à desfolha antecipada e colheita serão incorporadas em suas respectivas frações (vegetativa e frutos), posteriormente adicionadas individualmente a sua planta controle.

Cada planta que será utilizada na análise de biomassa será dividida em quatro frações: coroa, folhas, frutos e raízes. As frações serão pesadas para obtenção de massa fresca. Também será realizada a determinação da área foliar, através de um equipamento medidor de imagens (LI-COR modelo LI-3000). E, ainda, todas as frações avaliadas serão secas em estufa de secagem a 80 °C, até atingir peso constante, para, posteriormente, obtenção da massa seca em balança de precisão.

Para obtenção de dados referentes à produtividade, serão avaliados número e massa de frutos colhidos por planta ao longo do ciclo de colheita, estabelecendo a distribuição de colheita. Em cada colheita, os frutos serão separados em comerciais e não comerciais (peso inferior a 6 g e/ou deformadas). Através da determinação dessas variáveis poderão ser verificados os componentes de rendimento: número de frutos, peso médio dos frutos e produtividade da cultura (g planta^{-1} e g m^{-2} da calha). Serão avaliadas duas plantas por subparcela.

Com base nessas análises se estabelecerá a produção e partição de massa fresca e seca, o índice de área foliar, o peso foliar específico, o teor de massa seca dos órgãos e o índice de colheita.

2.4.4.2 Qualidade química dos frutos

Para a obtenção de resultados referentes à qualidade dos frutos serão encaminhadas amostras para o Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (FAEM/UFPEL). Os parâmetros analisados serão: teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável, firmeza da polpa e coloração interna e externa do fruto, de acordo com o descrito em AOAC (1995) e Conti, Minami e Tavares (2002).

2.4.4.3 Determinação de amido em plantas de morangueiro

As avaliações referentes à determinação de amido em plantas de morangueiro serão realizadas no Laboratório de Bioquímica (CCQFA/UFPEL).

No momento de chegada das mudas, serão coletadas 10 amostras de cada procedência para posterior avaliação. As mudas serão divididas em duas frações: raízes e coroa. A determinação do amido será realizada de acordo com Graham e Smydzuk (1965), sendo que, ao final, os valores obtidos serão multiplicados pelo fator de correção 0,9 para conversão em teores de amido, conforme McCready *et al.* (1950).

2.4.4.4 Avaliação do crescimento radicular de plantas submetidas a pulverização de produto com potencial de maior enraizamento

As avaliações serão realizadas somente no Plano de Ação 2. As plantas serão analisadas anteriormente e posteriormente à aplicação do produto Rootex®. A avaliação se dará diante da verificação do crescimento radicular, através da emissão de novas raízes e comprimento. Será avaliada a velocidade de emissão de folhas e flores, o número de folhas, a precocidade de colheita e a produtividade.

As mudas de cada procedência terão avaliações referentes ao comprimento de raiz, diâmetro de coroa e massa fresca e seca de raízes, folhas, pecíolos e coroa. As avaliações serão realizadas no momento de chegada das mudas. As mudas que serão

acomodadas nos vasos passarão pelas mesmas avaliações aos 20 e 40 DAP. As plantas serão divididas em diferentes frações: raízes, coroa, folhas e pecíolos.

Para avaliação do comprimento de raízes será utilizada uma régua, para o diâmetro da coroa um paquímetro digital e para obtenção da massa fresca será empregada uma balança de precisão. Após a obtenção da massa fresca, as amostras serão alocadas em estufa de secagem a 80 °C, até atingir peso constante, para, posteriormente, obtenção da massa seca em balança de precisão.

As plantas cultivadas nos vasos com compartimento de abertura serão fotografadas com 20 e 40 DAP, com a finalidade de registrar e comparar o crescimento radicular das plantas com e sem a aplicação do produto Rootex®.

2.4.4.5 Análise química e física dos substratos

Para caracterização dos substratos serão coletadas três amostras de cada substrato empregado durante o período experimental para avaliação das características químicas e físicas. As amostras serão encaminhadas para o Laboratório de Análises de Substratos para Plantas da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Irrigação.

As propriedades químicas avaliadas serão: conteúdo de macronutrientes, micronutrientes, pH, CE e relação C/N. Para avaliação das propriedades físicas, serão analisadas a porosidade total, a densidade, o espaço de aeração, a água facilmente disponível, a água tamponante e a capacidade de retenção de água (10 cm, 50 cm e 100 cm). As análises serão realizadas no início e no término do experimento.

2.4.4.6 Consumo hídrico

A análise de consumo hídrico será realizada através da graduação dos reservatórios contendo a solução nutritiva, na faixa de 0 a 100 litros, podendo-se determinar o volume repostado ao sistema de acordo com o volume inicial. No término do ciclo de cultivo, será realizado o somatório da quantidade de solução nutritiva adicionada em cada reservatório. Para obtenção do consumo hídrico em litros por planta, será dividido o valor total do adicionado em cada reservatório pelo número de plantas em cada calha e, ainda, a partir da densidade de plantio, será calculado o gasto de água por unidade de área cultivada.

2.4.4.7 Medidas agrometeorológicas

Os dados de temperatura e umidade máximas e mínimas serão coletados diariamente através de um termo-higrômetro digital instalado em abrigo meteorológico a 1,5 m de altura do chão, na parte central da estufa. A radiação solar global no exterior da estufa será obtida através dos dados registrados pela Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada, aproximadamente, a 1000 m do local de execução dos experimentos.

2.5 Análise estatística

Os resultados serão submetidos à análise de variância ($P \leq 0,05$) e teste de hipóteses através da análise fatorial, visando-se obter os efeitos principais dos fatores envolvidos e sua interação. Quando verificadas diferenças significativas, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Todas as variáveis serão analisadas pela distribuição normal dos erros pelo teste de Shapiro-wilk ($w > p$).

2.6 Recursos necessários

Alguns itens referentes à infraestrutura básica do Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas, bem como os equipamentos do Laboratório de Plantas, não foram contabilizados no orçamento do projeto.

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

Tabela 1 - Diárias e passagens

Diárias e passagens	Unidade	Quantidade	Valor (R\$)
Diárias	-	6	720,00
Passagens aéreas	-	2	1.200,00
TOTAL			1.920,00

Tabela 2 - Material permanente

Material permanente	Unidade	Quantidade	Valor (R\$)
Reservatório (100 L)	un.	8	1280,00
Temporizadores analógicos	un.	4	160,00
Bomba d'água	un.	8	240,00
TOTAL			1680,00

Tabela 3 - Material de consumo

Material de consumo	Unidade	Quantidade	Valor (R\$)
Fertilizantes solúveis	-	-	500,00
Substrato comercial	m ³	0,3	150,00
Casca de arroz carbonizada	m ³	0,3	50,00
Casca de arroz <i>in natura</i>	m ³	5	90,00
Polietileno dupla face preto-branco	M	8	128,00
Mudas	un.	480	480,00
Sacos de papel	cento	10	120,00
Mangueira gotejadora	m.	64	32,00
Bandejas plásticas	-	10	120,00
Bandejas de alumínio	dezena	5	50,00
Produto com potencial de enraizamento	un.	1	97,00
TOTAL			1817,00

2.7 Cronograma de execução da pesquisa

Quadro 1 - Cronograma de execução do projeto.

Atividades	2018		2019		2020		2021	
	1° s	2° s	1° s	2° s	1° s	2° s	J	F
Disciplinas do Doutorado								
Revisão de Literatura								
Elaboração do projeto de pesquisa								
Limpeza e organização da estufa								
Aquisição das mudas								
Instalação e condução do experimento Plano de ação 1 (primeiro ano)								
Instalação e condução do experimento Plano de ação 2								
Instalação e execução do experimento Plano de ação 1 (segundo ano)								
Análises substratos								
Análises frutos/planta, biomassa								
Elaboração tese								
Provável defesa								

2.8 Divulgação prevista

Os resultados serão divulgados em revistas científicas e anais de congressos e encontros, bem como em atividades organizadas em parceria com entidades de extensão.

Referências

- ANDRIOLO, J. L. *et al.* Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 691-695, 2009.
- ANDRIOLO, J. L. Sistema hidropônico fechado com subirrigação para produção de minitubérculos de batata. *In*: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO GENÉTICO E PREVISÃO DE EPIFITIAS EM BATATA, 2006. **Anais...** Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2006. p. 26-40.
- 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.
- ANTUNES, L. E. C. *et al.* 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. *et al.* **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho (Circular Técnica, 62), 2005.
- CANELLAS, L. P. *et al.* Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acids. **Chemosphere**, Oxford, v. 78, p. 457-466, 2010.
- CARDOSO, A. F. **Desempenho de híbridos de melão rendilhado cultivados em substrato da fibra da casca de coco reutilizada**. 2009. 48f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.
- 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.
- FAGHERAZZI, A. F. *et al.* La fragolicoltura brasiliana guarda avanti. Frutticoltura (Bologna). **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, v. 75, p. 20-24, 2014.
- FERNANDES-JUNIOR, F. *et al.* Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v. 61, p. 25-34, 2002.

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

GODOI, R. S. *et al.* 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.

GONÇALVES, M. A. **Produção de mudas de morangueiro e comportamento a campo**. 2015. 153f. Tese (Doutorado em Fruticultura de Clima Temperado) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

GRAHAM, D.; SMYDZUC, J. Use of anthrone in the quantitative determination of hexose phosphates. **Analytical Biochemistry**, v. 11, p. 246-255, 1965.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

KIRSCHBAUM, D. S. *et al.* Late season nitrogen applications in high-latitude strawberry nurseries improve transplant production pattern in warm regions. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 7, p. 1001-1007, 2010.

LIETEN, P. J. *et al.* Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. **Acta Horticulturae** (ISHS), Leuven, Belgium, v. 649, p. 193-196, 2004.

LÓPEZ-ARANDA, J. M. *et al.* Strawberry production in mild climates of the world: A 51 review of current cultivar use. **International Journal of Fruit Science**, v. 11, n. 3, p. 232-244, 2011.

MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N. Ecofisiologia de cultivares de morangueiro. *In*: SENAR- PR 318. **Cultivo de Morangueiro em Substrato**. Curitiba: SENAR, 2016. p. 35-43.

McCREADY, R. M. *et al.* Determination the starch and amilose in vegetables. Applications to pea. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

MELO, D. M. **Reutilização do substrato e concentração da solução nutritiva no cultivo do tomateiro do grupo salada**. 2015. 71f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

NEUTZLING, C. **Reutilização de substrato de casca de arroz *in natura* e cultivar de pepineiro conserva em sistema de calhas com recirculação do lixiviado**. 2018. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-

Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

OLIVEIRA, R. P.; SCVITTARO, W. B. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 520-522, 2006.

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.

SIGNORINI, C. *et al.* Condicionadores de substrato de casca de arroz *in natura* e tipos de mudas para produção de morango em sistema de calhas. *In: XI ENCONTRO E IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA*. Florianópolis, Santa Catarina. **Anais...** 2018.

SILVA, M. R. R.; IGNACIO, L. A. P.; SILVA, G. A. da. Desenvolvimento de mudas de maracujá amarelo em função de diferentes doses fósforo reativo. **Revista de Agronegócio – Reagro**, Jales, v. 6, n. 1, p. 41-50, 2017.

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, 1994.

UENO, B. Manejo integrado de doenças do morango. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO*, 2. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 69-77.

3 Relatório do trabalho de campo

Relatório do trabalho de campo

Anteriormente ao trabalho de campo, em outubro de 2018 e outubro de 2019, foi realizada a encomenda das mudas procedentes da Espanha (Província de Segóvia) e da Argentina (região da Patagônia), junto à empresa importadora Maxxi Mudas, sediada no município de Feliz, RS, para os ciclos experimentais (2019/2020 e 2020/2021). Também foram encomendadas mudas nacionais de viveiro localizado em Farroupilha, RS, Brasil. Todas as mudas utilizadas foram da cultivar San Andreas.

As primeiras atividades executadas no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia tiveram início no ano de 2019, sendo a primeira quinzena de janeiro destinada para a aquisição dos materiais e produtos necessários para a instalação dos experimentos. Os produtos adquiridos no período referiam-se a vasos de polietileno, substrato de casca de arroz carbonizada, casca de arroz *in natura* (obtida gratuitamente através de uma arrozeira no município de São Lourenço do Sul, RS) e substrato comercial (S10 - Beifort®). Materiais para instalação do sistema de cultivo fechado (filme de polietileno, conexões, tubos, canos, bombas, torneiras, fitas gotejadoras) também foram adquiridos no período. O produto com alto potencial enraizador Rootex® foi adquirido da empresa de produtos agropecuários Agrosul, sediada no Município de Feliz, RS. A segunda quinzena do mês foi destinada para limpeza da estufa, manutenção das calhas de cultivo, ajustes e instalação do sistema hidráulico e dos reservatórios de solução nutritiva. Na ocasião, ainda foram construídas as bancadas de cultivo para alocação do experimento realizado com os vasos, que tinha por finalidade a observação de respostas da aplicação do produto enraizador.

A pesquisa foi dividida em dois planos de ação, caracterizados como plano de ação 1 e 2. O plano de ação 1 abordou como tema a reutilização de substrato de cultivo antecessor e a verificação de desempenho de plantas de diferentes procedências. O plano de ação 2 abordou a verificação do desempenho da cultura do morangueiro com o emprego do Rootex®.

Para melhor compreensão das atividades, este relatório foi redigido de acordo com cada plano de ação, conforme descrito a seguir.

A) Plano de ação 1: Reutilização de substrato de cultivo antecessor e verificação de desempenho de plantas de diferentes procedências

Esta pesquisa se entendeu por dois ciclos de cultivo: 2019/2020 e 2020/2021.

As primeiras atividades do primeiro ciclo 2019/2020 estavam relacionadas à manutenção das calhas de cultivo. Foram utilizadas seis calhas de madeira com duas diferentes composições de substratos: casca de arroz *in natura* (CAIN; 100%) e CAIN (80%) mais substrato comercial (SC 20%). Além das duas composições, os substratos variavam de acordo com os anos de reutilização, de novo a até três anos de reutilização. Os substratos foram escolhidos de acordo com os melhores resultados obtidos anteriormente por Signorini (2020). Ou seja, havia seis diferentes substratos em estudo, variando de acordo com sua formulação e tempo de uso.

Em cada canal de cultivo estava alocada uma composição de substrato: CAIN 100% ou CAIN (80%) + SC (20%) nos seus diferentes tempos de uso. No primeiro ciclo (2019/2020), havia substrato de primeiro (novo), segundo e terceiro ano de uso; e no segundo ciclo (2020/2021), substrato de primeiro (novo), segundo, terceiro e quarto ano de uso.

As calhas de madeira empregadas tinham como dimensões 7,5 x 0,3 x 0,10 m (comprimento x largura x altura) e estavam elevadas do solo sobre cavaletes. Em cada extremidade, no ponto de cota mais baixo de cada calha, foi instalado um reservatório com capacidade de 100 litros. Foram utilizadas seis bombas elétricas para geração de energia e funcionamento do sistema. Cada calha foi impermeabilizada internamente com filme plástico. Posteriormente, foram preenchidas com substratos. Os substratos reutilizados foram mantidos, sem haver nenhum revolvimento. Apenas as calhas com substrato de primeiro ano de uso foram preenchidas com substrato novo, posteriormente, sendo colocado a fita gotejadora sobre a camada de substrato e o filme plástico dupla face cobrindo o mesmo. As calhas com substrato reutilizado apenas tiveram algumas pequenas manutenções, como troca da fita gotejadora e do filme plástico dupla face, gerando, dessa forma, menor necessidade de mão de obra.

Após a instalação das calhas, foram previamente demarcados os espaços, para posteriormente serem realizados orifícios onde foram plantadas as mudas de morangueiro. Nesse período anterior ao plantio, também ocorreu a lavagem do substrato, manejo essencial para um bom desenvolvimento da cultura. Os substratos foram lavados até atingirem uma faixa de pH abaixo de 7,5 e a condutividade elétrica (CE) na faixa de 0,5 dS m⁻¹.

As mudas foram plantadas de acordo com sua data de chegada. As primeiras que chegaram foram as mudas oriundas da Espanha, ocorrendo o seu plantio no dia 07/03/2019. Posteriormente, as nacionais, no dia 20/03/2019. E as de procedência Argentina no dia 02/07/2019. Logo após o plantio das primeiras mudas, essas foram irrigadas apenas com água por duas semanas. Em seguida, houve adição de solução nutritiva para fase vegetativa e manutenção da CE em $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ e, posteriormente, aumento para $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ até a primeira floração, passando depois para faixa de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$. Na fase de plantio das mudas de procedência Argentina, como as demais origens já estavam em fase de frutificação e para não comprometer nenhum estágio de nenhuma das origens, a CE foi reduzida a $1,2 \text{ dS m}^{-1}$, havendo um aumento gradativo com o passar dos dias. O pH foi mantido na faixa de 5,5 a 6,5. A frequência de fornecimento da solução nutritiva ocorreu de acordo com a umidade de cada substrato.

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.

As plantas de procedência da Espanha, em sua fase inicial logo após o plantio, estavam vegetando muito e produzindo muitos estolões. Essa fase é característica das plantas dessa procedência, sendo que nesse período ocorre o perfilhamento e engrossamento da coroa, o que, posteriormente, resulta em uma boa atividade produtiva. Essa fase estendeu-se por cerca de 90 dias.

Referente a insetos praga, durante o mês de abril de 2019 houve a presença de *Fungus gnats*. Para detecção da praga, foram instaladas placas de petri contendo misturas de água e detergente neutro, com a finalidade de captura do adulto. Ainda, o número de irrigações foi diminuído ao mínimo para diminuir a população de insetos. No mês de maio de 2019, ocorreu a redução e, posteriormente, a não percepção do inseto praga junto a cultura.

Em relação a primeira floração, foi realizada a retirada das primeiras flores, até as plantas atingirem seis folhas definitivas, para fortalecimento e melhor crescimento das plantas.

De acordo com as características de cada procedência, houve diferentes inícios de colheita. A colheita das plantas no primeiro ciclo de cultivo ocorreu em 01 de junho para as mudas nacionais, 11 de junho para as espanholas e 04 de setembro para as argentinas.

Diante da visualização de frutos malformados e diagnosticada a causa como deficiência de polinização, foi colocada, no mês de maio, uma caixa de abelhas sem ferrão jataís.

Em meados do mês de junho de 2019, houve um ataque severo de pássaros na cultura. Foram pendurados CDs ao longo da estufa, a fim de ofuscar os pássaros através do reflexo e movimento dos mesmos. Contudo, o ataque manteve-se e houve a necessidade de colocar tela nas laterais da estufa, dificultando a entrada dos pássaros.

Em 26/12/2019, frutos frescos foram coletados para realização de análises químicas no Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos (DCTA/FAEM). Foram analisados os sólidos solúveis totais (°BRIX) e acidez titulável. Além disso, frutos foram encaminhados para análise de ácido ascórbico, antocianinas e compostos fenólicos.

O experimento que foi desenvolvido no ciclo 2019/2020 teve seu encerramento em fevereiro de 2020, compreendendo o período da semana de 11 a 15 de fevereiro.

Após a retirada das plantas da área experimental, a segunda quinzena de fevereiro e o início de março de 2020 foram destinados para a medida da área foliar e secagem do material vegetal e suas respectivas avaliações, tais como análise de matéria seca de folhas, frutos e coroa, considerando assim o fim do primeiro ciclo. Ainda, esse período foi destinado para a manutenção e preparo das calhas de cultivo para um novo ciclo de produção.

No ciclo de cultivo 2020/2021, o plantio ocorreu nas seguintes datas para as diferentes origens de plantas: as de procedência nacional foram plantadas no dia 04/03/2020, as plantas de procedentes da Espanha no dia 01/04/2020 e as plantas da Argentina no dia 17/06/2020.

O segundo ciclo de cultivo seguiu a mesma metodologia do primeiro, diferindo apenas no período de reutilização do substrato, que passou a ter uso de até quatro anos. Outra diferença que pode ser citada nesse experimento foi a manutenção das plantas do ciclo de 2019/2020 que estavam alocadas no substrato novo daquele ano.

Houve a presença de trips e ácaro rajado, sendo adotado o emprego de iscas adesivas coloridas: azul e amarela. Ainda, como aplicação química para controle dos ácaros, foi utilizado o produto Vertimec[®], seguindo a dosagem recomendada pela bula do produto (0,5 ml para 1 litro de água).

A colheita no segundo ciclo de cultivo teve início no dia 02 de junho, com as mudas nacionais; no dia 06 de julho começou a colheita das mudas de procedência espanhola; e, posteriormente, no dia 25 de agosto, as mudas da procedência argentina entraram em colheita.

Em 09 de dezembro de 2020, frutos frescos foram coletados para realização de análises químicas no Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças (DCTA/FAEM). Os frutos foram selecionados e guardados em ultra freezer, para posterior análise, conforme liberação do uso dos laboratórios, frente à ocorrência da pandemia mundial da Covid-2019. Em fevereiro de 2021, foi realizada análise de acidez titulável, no Laboratório de Bioquímica (CCQFA), com a presença de duas pessoas para execução. Em meados de junho de 2021, foi realizada a análise de ácido ascórbico, antocianinas e compostos fenólicos, sob a responsabilidade do professor Dr. Cesar Rombaldi, uma vez que os laboratórios do DCTA permaneciam com restrições de uso e não permissão de utilização por alunos que não fossem do Programa de Pós-Graduação daquele departamento.

O experimento teve encerramento na última semana de janeiro de 2021, englobando os dias de 25 a 29 de janeiro.

Assim como no primeiro ciclo de cultivo, após a retirada das plantas ocorreram as últimas avaliações, referentes à área foliar e à secagem do material vegetal.

B) Plano de ação 2: Verificação do desempenho da cultura do morangueiro através do emprego do produto enraizador Rootex®

O plano de ação 2 ocorreu no ciclo 2019/2020, paralelamente ao plano de ação 1, executado naquele mesmo ano agrícola. A pesquisa teve como objetivo verificar o efeito da utilização de produto que auxilie no processo de enraizamento das mudas de morangueiro.

As primeiras atividades estavam relacionadas à aquisição do produto comercial Rootex® (Cosmocel). Esse produto foi e continua sendo muito utilizado pelos produtores de morango no momento do plantio. O produto é caracterizado como enraizante e possui na composição nitrogênio (N), 7%; fósforo (P₂O₅), 47%; potássio (K₂O), 6%; aminoácidos e extratos orgânicos, 18,5%; fito-hormônios, 300 p.p.m.; e inertes, 21,5%.

As mudas de morangueiro utilizadas eram da cultivar San Andreas, variando também a procedência: nacional, Espanha e Argentina. Cada procedência foi plantada

de acordo com sua data de chegada. As primeiras que chegaram foram as mudas oriundas da Espanha, ocorrendo o seu plantio no dia 07/03/2019, as nacionais no dia 20/03/2019 e as de procedência Argentina no dia 02/07/2019.

Para a execução da pesquisa, foram utilizadas duas estruturas: bancadas de cultivo, contendo vasos, e calhas em sistema de cultivo fechado.

O sistema caracterizado como de bancada foi constituído por duas bancadas impermeabilizadas internamente com polietileno dupla face preto-branco. Em seguida, foram colocadas ripas de madeira na base para sustentação dos vasos e evitar o crescimento das raízes para fora do vaso. O sistema era recirculante, com a presença de um reservatório de água de 100 litros, alocado abaixo da bancada. As plantas recebiam o fornecimento de solução nutritiva através do acionamento de uma bomba, onde a solução nutritiva era impulsionada até a cota mais alta, e através de fitas gotejadoras era realizada a distribuição das irrigações. Havia uma declividade de 3%, sendo o excedente da solução nutritiva drenada reconduzida para o reservatório.

Os vasos de cultivo empregados eram de polietileno com capacidade para 3 litros de substrato. Os mesmos foram preenchidos com brita na base, com a finalidade de facilitar a drenagem. Posteriormente, foram preenchidos com substrato casca de arroz carbonizada e cobertos com polietileno dupla face preto-branco, a fim de evitar perda de água por evaporação. Em seguida, foram realizados orifícios para plantio das mudas.

Em uma das bancadas havia o fornecimento de apenas solução nutritiva e na outra bancada fornecimento de solução nutritiva mais aplicação do produto Rootex® (1 g do produto para 1 litro de água, aplicado junto a planta via jato dirigido, no volume de 30 ml/planta). A aplicação do produto teve início uma semana após o plantio das mudas (de acordo com momento de chegada de cada procedência).

Na totalidade foram utilizados 96 vasos das três diferentes procedências (32 vasos de cada procedência), sendo esses divididos em dois grupos: com a aplicação e sem a aplicação do Rootex®. As plantas foram avaliadas no momento de suas respectivas chegadas e, posteriormente, avaliadas aos 20 e 40 dias após o plantio, usando-se dois vasos de cada procedência de mudas, em cada tratamento (com ou sem aplicação do produto), totalizando oito vasos avaliados de cada repetição.

As avaliações das mudas ocorreram no momento da chegada zero, 20 e 40 dias após o plantio. As avaliações das mudas oriundas da Espanha ocorreram nas seguintes datas: 07/03/2019, 27/03/2019 e 16/04/2019; as mudas nacionais foram

avaliadas nos dias 21/03/2019, 15/04/2019 e 05/05/2019; as de procedência argentina nos dias 02/07/2019; 22/07/2019 e 11/08/2019.

As avaliações realizadas foram: verificação de emissão de novas raízes, comprimento de raízes, diâmetro de coroa, número de folhas, massa fresca e seca de raízes, coroa e folhas. Os materiais empregados para realização dessa avaliação eram: para comprimento de raízes foi utilizada uma régua, para o diâmetro da coroa, um paquímetro digital e para obtenção da massa fresca uma balança de precisão. Após a obtenção da massa fresca, as amostras foram alocadas em estufa de secagem a 80 °C, até atingir peso constante, para posteriormente, obtenção da massa seca em balança de precisão.

O sistema caracterizado pelas calhas de cultivo é semelhante ao empregado ao plano de ação 1.

Foram utilizadas quatro calhas de madeira elevadas do solo sobre cavaletes. Em cada extremidade, no ponto de cota mais baixo de cada calha havia um reservatório com capacidade de 100 litros e foram utilizadas duas bombas elétricas para geração de energia e funcionamento do sistema. Cada calha foi impermeabilizada com filme plástico e preenchida com substrato casca de arroz carbonizada. Posteriormente, foram alocadas as fitas gotejadoras e o polietileno dupla face para cobrir o substrato. Foram realizados orifícios para o plantio das mudas. As calhas eram diferenciadas pela aplicação ou não aplicação do produto Rootex® às plantas. Duas calhas sorteadas ao acaso recebiam a aplicação do produto a cada três dias (30 ml/planta), mais o fornecimento da solução nutritiva, e as duas calhas restantes apenas recebiam o fornecimento de solução nutritiva.

A solução nutritiva passou a ser fornecida uma semana após o plantio de cada procedência. O pH e CE eram mantidos na faixa caracterizada ideal para cultura, entre 5,5 e 6,5 e 1,0 – 1,2 dS m⁻¹ na fase vegetativa e 1,6 dS m⁻¹ na fase de frutificação. Já o fornecimento do produto, também, passou a ocorrer uma semana após o plantio nas plantas do tratamento correspondente.

Esta pesquisa também avaliou parâmetros para comparação de plantas ao final do ciclo de cultivo, como o crescimento radicular, emissão de folhas e flores, precocidade de colheita e produtividade.

Esse experimento teve seu encerramento paralelo ao do primeiro ciclo de cultivo (2019/2020) do plano de ação 1 no período de 11 a 15 de fevereiro de 2020.

Os experimentos de campo foram finalizados na última semana do mês de janeiro, no período dos dias 25 a 29 de janeiro de 2021, fazendo-se na sequência o descarte de materiais não reutilizáveis e a limpeza da área de cultivo.

4 Artigo 1

Avaliação por dois ciclos produtivos de plantas de morangueiro de diferentes procedências cultivadas em substratos à base de casca de arroz *in natura*

(Segundo Normas da Revista Scientia Horticulturae)

1 **AVALIAÇÃO POR DOIS CICLOS PRODUTIVOS DE PLANTAS DE**
2 **MORANGUEIRO DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS CULTIVADAS EM**
3 **SUBSTRATOS À BASE DE CASCA DE ARROZ *IN NATURA***

4
5 **RESUMO**

6 No setor agrícola, cada vez mais os produtores estão preocupados em atingir altas
7 produtividades com qualidade, buscando obter maior precocidade de colheita que reflita em
8 oferta de frutos em período de escassez, revertendo em retorno econômico. Nesse cenário
9 existem diferentes origens de plantas que auxiliam o produtor a escalonar a época de plantio e
10 colheita. O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e a produção de plantas de
11 morangueiro de diferentes procedências, durante dois ciclos produtivos, empregando como
12 substrato casca de arroz *in natura* isolada e casca de arroz *in natura* com adição de substrato
13 comercial (20%) como condicionador, ambos em sistema com recirculação da solução drenada.
14 As modificações das características físicas dos substratos ao longo de 642 dias de cultivo
15 também foram objeto do estudo. O experimento foi realizado em estufa localizada no Rio
16 Grande do Sul/Brasil, em sistema fechado de cultivo em calhas de madeira, internamente
17 impermeabilizadas e preenchidas com substrato na altura de 0,10 m. Mudanças da cultivar San
18 Andreas, provenientes de viveiros localizados na Espanha, na Argentina e no Brasil, foram
19 plantadas a partir de março de 2019 e mantidas até janeiro de 2021. Foram avaliadas a densidade
20 seca, a porosidade total, o espaço de aeração, a água facilmente disponível, a capacidade de
21 retenção de água a 10 cm, a condutividade elétrica e o pH dos dois substratos no início do
22 experimento; e ao final do primeiro e segundo ciclo produtivo, a produção de massa seca e os
23 índices de crescimento da planta, bem como o número, o peso médio e a produção de frutos.
24 Plantas provenientes da Espanha apresentaram maior produção total no primeiro ciclo
25 produtivo para os dois substratos empregados. No segundo ciclo produtivo, plantas argentinas

26 e espanholas apresentaram produção total semelhante, sendo superiores às plantas produzidas
27 no Brasil. A colheita precoce apresentou média superior para as plantas espanholas, seguida das
28 nacionais e, por último, as argentinas no primeiro ciclo, já no segundo ciclo as plantas oriundas
29 da Argentina tiveram maior precocidade seguidas das espanholas e depois as nacionais. No
30 segundo ciclo produtivo, as plantas de origem espanhola continuaram mostrando superioridade
31 quanto ao número de frutos e peso médio de frutos e produção total, quando cultivadas em
32 substrato com adição de substrato comercial. As plantas advindas da Argentina apresentaram
33 melhores resultados quando cultivadas em substrato com adição de substrato comercial para as
34 variáveis índice de área foliar e massa seca de frutos. As plantas nacionais se sobressaíram às
35 demais origens com respeito à área foliar específica, nos dois substratos. Plantas nacionais e
36 argentinas apresentaram médias de razão de área foliar estatisticamente semelhantes, sendo
37 superiores às espanholas. A produção total e o número de frutos das plantas provenientes da
38 Espanha e da Argentina foram semelhantes no substrato com a adição de condicionador. As
39 plantas de origem espanhola originaram frutos com maior peso médio, nos dois substratos,
40 seguidas pelas plantas de origem Argentina. A utilização de ambos os substratos por dois ciclos
41 produtivos favoreceu as propriedades físicas, proporcionando maior porosidade total, água
42 facilmente disponível, capacidade de retenção de água e a redução do espaço de aeração. Apesar
43 da melhoria das características dos dois substratos ao longo do tempo de cultivo, a adição de
44 condicionador à casca favoreceu resultados superiores para todas as características físicas
45 analisadas, além de ter aumentado de maneira significativa a produção precoce nos dois ciclos
46 produtivos. Além disso, a manutenção das plantas por dois ciclos produtivos promove a
47 precocidade de colheita.

48 **PALAVRAS-CHAVE:** *Fragaria x ananassa* Duch., cultivo sem solo, características dos
49 substratos, condicionador de substrato, crescimento, produtividade de frutos.

51 1 INTRODUÇÃO

52 A ampliação do uso de cultivares de dia neutro, cujo florescimento é insensível ao
53 fotoperíodo e, por isso, dependente basicamente da temperatura (Manakasem e Goodwin,
54 2001), permitiu que o cultivo do morangueiro fosse viável, praticamente, ao longo de todo o
55 ano em determinadas regiões do Brasil. Entretanto, para isso é necessário que o plantio dessas
56 mudas ocorra em épocas e locais adequados, seguido de um bom manejo cultural. Esses três
57 fatores estão diretamente relacionados à expressão do potencial produtivo da cultura (Rahman
58 *et al.*, 2014). Na região sul do Brasil, a época indicada se situa entre março e abril, na qual são
59 verificadas temperaturas outonais ainda elevadas, que impulsionam um rápido estabelecimento
60 e crescimento inicial, seguidos da floração, que estimula a produção precoce entre maio e
61 setembro, quando os preços de comercialização são mais elevados.

62 Até há alguns anos, o plantio nesse período era possível somente através da utilização
63 de mudas produzidas no solo em viveiros locais, no entanto, essas se caracterizam pela baixa
64 qualidade, não atingindo o padrão mínimo para certificação (Oliveira, Nino e Scivittaro, 2005).
65 Outra alternativa era a utilização de mudas nacionais com torrão, as quais são produzidas em
66 bandejas, em que o sistema radicular cresce envolvido por substrato. Entretanto, diante das
67 condições de clima mais quente e a maior umidade relativa do ar nos locais onde se encontram
68 os viveiros no Brasil, as plantas ficam expostas a condições inadequadas do ponto de vista
69 fisiológico e fitossanitário, uma vez que os principais fatores que afetam a cultura são a
70 temperatura e o fotoperíodo e, assim, não acumulam a mesma quantidade de carboidratos na
71 forma de amido que as mudas produzidas em viveiros localizados em regiões mais frias. Esse
72 menor acúmulo resulta em menor potencial produtivo e maior suscetibilidade a patógenos. Em
73 vista disso, 30% das mudas de morangueiro utilizadas para implantação das lavouras no Brasil
74 são mudas importadas (Antunes e Cocco, 2012). Além disso, a disponibilidade das mudas
75 nacionais, do ponto de vista quantitativo, está muito aquém da demanda de mercado.

76 Desse modo, grande parte dos agricultores adquire mudas importadas, principalmente
77 do Chile e da Argentina, pois essas apresentam boa qualidade genética, fisiológica e sanitária.
78 Os viveiros desses locais se encontram em regiões caracterizados por latitudes elevadas, com
79 baixa precipitação pluviométrica e solo arenoso. O clima no verão apresenta alta incidência de
80 radiação solar e temperaturas médias diurnas variando de 15 a 28 °C, com queda acentuada
81 durante a noite (Clima-Data.Org).

82 Entretanto, a importação de mudas de cultivares de dias neutros desses dois países
83 apresenta um grande inconveniente, que se refere ao atraso na disponibilização das mudas ao
84 agricultor brasileiro, ocorrendo normalmente a partir de junho, o que limita a produção precoce.
85 Ou seja, o período no qual se oferecem maiores preços ao produto, devido a sua baixa oferta, é
86 justamente o período em que a muda está recém sendo levada a campo. Esse fato é considerado
87 para as regiões de baixa latitude, como, por exemplo, a região sul do RS, a qual apresenta altas
88 temperaturas no período de janeiro e fevereiro, o que gera grande diminuição da produção de
89 frutos. Regiões de maior altitude, provavelmente, consideram os meses de janeiro e fevereiro
90 como épocas de interesse econômico para oferta de frutos.

91 Com o intuito de contornar essa situação, houve um aumento crescente do interesse pela
92 importação de mudas da Província de Segóvia, na Espanha. Essa região é caracterizada pela
93 sua elevada altitude, com clima frio e parcialmente seco, com baixa precipitação pluviométrica.
94 O arranquio das mudas é realizado no início no mês de dezembro, final do outono na Espanha,
95 quando há registros de temperaturas entre 0,5 e 7,8 °C na região (Clima-Data.Org). Esse fator
96 impulsiona o elevado acúmulo de reservas na forma de amido, que repercute em boa
97 produtividade. Essas mudas, até chegarem ao seu destino, são armazenadas em temperaturas
98 muito baixas, de -1 a -2 °C, sendo disponibilizadas ao agricultor brasileiro por meados de
99 fevereiro. Após um período vegetativo inicial, que normalmente dura de 90 a 120 dias, a planta

100 inicia sua produção, o que possibilita, a depender da época de plantio, a produção de frutos no
101 período de menor disponibilidade no mercado gaúcho.

102 Alguns estudos realizados, a título de comparação da produção de mudas nacionais e
103 importadas, apresentaram resultados controversos. Na pesquisa realizada por Oliveira e
104 Scivittaro (2006), a utilização de mudas importadas do Chile resultou em aumento da produção
105 e do número de frutos por planta, quando em comparação com o cultivo de mudas de origem
106 brasileira. Em contraponto, Diel *et al.* (2018) observaram que mudas de procedência brasileira
107 apresentaram superior produção e qualidade de frutos do que mudas argentinas.

108 Devido à sua recente introdução no Brasil, há poucos estudos publicados sobre a
109 adaptação, considerando o crescimento e o comportamento produtivo, de mudas espanholas no
110 sul do país. Estudos comparativos sobre o desempenho de mudas de diferentes procedências de
111 cultivares de dia neutro são ferramentas importantes para definir estratégias de plantio ao
112 aportar informações sobre as diferentes épocas de início de colheita e a distribuição da oferta
113 do fruto ao longo do ano, buscando atender aos interesses dos produtores.

114 Arelada à busca por qualidade do material propagativo, que reflita em produtividade e
115 qualidade dos frutos de morango, a adoção de sistemas de cultivo que auxiliem na otimização
116 da mão de obra e na redução de custos é cada vez mais imperativa para manter a sustentabilidade
117 econômica da produção. Nesse sentido, o cultivo em substrato vem cada vez ganhando mais
118 espaço no sul do Brasil, pois favorece a qualidade de vida do produtor, mediante o cultivo das
119 plantas de morangueiro em sistemas suspensos, elevados do solo, melhorando as condições de
120 manejo e para a colheita dos frutos, além da possibilidade de incremento do número de plantas
121 por área, que, por si, resulta em maior produtividade de frutos. Os sistemas de cultivo em
122 substrato atualmente empregados pela maioria dos produtores são abertos, os quais acarretam
123 perda de água e fertilizantes, possibilitando riscos de contaminação do solo e do lençol freático.

124 Nesse contexto e buscando a maior sustentabilidade da produção, sistemas de cultivo fechado
125 passam a ser uma alternativa, uma vez que promovem a coleta e reutilização da solução drenada.

126 Um dos maiores gargalos encontrados na produção em sistemas com recirculação da
127 solução drenada é referente à adequação dos substratos frente à disponibilidade de matéria-
128 prima no Brasil.

129 O sul do Brasil é uma das mais importantes regiões orizícolas do mundo, sendo,
130 portanto, a casca de arroz *in natura* um produto encontrado em abundância. A sua elevada
131 disponibilidade e o fácil acesso fazem com que seja uma alternativa de baixo custo, além de
132 que seu uso como substrato tem reduzido impacto ambiental, uma vez que pode ser facilmente
133 compostado ao final do seu tempo de uso. Estudos relatam a obtenção de elevadas
134 produtividades com o uso isolado da casca de arroz *in natura*, ou em mistura com
135 condicionadores, como substrato para as culturas do mini tomateiro (Perin *et al.*, 2018),
136 pepineiro conserva (Neutzling *et al.*, 2018), flores de corte (Höhn *et al.*, 2018) e mini melancia
137 (Dutra *et al.*, 2021).

138 Contudo, para a cultura do morangueiro, o uso de casca de arroz *in natura* pura não
139 apresentou boas respostas produtivas em pesquisa realizada por Portela (2015), o que foi
140 atribuído a sua baixa capacidade de retenção de água. Contudo, Signorini (2020) reportou que
141 a adição de materiais condicionadores e/ou substratos comerciais em determinadas quantidades
142 à casca de arroz promoveu melhorias das propriedades físicas do substrato, resultando em
143 incremento da produção. Essa adição poderia vir a favorecer a absorção de água pelas plantas,
144 mediante a maior capacidade de retenção de água conferida pelo material condicionador.

145 Paralelamente, em busca da minimização de custos e de mão de obra, muitos produtores
146 estão promovendo a manutenção das plantas durante pelo menos dois ciclos produtivos, sem
147 atestarem prejuízos relacionados à produção e qualidade dos frutos no segundo ano de colheita.
148 No entanto, para o uso da casca *in natura* como material básico de composição do substrato em

149 ciclos produtivos subsequentes, um aspecto importante a ser considerado é a decomposição do
150 material, que adicionalmente pode ser acelerado pela adição de um condicionador. Alterações
151 benéficas das características do substrato de casca de arroz *in natura* usada isoladamente foram
152 apontadas após um primeiro ciclo curto de cultivo (60-70 dias) e favoreceram em um segundo
153 ciclo produtivo as respostas das plantas de pepineiro conserva (Neutzling *et al.*, 2018) e mini
154 melancia (Dutra *et al.*, 2021). Já para a cultura do morangueiro, Signorini (2020) relata melhoria
155 da capacidade de retenção de água da casca crua após um ano de cultivo, com reflexos positivos
156 sobre a produção de frutos da cultivar Aromas no segundo ciclo produtivo.

157 Assim, este trabalho tem como base as seguintes hipóteses: mudas de diferentes
158 procedências apresentam crescimento e comportamento produtivo distintos, com vantagens
159 para as mudas cujo plantio é realizado precocemente; a adaptação de mudas oriundas de
160 diferentes procedências, em decorrência de apresentarem distintas condições do sistema
161 radicular e de armazenamento de reservas da coroa no momento do plantio, pode variar em
162 função das características do substrato determinadas pela adição de um condicionador; os
163 substratos de casca de arroz *in natura* apresentam melhorias nas suas características ao longo
164 do tempo de cultivo, o que beneficia a produtividade das plantas no segundo ciclo produtivo; e
165 a adição do condicionador à casca de arroz *in natura* melhora as propriedades físicas do
166 substrato, com aumento da capacidade de retenção de água, o que se reflete em maior
167 crescimento das plantas em ambos os ciclos produtivos.

168 Considerando o contexto, objetivou-se avaliar o crescimento e a produção de plantas de
169 morangueiro de diferentes procedências, cultivadas durante dois ciclos produtivos, em sistema
170 com recirculação da solução drenada, empregando como substrato casca de arroz *in natura*
171 isolada e casca de arroz *in natura* com adição de substrato comercial como condicionador,
172 verificando-se as modificações das características físicas e químicas dos substratos ao longo de
173 642 dias de cultivo.

174 2 MATERIAL E MÉTODOS

175 O trabalho foi realizado entre março de 2019 e janeiro de 2021, correspondendo à
176 manutenção das plantas no sistema por dois ciclos produtivos (2019/20 e 2020/21). Foram
177 empregadas mudas da cultivar San Andreas, oriundas da Espanha e da Argentina, e mudas
178 nacionais. As mudas importadas apresentavam raiz nua e as nacionais estavam com as raízes
179 envolvidas por um torrão.

180 As plantas foram cultivadas em estufa coberta com polietileno transparente de 150 µm
181 de espessura, com área total de 80 m² (8 x 10 x 3,5 m), localizada no Campo Didático e
182 Experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
183 (FAEM), na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no município do Capão do Leão, RS. A
184 localização geográfica aproximada é de 31°52' S, longitude 52°21' W e altitude média de 13
185 metros acima do nível do mar. O clima dessa região caracteriza-se por ser temperado, de verão
186 quente, pela classificação de Köppen é do tipo Cfa.

187 Duas composições de substrato foram estudadas: casca de arroz *in natura* pura (CAIN)
188 e casca de arroz *in natura* com a adição de 20% de substrato comercial (CAIN + SC). O
189 substrato comercial utilizado como condicionador (S10 – Beifort[®]) é um substrato orgânico,
190 produzido na região da Serra Gaúcha, formulado a partir de composto de bagaço e engaço da
191 uva, com adição de turfa e casca de arroz carbonizada.

192 As plantas foram cultivadas em calhas de madeira, com seção retangular e dimensões
193 de 7,5 m de comprimento, 0,10 m de altura e 0,30 m de largura, dispostas em linhas duplas e
194 elevadas na cabeceira a 1 m do piso da estufa, com declividade de 4%. O espaçamento interno
195 entre as duplas de calhas era de 0,10 m, com caminhos de 0,60 m entre bancadas.

196 As calhas foram impermeabilizadas internamente com filme plástico, para coleta do
197 drenado, que era recolhido e conduzido ao reservatório de solução nutritiva. Para cada substrato
198 havia um reservatório de solução nutritiva, ou seja, o drenado de cada substrato era recolhido

199 separadamente e conduzido para o seu respectivo reservatório, caracterizando, assim, um
200 sistema com recirculação da solução nutritiva. Cada reservatório empregado abastecia uma
201 calha de cultivo com 36 plantas e possuía a capacidade de armazenamento de 100 L.

202 Cada calha foi preenchida com 225 litros de um dos dois substratos a serem avaliados.
203 Posteriormente, foi alocada uma fita gotejadora sobre a camada de substrato e a calha foi
204 coberta com filme polietileno dupla-face, com a finalidade de evitar perdas por evaporação.

205 Anterior ao plantio, os substratos passaram pelo processo de lavagem para que as mudas
206 fossem acomodadas em um meio não salino. O pH dos substratos no momento do plantio
207 encontrava-se dentro da faixa considerada ideal para a cultura, entre 5,5 e 6,5, e a condutividade
208 elétrica (CE) abaixo de 0,5 dS m⁻¹.

209 O plantio das mudas ocorreu de acordo com o período de entrega pelos distribuidores
210 de cada origem: mudas oriundas da Espanha em 07/03/2019; mudas nacionais em 20/03/2019;
211 e mudas oriundas da Argentina em 02/07/2019. As mudas foram dispostas no espaçamento de
212 0,20 m, em linha simples dentro da calha. A densidade de plantio adotada foi 7,4 plantas m⁻².

213 O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com parcelas
214 subdivididas, com três repetições. Os tratamentos corresponderam à combinação dos dois níveis
215 do fator substrato (CAIN e CAIN + SC) com os três níveis do fator procedência (mudas
216 importadas da Espanha e da Argentina e mudas nacionais), totalizando seis tratamentos. O fator
217 substrato foi alocado na parcela (calha) que recebeu 36 plantas, sendo essa dividida em três
218 subparcelas, correspondendo a 12 plantas de cada procedência.

219 Foram utilizadas soluções nutritivas distintas para as duas fases de desenvolvimento das
220 plantas que foram formuladas a partir da recomendação de Sonneveld e Straver (1994) para a
221 cultura do morangueiro. Para a fase vegetativa (considerada desde o plantio até o início da
222 frutificação no primeiro ciclo produtivo; e após a poda de folhas e coroas – realizada ao finalizar
223 o primeiro ciclo – até o início da frutificação do segundo ciclo de produção), foi empregada a

224 seguinte concentração de macronutrientes (mmol/litro): 6,64 de NO_3^- ; 1,50 de H_2PO_4^- ; 2,88 de
225 SO_4^{2-} ; 1,44 de NH_4^+ ; 5,06 de K^+ ; 2,20 de Ca^{2+} ; 1,50 de Mg^{2+} ; e de micronutrientes (mg/litro):
226 1,08 de Fe; 0,20 de Mn; 0,4 de Zn; 0,17 de B; 0,025 de Cu; 0,05 de Mo. A CE foi mantida em
227 1,4 dS m^{-1} . Para a fase de frutificação e colheita, empregou-se a seguinte concentração de
228 macronutrientes (mmol/litro): 10,0 de NO_3^- ; 1,25 de H_2PO_4^- ; 2,5 de SO_4^{2-} ; 0,75 de NH_4^+ ; 6,0 de
229 K^+ ; 2,95 de Ca^{2+} ; 1,8 de Mg^{2+} ; e a CE foi mantida entre 1,6 e 1,8 dS m^{-1} .

230 O valor de pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,5, através da adição de
231 solução de correção à base de ácido fosfórico (H_3PO_4) ou hidróxido de potássio (KOH 1N),
232 quando necessário.

233 A solução nutritiva foi fornecida por meio das fitas de gotejamento (com gotejadores
234 espaçados a cada 10 cm e vazão de 1,35 litros hora⁻¹), com pulsos de 5 minutos e frequência de
235 duas a seis vezes ao dia, variando de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, o tipo
236 de substrato e as condições meteorológicas do dia. Os substratos no primeiro ciclo produtivo,
237 apresentavam maiores números de regras por dia quando comparado ao segundo ciclo
238 produtivo, bem como substratos casca de arroz pura demandaram maior número de
239 fertirrigações do que o substrato com adição de material condicionador a formulação. A
240 diferença no número de fertirrigações esta relacionado a composição dos substratos e ao seu
241 tempo e uso, que interferem na capacidade de retenção de água. Uma vez por mês, em data
242 coincidente com o esgotamento quase que total do reservatório, esse era esvaziado e, após,
243 preenchido com água para lavagem do substrato. Após a lavagem, o reservatório era novamente
244 preenchido com nova solução nutritiva.

245 O manejo do ambiente da estufa ocorreu somente através da ventilação natural, com a
246 abertura e fechamento das janelas laterais de acordo com as condições meteorológicas do dia.

247 O monitoramento de temperatura e umidade foi realizado através de termo-higrômetro
248 digital, sendo realizadas leituras diárias. As médias das temperaturas máximas e mínimas do ar

249 no período 2019-2020 foram, respectivamente, 32,6 °C e 18,5 °C. As médias da umidade
250 relativa do ar máxima e mínima foram 73,4% e 41,6%, respectivamente. No período 2020-
251 2021, as médias das temperaturas máximas e mínimas do ar foram, respectivamente, 23,5 °C e
252 12,5 °C. As médias da umidade relativa do ar máxima e mínima foram 89,1% e 64,0%. Dados
253 referentes à radiação global média exterior foram obtidos através da Estação
254 Agrometeorológica de Pelotas, situada a 1000 m da estufa, sendo 14,54 MJ m⁻² d⁻¹ a média
255 diária durante o ciclo 2019-2020 e 13,84 MJ m⁻² d⁻¹ no ciclo 2020-2021.

256 As colheitas foram realizadas com o fruto praticamente maduro, ou seja, com ³/₄ da
257 superfície de coloração vermelha, sendo esses classificados em comerciais e não comerciais
258 (massa fresca inferior a 5 g e/ou deformados).

259 No primeiro ciclo de produção (2019/2020), a colheita das plantas nacionais teve início
260 no dia 01/06/2019 [73 dias após o plantio (DAP)]; seguida da colheita das plantas de origem
261 espanhola, em 11/06/2019 (91 DAP); e, por último, em 12/09/2019 (70 DAP), as plantas da
262 Argentina tiveram seu início de produção. Houve uma queda de produção por meados de
263 fevereiro de 2020, em decorrência das elevadas temperaturas que foram atingidas na região de
264 Pelotas neste período. Ou seja, essa queda de produção aconteceu quando plantas de origem
265 Espanha estavam à 344 DAP a campo, as plantas nacionais à 331 e as argentinas à 223 DAP.

266 O primeiro ciclo produtivo foi encerrado em 01/04/2020, quando se realizou a poda das
267 plantas, conforme mencionado anteriormente, eliminando-se todas as folhas logo acima da
268 coroa, além da retirada de algumas coroas, mantendo-se uma média de três coroas por planta.
269 A partir deste momento, considerou-se o início do segundo ciclo produtivo, que se estendeu até
270 29 janeiro de 2021.

271 No segundo ciclo produtivo, a primeira colheita ocorreu no dia 02/06/2022 [62 dias após
272 a poda (DAPD)], com as plantas nacionais, seguida da colheita das plantas de origem espanhola
273 e da Argentina, em 06/06/2020 (66 DAPD) e 25/06/2020 (85 DAPD), respectivamente.

274 O segundo ciclo produtivo teve seu término com a manutenção das plantas pelo período
275 de 298 DAPD, para todas as procedências, a contabilizar após a poda realizada em abril de
276 2020. Assim, o período total de cultivo das plantas somou 642, 629 e 521 DAP, para as origens
277 espanhola, nacional e argentina, respectivamente.

278 Em relação aos dados de colheita, foram consideradas quatro plantas controle por
279 repetição (12 plantas por tratamento) e levados em consideração o número de frutos e a
280 produção de frutos por planta, calculando-se a partir desses o peso médio do fruto. Foram
281 consideradas todas as colheitas desde o início até o término de cada ciclo produtivo, sendo a
282 colheita precoce a que ocorreu durante os meses de abril a setembro (inclusive), período
283 considerado de menor oferta de frutos na região sul do RS.

284 A massa seca de folhas, da coroa, dos frutos e da área foliar de duas plantas por repetição
285 (seis plantas/tratamento) foram avaliadas ao final de cada ciclo produtivo. A área foliar foi
286 obtida através do equipamento medidor de imagens modelo LI-3100C. Os distintos órgãos da
287 planta foram secos em estufa de ventilação forçada à temperatura de 80 °C até peso constante.
288 As frações referentes à desfolha e aos frutos colhidos durante o ciclo produtivo foram
289 adicionadas individualmente a sua planta controle, obtendo-se os valores acumulados. A partir
290 dos valores dessas variáveis, foram obtidas a massa seca vegetativa (folhas + coroa) e a massa
291 seca total da parte aérea da planta (vegetativa + frutos), bem como calculados o índice de área
292 foliar [IAF (área foliar/área de solo)], a área foliar específica [AFE (área foliar/massa seca de
293 folhas)] e a razão de área foliar [RAF (área foliar/massa seca total)].

294 Amostras dos substratos foram coletadas ao início e término de cada ciclo produtivo e
295 analisadas quanto às características físicas, CE e pH no Laboratório de Análise de Substratos
296 para Plantas do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária da Secretaria de Estado
297 de Agricultura, Pecuária e Irrigação, em Porto Alegre, RS, Brasil.

298

299 Os resultados obtidos passaram pelo teste de normalidade e identificação de possíveis
 300 ‘outliers’. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias
 301 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Todas as análises foram realizadas com o
 302 software SAIS – Análises Estatísticas com R Shiny.

303

304 3 RESULTADOS

305

306 3.1 Propriedades físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos

307 Em ambos os substratos, houve elevação dos valores de porosidade total (PT), água
 308 facilmente disponível (AFD) e capacidade de retenção de água (CRA), e redução do espaço de
 309 aeração (EA), de forma progressiva desde o início do primeiro ciclo produtivo até o final do
 310 experimento (Tabela 1).

311

312 **Tabela 1:** Densidade seca, porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível,
 313 capacidade de retenção de água (CRA), condutividade elétrica (CE) e pH dos substratos casca
 314 de arroz *in natura* 100% e casca de arroz *in natura* com adição de substrato comercial*
 315 (20%), ao início (dia zero), aos 391 e 642 dias após o plantio de plantas de morangueiro

	Substratos					
	Casca de arroz <i>in natura</i> pura			Casca de arroz <i>in natura</i> + substrato comercial ⁴		
	Dias após plantio			Dias após plantio		
	Zero ¹	391 ²	642 ³	Zero	391	642
Densidade seca (g l ⁻¹)	79	64	100	99	100	198
Porosidade Total (%)	65	70	82	67	80	99
Espaço de aeração (%)	40	35	34	52	49	36
Água Facilmente Disponível (%)	13	13	15	11	16	21
CRA ⁵ a 10 cm (%)	18	25	28	30	33	62
CE (dS m ⁻¹)	0,08	0,24	0,22	0,25	1,17	0,44
pH	6,40	5,40	5,74	5,0	5,28	4,91

316 ¹Início do experimento;317 ²final do primeiro ciclo e início do segundo ciclo produtivo;318 ³final do segundo ciclo produtivo;319 ⁴Substrato S10 (Beifort®), bagaço e engaço de uva com adição de turfa e casca de arroz carbonizada;320 ⁵capacidade de retenção de água a 10 cm (%).

321 Os valores de densidade seca (DS) apresentaram variações em relação ao tipo de
322 substrato. Na casca de arroz pura houve uma leve diminuição, enquanto no substrato com adição
323 de condicionador não houve alteração significativa entre o início e o final do primeiro ciclo
324 produtivo (391 DAP). Contudo, em ambos, houve um aumento significativo da DS ao final do
325 período experimental (642 DAP), passando de 79 g l⁻¹, no início, para 100 g l⁻¹, e de 99 para
326 198 g l⁻¹, no substrato casca de arroz pura e na casca de arroz com adição de condicionador,
327 respectivamente (Tabela 1). Ou seja, houve uma elevação da DS da ordem de 27% no substrato
328 de casca de arroz pura e de 100% no substrato com o condicionador, no período compreendido
329 entre a análise inicial e o término do experimento, aos 642 DAP.

330 A adição do substrato comercial à casca de arroz *in natura* resultou em valores mais
331 elevados de DS, PT e CRA nas três datas de avaliação em relação à casca pura . Com exceção
332 para DS, quando utilizado o substrato casca de arroz pura, sendo que houve uma diminuição
333 aos 391 DAP ao comparar a análise inicial, e posteriormente aos 642 DAP, apresentou uma
334 elevação. Os valores desses três parâmetros do substrato com o condicionador foram
335 distanciando-se progressivamente dos valores da casca de arroz pura até praticamente, no caso
336 da DS e da CRA, alcançarem o dobro dos valores aos 642 DAP (Tabela 1).

337 A PT dos dois substratos estudados apresentaram aumento consecutivo durante o ciclo
338 produtivo. O mesmo aconteceu em relação à CRA. A adição do condicionador resultou em
339 valores mais elevados de CRA do substrato desde o início do experimento, que foi de 30%,
340 apresentando aumentos relativos de 10% e 106,7%, respectivamente, ao final do primeiro ciclo,
341 quando passou para 33%, e ao final do segundo ciclo produtivo, atingindo o valor de 62%
342 (Tabela 1).

343 Em relação a AFD, a análise inicial mostrou 13% para o substrato de casca de arroz *in*
344 *natura* pura, mantendo-se nesse mesmo valor ao final do primeiro ciclo produtivo e com
345 incremento de 15,4% no final do segundo ciclo produtivo, quando atingiu o valor de 15%. Já

346 com a adição do condicionador, o substrato, que inicialmente apresentou valor de AFD de 11%,
347 obteve aumento relativo da ordem de 45% e 91% ao final do primeiro e segundo ciclo,
348 respectivamente, com valor máximo de 21% (Tabela 1).

349 Na análise inicial, o EA do substrato casca de arroz com adição do condicionador foi
350 superior ao da casca de arroz pura (Tabela 1). Já ao final do primeiro ciclo produtivo,
351 verificaram-se reduções relativas de 5,8% e 12,5% no EA da casca de arroz com adição de
352 condicionador e da casca de arroz pura, respectivamente. Contudo, ao final do período
353 experimental (642 DAP), os resultados referentes à casca de arroz isolada e à casca de arroz
354 com adição de substrato comercial foram semelhantes, na ordem de 34 e 36%, respectivamente
355 (Tabela 1). Ao verificarem-se os valores iniciais e finais do EA, percebe-se uma redução
356 relativa de 15% na casca de arroz pura e 30,7% na casca com adição do condicionador.

357 A CE de ambos os substratos apresentou comportamento semelhante ao longo do ciclo,
358 com valor inicial baixo, elevação aos 391 DAP e diminuição aos 642 DAP, sendo que os valores
359 da casca de arroz com adição do condicionador foram sempre mais elevados que os da casca de
360 arroz pura (Tabela 1). Com relação ao pH dos substratos, os resultados mostram
361 comportamentos contrários durante o ciclo produtivo no substrato com casca de arroz pura e
362 com adição de condicionador (Tabela 1).

363

364 **3.2 Crescimento da planta e produção de frutos**

365 A análise dos resultados referentes às respostas de crescimento das plantas (Tabela 2) e
366 à produção de frutos (Tabela 3) indicou que, com exceção das variáveis razão de área foliar
367 (RAF) e massa seca de coroa no segundo ciclo produtivo (Tabela 2) e produtividade precoce
368 em ambos os ciclos (Tabela 3), interações estatisticamente significativas entre a procedência
369 das plantas e os substratos foram detectadas para todas as demais variáveis analisadas em ambos
370 os ciclos produtivos (Tabelas 2 e 3).

371 Com respeito às respostas das plantas das diferentes procedências, a apreciação feita
372 separadamente para cada um dos dois substratos indica que com o emprego da casca de arroz,
373 no primeiro ciclo produtivo, as plantas espanholas apresentaram valores mais elevados de
374 massa seca de folha, vegetativa e total da parte aérea (Tabela 2), bem como maior peso médio
375 e produção de frutos (Tabela 3) do que as argentinas, cujos valores apresentados foram
376 superiores aos das plantas nacionais. As plantas argentinas se equipararam às espanholas e
377 ambas foram superiores às nacionais quanto à massa seca da coroa e dos frutos (Tabela 2) e ao
378 número de frutos produzidos (Tabela 3). As plantas argentinas apresentaram IAF, RAF e AFE
379 (Tabela 2) maiores que as espanholas e as nacionais, sendo que as espanholas apresentaram
380 valor médio de IAF superior, porém, RAF e AFE menores que as plantas nacionais.

381 No segundo ciclo produtivo, no substrato de casca de arroz, as plantas espanholas
382 mantiveram a sua superioridade em relação às plantas argentinas e essas últimas superaram as
383 nacionais quanto à massa seca de folhas, vegetativa e do total da parte aérea (Tabela 2) e peso
384 médio do fruto (Tabela 3). O mesmo efeito foi estendido nesse ciclo para o IAF, a AFE e a
385 massa seca de frutos (Tabela 2). Adicionalmente, as plantas espanholas também apresentaram
386 valores médios de número e produção de frutos (Tabela 3) maiores do que os verificados com
387 as plantas argentinas, cujas médias não diferiram das obtidas no cultivo das plantas nacionais.

388 Com a adição do condicionador ao substrato de casca de arroz, no primeiro ciclo
389 produtivo, as plantas espanholas mostraram superioridade em relação às argentinas e essas, por
390 sua vez, foram superiores às plantas nacionais, quanto ao IAF, massa seca de folhas, de coroa,
391 vegetativa e do total da parte aérea (Tabela 1) e peso médio do fruto (Tabela 3). Nesse mesmo
392 substrato, as espanholas também foram superiores às plantas das outras duas origens em relação
393 à massa seca de frutos (Tabela 2), número e produção de frutos (Tabela 3). No entanto, no caso
394 dessas últimas três variáveis, as plantas nacionais apresentaram média superior às das plantas
395 argentinas. O valor médio da RAF (Tabela 2) das plantas argentinas foi superior ao das plantas

396 nacionais, que por sua vez foi maior que das plantas espanholas. Quanto a AFE (Tabela 2), as
397 plantas nacionais apresentaram média maior que as plantas argentinas, cuja média superou a
398 das plantas espanholas.

399 No segundo ciclo produtivo, no substrato com adição do condicionador, as plantas
400 espanholas continuaram mostrando superioridade em comparação com as argentinas e essas em
401 relação as nacionais para as variáveis massa seca de folhas, vegetativa e do total da parte aérea
402 (Tabela 1) e peso médio do fruto (Tabela 3). Entretanto, nesse ciclo, as plantas argentinas
403 superaram as espanholas, que por sua vez mantiveram superioridade em relação às plantas
404 nacionais, quanto ao IAF e a produção de massa seca de frutos (Tabela 2). Ainda, as plantas
405 argentinas se igualaram as espanholas e ambas superaram as plantas nacionais no que se refere
406 ao número e a produção de frutos (Tabela 3).

407 A análise dos resultados do efeito dos substratos individualmente para cada procedência
408 das plantas mostrou que, no primeiro ciclo produtivo, as plantas de origem espanhola
409 apresentaram maior IAF, área foliar específica (AFE), produção de massa seca de folhas, coroa
410 e frutos, bem como maior massa seca vegetativa e total da parte aérea (Tabela 2), número, peso
411 médio e produção de frutos (Tabela 3) quando cultivadas no substrato com condicionador em
412 comparação com o cultivo em casca pura. O mesmo padrão de respostas das plantas espanholas
413 se manteve no segundo ciclo produtivo, com exceção da ausência de diferenças entre substratos
414 para a AFE e a massa seca de coroa (Tabela 2).

415

416 **Tabela 2:** Índice de área foliar, razão de área foliar, área foliar específica, produção acumulada
417 de massa seca de folhas, de coroa, vegetativa (folhas + coroa), de frutos e do total da parte aérea
418 (folhas + coroa + frutos) ao final de dois ciclos produtivos subsequentes de plantas de
419 morangueiro provenientes de três locais de origem e cultivadas em substratos de casca de arroz
420 *in natura* pura (CAIN) e casca de arroz *in natura* + substrato comercial (CAIN + SC)

Fator	Ciclo produtivo 2019-2020 ²				Ciclo produtivo 2020-2021 ³			
	Origem da muda							
	Nacional	Argentina	Espanha	Média	Nacional	Argentina	Espanha	Média
Substrato	Índice de área foliar (m²m⁻²)							
CAIN	0,45 Cb	0,94 Ab	0,89 Bb	0,76 b	0,70 Cb	1,16 Bb	1,19 Ab	1,02 b
CAIN+SC ¹	0,60 Ca	1,34 Ba	1,54 Aa	1,16 a	0,82 Ca	1,76 Aa	1,54 Ba	1,37 a
Média	0,53 C	1,14 B	1,22 A		0,76 C	1,46 A	1,37 B	
CV (%)	1,94				0,47			
	Razão de área foliar (cm² g⁻¹)							
CAIN	34,41 Ba	39,60 Ab	28,28 Ca	34,10 b	-	-	-	32,82 b
CAIN + SC	34,30 Ba	53,43 Aa	28,58 Ca	38,77 a	-	-	-	35,34 a
Média	34,36 B	46,52 A	28,43 C		37,37 A	36,82 A	28,04 B	
CV (%)	4,41				5,77			
	Área foliar específica (cm² g⁻¹)							
CAIN	79,06 Bb	89,17 Aa	54,06 Cb	74,10 b	110,34 Ab	69,26 Bb	56,40 Ca	78,67 b
CAIN + SC	103,85 Aa	90,92 Ba	63,24 Ca	86,00 a	122,26 Aa	105,40 Ba	58,41 Ca	95,36 a
Média	91,46 A	90,05 A	58,65 B		116,30 A	87,33 B	57,41 C	
CV (%)	4,05				4,08			
	Massa seca de folhas (g planta⁻¹)							
CAIN	7,81 Ca	14,30 Bb	22,33 Ab	14,81 b	8,65 Cb	22,98 Ba	28,58 Ab	20,07 b
CAIN + SC	7,85 Ca	19,99 Ba	32,98 Aa	20,27 a	9,16 Ca	22,63 Ba	35,79 Aa	22,53 a
Média	7,83 C	17,15 B	27,66 A		8,91 C	22,81 B	32,19 A	
CV (%)	1,98				5,96			
	Massa seca de coroa (g planta⁻¹)							
CAIN	2,42 Ba	3,65 Aa	4,45 Ab	3,51 b	-	-	-	5,52 ^{ns}
CAIN + SC	2,70 Ca	4,11 Ba	10,66 Aa	5,82 a	-	-	-	6,07
Média	2,56 C	3,88 B	7,56 A		5,59 B	4,13 B	8,01 A	
CV (%)	10,88				22,75			
	Massa seca vegetativa (g planta⁻¹)							
CAIN	10,23 Ca	17,95 Bb	26,78 Ab	18,32 b	14,24 Ca	26,54 Ba	35,99 Ab	25,59 b
CAIN + SC	10,55 Ca	24,10 Ba	43,64 Aa	26,10 a	14,74 Ca	27,32 Ba	44,39 Aa	28,82 a
Média	10,39 C	21,03 B	35,21 A		14,49 C	26,93 B	40,19 A	
CV (%)	2,64				7,33			
	Massa seca de frutos (g planta⁻¹)							
CAIN	8,11 Bb	9,91 Ab	15,98 Ab	11,33 b	12,70 Ca	18,08 Bb	23,17 Ab	17,98 b
CAIN + SC	13,22 Ca	14,25 Ba	29,34 Aa	18,94 a	13,73 Ca	36,10 Aa	28,49 Ba	26,11 a
Média	10,67 B	12,08 B	22,66 A		13,22 B	27,09 A	25,83 A	
CV (%)	8,21				9,04			
	Massa seca total (g planta⁻¹)							
CAIN	18,34 Cb	27,86 Bb	42,76 Ab	29,65 b	26,94 Ca	44,62 Bb	59,16 Ab	43,57 b
CAIN + SC	23,77 Ca	38,35 Ba	72,98 Aa	45,03 a	28,47 Ca	63,42 Ba	72,88 Aa	54,92 a
Média	21,06 C	33,11 B	57,87 A		27,71 C	54,02 B	66,02 A	
CV (%)	3,70				6,70			

421 ¹Substrato S10 (Beifort®), bagaço e engaço de uva com adição de turfa e casca de arroz carbonizada, adicionado
422 na proporção de 20%;

423 ²ciclo produtivo 2019-2020: finalizado aos 391 dias após o plantio;

424 ³ciclo produtivo 2020-2021: finalizado aos 642 dias após o plantio;
425 *médias seguidas pelas mesmas letras, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si
426 estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
427

428 Com respeito às plantas argentinas, também se observou um efeito positivo do cultivo
429 no substrato com condicionador para a maioria das variáveis analisadas no primeiro ciclo
430 produtivo, excetuando-se a AFE e a massa seca de coroa (Tabela 2), que não apresentaram
431 efeito do substrato, e o peso médio do fruto (Tabela 3), que foi superior no substrato de casca
432 100%. No segundo ciclo, o efeito positivo da presença do condicionador no substrato sobre as
433 respostas das plantas argentinas somente não foi constatado para a produção de massa seca de
434 folhas e vegetativa (Tabela 2) e o peso médio do fruto (Tabela 3).

435 Já para as plantas nacionais, o efeito positivo da adição do condicionador à casca de
436 arroz foi observado para um menor número de variáveis. No primeiro ciclo: IAF e AFE (Tabela
437 2); massa seca de frutos e do total da parte aérea (Tabela 2); número e produção de frutos
438 (Tabela 3). No segundo ciclo, esse efeito ocorreu sobre o IAF, a AFE, massa seca de folhas
439 (Tabela 2) e peso médio dos frutos (Tabela 3). O cultivo no substrato casca de arroz pura
440 propiciou um aumento do peso médio dos frutos das plantas nacionais (Tabela 2) no segundo
441 ciclo produtivo.

442 O efeito isolado dos fatores sobre a RAF e a massa seca da coroa (Tabela 2), verificado
443 no segundo ciclo produtivo, mostrou que plantas argentinas e nacionais, em ambos os
444 substratos, apresentaram RAF superior à das plantas espanholas e que, independentemente da
445 origem das plantas, o cultivo no substrato com condicionador proporcionou uma elevação da
446 RAF. Em relação à massa seca da coroa (Tabela 2), as plantas espanholas foram superiores às
447 argentinas e nacionais e o substrato não afetou essa variável.

448 Os fatores exerceram efeitos independentes também sobre a colheita precoce (Tabela 3)
449 nos dois ciclos. Com respeito à influência da procedência da muda, no primeiro ciclo, observou-
450 se que as plantas espanholas apresentaram maior produção precoce que as nacionais, que

451 superaram as argentinas. No segundo ciclo, as plantas argentinas se igualaram às espanholas e
 452 às nacionais. Contudo, as espanholas continuaram apresentando maior colheita precoce do que
 453 as plantas nacionais. Quanto ao efeito do substrato, a adição do condicionador à casca de arroz
 454 aumentou de maneira significativa a produção precoce em ambos os ciclos.

455

456 **Tabela 3:** Número, massa média, produção total e colheita precoce de frutos de plantas de
 457 morangueiro provenientes de três locais de origem e cultivadas em substratos de casca de arroz
 458 *in natura* pura (CAIN) e casca de arroz *in natura* + substrato comercial (CAIN + SC), em dois
 459 ciclos produtivos subsequentes

Fator Tratamento	Ciclo produtivo 2019-2020				Ciclo produtivo 2020-2021			
	Origem da muda							
	Nacional	Argentina	Espanha	Média	Nacional	Argentina	Espanha	Média
Substrato	Número de frutos							
CAIN	10,00 Bb	10,00 Bb	17,00 Ab	12,33 b	14,00 Ba	15,00 Bb	24,00 Ab	17,67 b
CAIN + SC ¹	17,00 Ba	14,00 Ca	30,00 Aa	20,33 a	15,00 Ba	39,00 Aa	36,00 Aa	30,00 a
Média	13,5 B	12,00 B	23,50 A		14,50 B	27,00 A	30,00 A	
CV (%)		10,05				10,58		
	Massa média de fruto (g fruto⁻¹)							
CAIN	12,17 Ca	13,45 Ba	14,92 Ab	13,51 a	12,57 Cb	14,50 Ba	15,19 Ab	14,09 b
CAIN + SC	10,47 Cb	12,24 Bb	16,1 Aa	12,94 b	13,61 Ca	14,39 Ba	15,72 Aa	14,57 a
Média	11,32 C	12,85 B	15,51 A		13,09 C	14,45 B	15,46 A	
CV (%)		1,38				1,78		
	Produção total³ (g planta⁻¹)							
CAIN	125,67 Bb	122,71 Cb	248,93 Ab	165,77b	180,12Ba	222,67 Bb	369,52Ab	257,44b
CAIN + SC	174,71 Ca	183,27 Ba	477,75 Aa	278,58a	199,62Ba	561,33 Aa	560,59Aa	440,51 ^a
Média	150,19 B	152,99 B	363,34 A		189,87 C	392,00 B	465,06 A	
CV (%)		9,39				10,63		
	Colheita precoce² (g planta⁻¹)							
CAIN	-	-	-	51,35 b	-	-	-	71,62 b
CAIN + SC	-	-	-	74,32 a	-	-	-	159,46 a
Média	63,51 B	24,32 C	100,0 A		75,68 B	121,62AB	151,35 A	
CV (%)		18,02				16,36		

460 ¹ Substrato S10 (Beifort®), bagaço e engaço de uva com adição de turfa e casca de arroz carbonizada, adicionado
 461 na proporção de 20%;

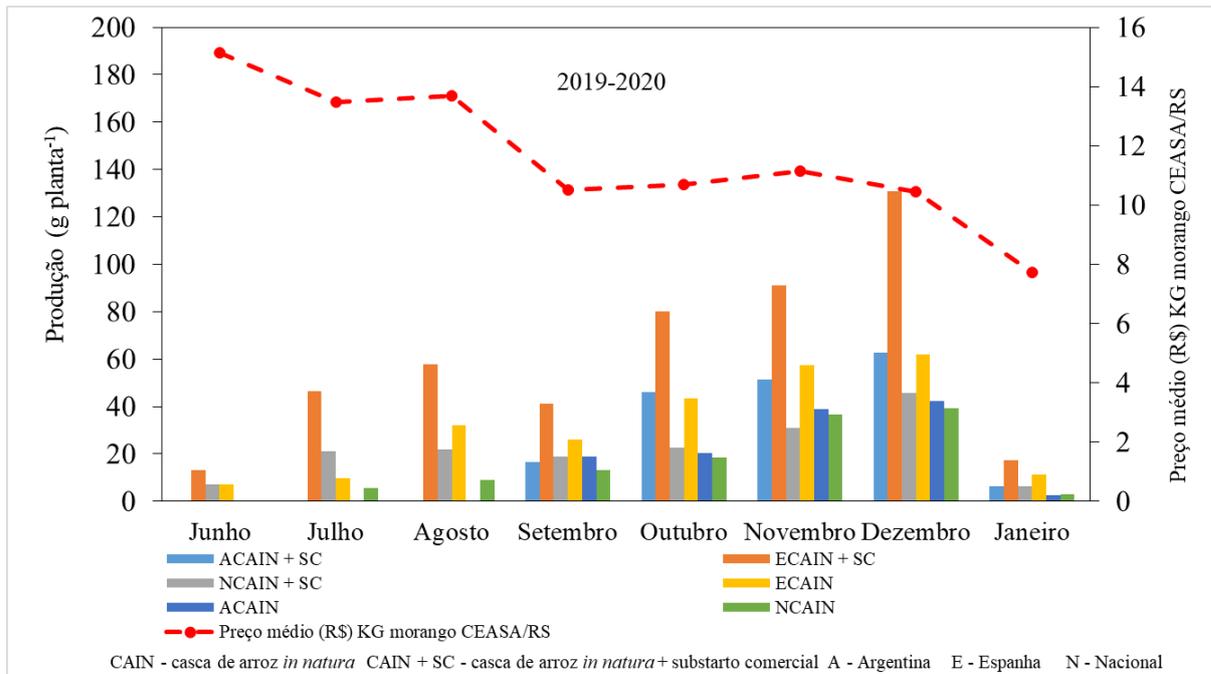
462 ²colheita de abril a setembro;

463 *médias seguidas pelas mesmas letras, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si
 464 estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

465

466 A análise da distribuição das colheitas dos frutos nos dois anos do estudo (Figuras 1 e
 467 2) indica que as plantas de procedência espanhola apresentaram superioridade de produção nos
 468 dois substratos.

469

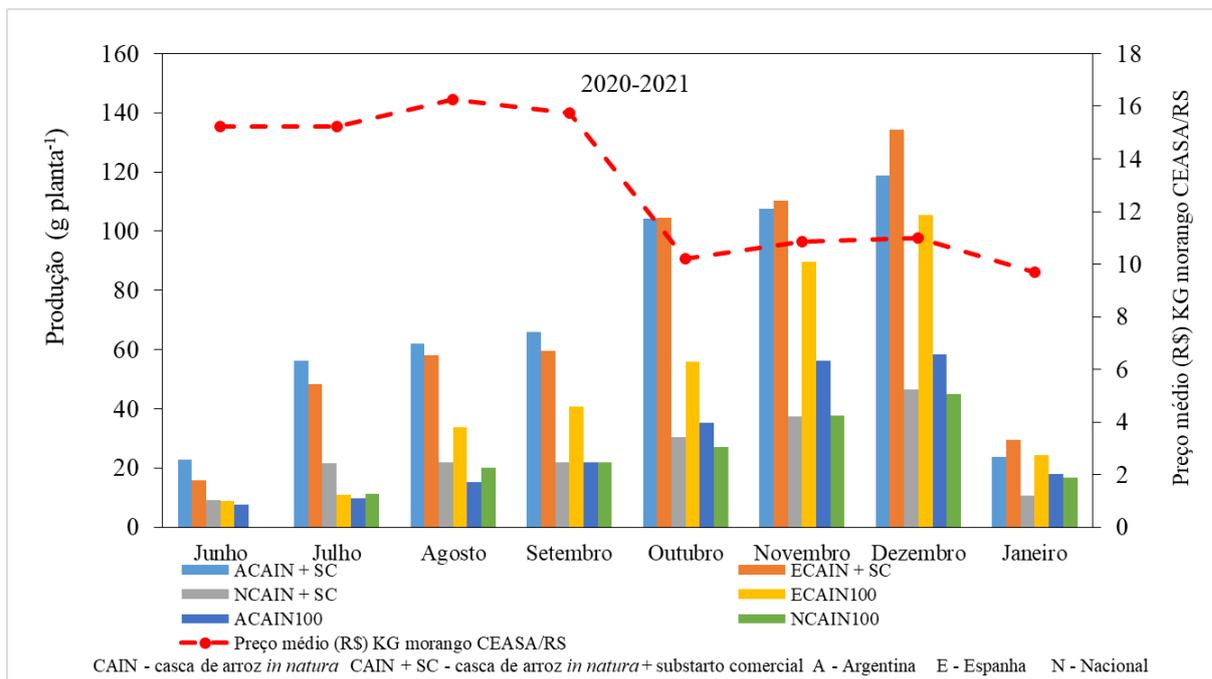


470 **Figura 1:** Distribuição da colheita de plantas de morangueiro de diferentes procedências
 471 [Argentina (A), Espanha (E) e nacional (N)] cultivadas em dois substratos [casca de arroz *in*
 472 *natura* (CAIN) e casca de arroz *in natura* mais substrato comercial (CAIN + SC)] e preço médio
 473 do morango na CEASA/RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul) durante os meses
 474 da safra do primeiro ciclo produtivo (2019/2020).

475

476 No primeiro ciclo de produção, as primeiras colheitas foram realizadas com as plantas
 477 de origem espanhola e nacional. Em ambos os substratos houve produção de frutos para as
 478 plantas espanholas em junho, período que caracterizou o início das colheitas. As plantas de
 479 origem nacional, no mesmo mês, apenas apresentaram produção de frutos quando cultivadas
 480 em substrato casca de arroz com adição de condicionador (Figura 1). A partir do mês de julho,
 481 as produções passaram a ser das plantas espanholas e nacionais em ambos os substratos.

482 As plantas de origem Argentina iniciaram sua produção de frutos apenas em setembro
 483 nos dois substratos. A partir desse mês, as plantas de todas as procedências apresentaram
 484 produção de frutos em ambos os substratos até o mês de janeiro de 2020. Nesse período houve
 485 diminuição da produção das plantas das três procedências cultivadas nos dois substratos (Figura
 486 1).
 487



488

489 **Figura 2:** Distribuição da colheita e preço médio do morango na CEASA/RS (Central de
 490 Abastecimento do Rio Grande do Sul), diante manutenção de plantas de diferentes procedências
 491 [Argentina (A), Espanha (E) e nacional (N)] cultivadas em dois [substratos casca de arroz *in*
 492 *natura* (CAIN) e casca de arroz *in natura* + substrato comercial (CAIN + SC)], durante os
 493 meses da safra do segundo ciclo produtivo (2020/2021).

494

495 No segundo ciclo de produção (2020/2021), o início das colheitas das plantas das três
 496 procedências ocorreu no mês de junho em ambos os substratos, com exceção das plantas de
 497 procedência nacional, que apresentaram colheitas apenas no substrato com adição do
 498 condicionador (Figura 2). A partir do mês de julho e até janeiro, todas as plantas apresentaram

499 produção de frutos nos dois substratos, ocorrendo queda de produção em janeiro de 2021
500 (Figura 2).

501

502 **4 DISCUSSÃO**

503

504 **4.1 Propriedades físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos**

505 Os resultados referentes às propriedades físicas dos substratos ao final de cada ciclo
506 produtivo, principalmente ao final do segundo ciclo, sugerem que houve degradação tanto do
507 substrato casca de arroz pura como da mistura casca de arroz + substrato comercial, verificado
508 principalmente pelo aumento dos valores de PT e redução do EA, decorrentes do aumento da
509 densidade do material e elevação da CRA (Tabela 1), com exceção do EA da casca de arroz
510 pura, que ao final do segundo ciclo produtivo apresentou variação praticamente nula em relação
511 ao valor apresentado aos 391 DAP. Estudos realizados por Neutzling *et al.* (2018), com a cultura
512 do pepineiro conserva, e Dutra *et al.* (2021), com minimelancia, relatam alterações muito
513 próximas a essas nos substratos à base de casca de arroz pura após sua reutilização.

514 O incremento da PT indica que o afastamento e quebra das partículas e da presença de
515 filamentos das raízes nos substratos culminou na presença de partículas menores e levou a um
516 aumento dos microporos, que coincidiu com o aumento de AFD e CRA de ambos substratos
517 aos 642 DAP. Sabe-se que existe uma relação direta entre o EA e a CRA, ou seja, com o
518 aumento da CRA ocorre a diminuição do EA e vice-versa (Zorzeto *et al.*, 2014). Esse fato
519 ocorreu tanto no substrato de casca pura quanto no substrato com condicionador, nos quais o
520 EA foi sendo reduzido durante o período experimental, passando de 40% para 35% e de 52%
521 para 49%, no início e ao final do primeiro ciclo produtivo, até que, no final do segundo ciclo,
522 baixou para 34% e 36%, respectivamente (Tabela 1).

523 Como consequência, os valores de CRA foram se elevando ao longo do tempo de uso
524 dos substratos. No primeiro ciclo produtivo, o substrato casca de arroz pura tinha CRA de 18%

525 e o substrato com adição de material condicionante de 30% (Tabela 1). No final do segundo
526 ciclo produtivo, a CRA aumentou para 28% e 62%, respectivamente. Como consequência, os
527 valores de CRA foram se elevando ao longo do tempo de uso dos substratos. No primeiro ciclo
528 produtivo, o substrato casca de arroz pura tinha CRA de 18% e o substrato com adição de
529 material condicionante de 30% (Tabela 1). No final do segundo ciclo produtivo, a CRA
530 aumentou para 28% e 62%, respectivamente.

531 Outra relação existente entre as propriedades dos substratos e confirmada neste trabalho
532 foi o aumento da AFD como consequência da diminuição do EA.

533 A adição do condicionador à casca de arroz pode ser vantajosa para o manejo da
534 irrigação, uma vez que proporcionou elevação significativa nos valores de AFD durante o ciclo
535 produtivo (embora inicialmente a casca pura tenha apresentado maior AFD) e de CRA, ao
536 mesmo tempo em que manteve um EA maior, pelo menos até o início do segundo ciclo
537 produtivo, em comparação à casca pura (Tabela 1). Isso porque a introdução de partículas
538 menores provenientes da incorporação do substrato comercial promoveu um rearranjo das
539 partículas da casca de arroz. Além disso, a presença de componentes orgânicos com menor
540 relação C/N (como o composto do bagaço e engaço de uva e a turfa) favoreceu a ação dos
541 microorganismos, garantindo que o processo degradativo fosse mais rápido do que na casca de
542 arroz pura, o que estimulou a maior redução relativa do EA ao final do segundo ciclo produtivo,
543 igualando-se basicamente ao substrato de casca de arroz pura nesse período (Tabela 1). Nesse
544 sentido, as características dos dois substratos foram melhoradas, uma vez que, quanto menor o
545 EA e maior a AFD, menor será a necessidade de irrigação do substrato (Fermino *et al.*, 2021),
546 mas há também maior risco de encharcamento via irrigação, quando não controlada de forma
547 adequada.

548 O substrato casca de arroz + substrato comercial apresentou ao final do segundo ciclo
549 uma CRA de 62%, estando dentro da faixa considerada ideal para CRA de substratos, que é de

550 40 a 80%, diferente da casca de arroz pura, cuja CRA, mesmo ao final do segundo ciclo
551 produtivo, se encontrava em 28%, o que indica uma maior dificuldade em relação à manutenção
552 de um teor adequado de água para as plantas (Tabela 1).

553 Em relação às características químicas, as maiores CEs (Tabela 1) verificadas para a
554 mistura da casca de arroz com o substrato comercial estão relacionadas à maior capacidade de
555 troca catiônica (CTC) conferida pela presença do composto orgânico e da turfa no material,
556 assim como ao regime de alta frequência de fornecimento de solução nutritiva.

557 Os valores de pH dos substratos (Tabela 1) apresentaram variações de ordem distinta
558 durante os ciclos produtivos. O substrato casca de arroz pura no início apresentou pH mais
559 elevado, em comparação ao substrato com adição de condicionador, com redução do pH aos
560 391 DAP e elevação aos 642 DAP. A redução de 1,0 ponto do pH, verificada ao final do
561 primeiro ciclo produtivo, pode ser atribuída ao lento processo de degradação da casca de arroz,
562 tendo como resultado a manutenção de partículas maiores, as quais facilitaram maior “lavagem”
563 do substrato a cada fornecimento de solução nutritiva. Isso, associado à reduzida CTC da casca
564 de arroz (Delarmelina *et al.*, 2014), facilita a presença de íons H^+ na superfície das partículas.
565 Por outro lado, o substrato comercial empregado como condicionador, por conter na sua
566 composição composto orgânico, oriundo de engaço e bagaço de uva, turfa e casca de arroz
567 carbonizada, apresenta pH de 5,0 e CTC de 300 mmol/kg. Dessa forma, a sua adição à casca de
568 arroz resultou numa mistura com pH mais baixo (Tabela 1). Adicionalmente, a presença de
569 partículas de menor tamanho e com maior CTC conferiu maior poder tampão ao material, o que
570 garantiu uma certa estabilidade dos valores de pH durante o período experimental.

571 Por fim, pode-se inferir que o processo de degradação da casca de arroz é lento, mas a
572 mistura de condicionador acelera o tempo e o ritmo de sua degradação. A ação de
573 microorganismos presentes no material e o constante fornecimento de solução nutritiva podem
574 causar modificações importantes no pH e conferir melhorias às propriedades físicas dos

575 substratos após um período de cultivo, já que auxiliam na fragmentação e decomposição do
576 material.

577

578 **4.2 Crescimento da planta e produção de frutos**

579 Independente do substrato empregado, de forma geral, os melhores resultados foram
580 obtidos com as plantas de origem espanhola, no primeiro e segundo ciclo produtivo, com
581 exceção de algumas variáveis (Tabelas 2 e 3).

582 As plantas cultivadas com adição do condicionador ao substrato apresentaram maiores
583 valores de IAF (Tabela 2), independente do ciclo produtivo e da origem das plantas, efeito da
584 presença de partículas menores incorporadas em mistura a casca de arroz *in natura*, que
585 ocasionaram a redução do EA, e, conseqüentemente, maior CRA, além de elevar a CTC do
586 substrato – características que permitiram maior reserva hídrica e de nutrientes minerais no
587 ambiente de crescimento radicular, favorecendo maior absorção, que se traduziu em maior
588 expansão da área foliar.

589 Entre as plantas de diferentes origens no ciclo produtivo 2019-2020, as espanholas
590 quando cultivadas em substrato de casca de arroz com adição de substrato comercial
591 apresentaram maior IAF, fato que não se repetiu quando o substrato foi a casca de arroz pura,
592 porque a baixa CRA oferecida por esse substrato não permitiu que as plantas se desenvolvessem
593 e expressassem suas reservas armazenadas na fase de produção da muda. Contrariamente, no
594 substrato casca de arroz *in natura* 100%, as plantas de origem argentina foram as que
595 apresentaram maior IAF. Isso é justificado pelo período de plantio, que ocorreu em junho, época
596 de baixa temperatura e radiação solar e, portanto, reduzida demanda hídrica, o que facilitou o
597 estabelecimento inicial dessas plantas em um substrato com baixa CRA (Tabela 1).

598 Associado a isso, o substrato de casca pura, nessa época já estava em uso há quatro
599 meses e, portanto, apresentava-se mais decomposto e supõe-se que já havia sofrido uma certa

600 elevação da CRA em relação ao valor inicial. Por outro lado, as mudas espanholas e nacionais,
601 foram plantadas em março, mês de temperaturas e radiação solar ainda muito elevadas, e esse
602 fato em conjunto com o plantio no substrato de casca pura no início do experimento,
603 possivelmente causou estresse hídrico e dificultou o crescimento inicial, com reflexos negativos
604 para a expansão das folhas. No segundo ciclo produtivo, com o aumento do tempo de utilização
605 dos substratos, houve elevação dos valores de IAF obtidos, com resultados interessantes para
606 as plantas importadas, chegando as de origem argentina a atingir IAF de $1,76 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Em ambos
607 os substratos, as plantas de origem nacional apresentaram baixos índices, ocasionados em
608 função das baixas reservas de amido durante a fase de produção das mudas.

609 Em relação à AFE e à RAF (Tabela 2), os dados mostram que plantas espanholas
610 apresentaram menores valores em relação às plantas argentinas e nacionais, o que pode indicar
611 que são plantas mais eficientes energeticamente, porque necessitam de menor área foliar para
612 acumular 1 g de massa seca nas folhas e no total dos seus órgãos, conforme conceitos
613 explicitados por Benincasa (2003). Quanto aos tipos de substratos, a casca de arroz com adição
614 de substrato comercial promoveu aumento da RAF e da AFE (Tabela 2), possivelmente pela
615 incorporação de partículas de menores tamanhos e a maior CTC do substrato, que podem ter
616 auxiliado na expansão foliar, o que fica evidente no IAF e contribui para maiores valores de
617 RAF e AFE.

618 As melhores respostas de crescimento (Tabela 2) e produção de frutos (Tabela 3),
619 obtidas com o uso das plantas importadas, podem ser atribuídas ao número de horas de frio que
620 essas receberam no viveiro de produção de mudas até a sua distribuição para os agricultores.
621 Esses fatores impulsionam um melhor desempenho de crescimento no campo. Mudanças de dia
622 neutro oriundas da Espanha recebem de 400 a 600 horas de frio (temperaturas menores que $7,2$
623 $^{\circ}\text{C}$). Esse fato interfere no acúmulo de carboidratos na forma de amido, principalmente nas
624 raízes e coroa das plantas, que culminam em melhores respostas de desempenho vegetativo e

625 produtivo. De acordo com Pagnan (2019), as mudas são colhidas em dezembro, final do inverno
626 na Espanha e, posteriormente, armazenadas em temperaturas de -1 a -2 °C, sendo consideradas
627 mudas frigorificadas. Já as mudas oriundas da Argentina recebem cerca de 300 horas de frio no
628 viveiro de produção. No mesmo sentido, por serem produzidas em regiões de clima favorável,
629 apregoa-se que apresentam grande quantidade de amido nas raízes e coroa, que refletem no seu
630 desempenho. Plantas com boa capacidade fisiológica e sanitária, apresentam maior taxa de
631 sobrevivência pós plantio, bem como rápido crescimento e desenvolvimento de flores e frutos.
632 Fatores esses que são resultantes a redução das temperaturas e do fotoperíodo, que culminam
633 em maior acúmulo de reservas na forma de carboidratos, resultando em maior espessura de
634 coroa e raízes (Menzel e Smith, 2012). Nesse sentido, pode-se resumir que mudas importadas,
635 pelo fato de serem produzidas em condições de alta radiação solar e baixa temperatura,
636 principalmente noturna, possuem maior acúmulo de reservas nas suas raízes e coroa, que
637 refletem em um maior crescimento inicial pós plantio. Ou seja, diante das baixas temperaturas
638 noturnas, as plantas apresentam uma redução da respiração celular, na qual gera um aumento
639 da fotossíntese líquida e acarreta por sua vez em maior acúmulo de carboidratos (Palencia *et*
640 *al.*, 2013)

641 Os menores valores alcançados pelas plantas de procedência Argentina frente às plantas
642 nacionais no ciclo produtivo 2019-2020, no que se refere ao número de frutos no substrato com
643 adição de condicionador e a igualdade de produção de frutos quando utilizado o substrato casca
644 de arroz pura, podem ser justificados pelo período de plantio das mesmas (Tabela 3). Mudas
645 nacionais são disponibilizadas no período ideal de cultivo, como meados de março e abril. Já
646 mudas da Argentina são disponibilizadas para o plantio em meados de junho. Esse fator
647 interfere diretamente, diminuindo a produção inicial de frutos, tanto pelo plantio tardio quanto
648 pelo fato de ser realizado em época de baixa radiação solar e temperatura, condições que
649 limitam o metabolismo das plantas, reduzindo a velocidade de crescimento inicial.

650 Entretanto, apesar do atraso no plantio das mudas argentinas em relação às nacionais,
651 as provenientes da Argentina conseguiram expressar seu potencial genético na casca de arroz
652 pura, igualando-se às nacionais. Esse fato pode ser justificado pelo período em que as plantas
653 argentinas foram plantadas, período de menores temperaturas e que não demandavam grandes
654 quantidades hídricas para suprimento da cultura, além da maior decomposição do substrato no
655 período de plantio. As mudas nacionais, por sua vez, conseguiram expressar resultados
656 estatisticamente iguais às argentinas, por possuírem uma camada protetora de substrato
657 envolvendo as raízes, favorecendo seu estabelecimento inicial. Contrariamente, no substrato
658 com adição de condicionador, infere-se que mediante o período de plantio ter ocorrido em época
659 de menor necessidade de fertirrigações e pelo fato do substrato possuir maior capacidade de
660 retenção de água, esse pode ter apresentado umidade excessiva e ter prejudicado o
661 estabelecimento inicial das plantas argentinas, fato que refletiu em menor número de frutos
662 comparado às nacionais.

663 Ainda, as plantas oriundas da Argentina obtiveram maior produção total quando
664 cultivadas em substrato com adição de substrato comercial à composição. O menor número de
665 frutos produzidos pelas plantas argentinas nesse substrato resultaram em maior peso médio de
666 frutos e, conseqüentemente, produção total. Além do potencial genético das plantas terem se
667 expressado positivamente nesse substrato, a maior manutenção de umidade nas raízes e
668 acomodação, perante a presença de partículas de menor tamanho, favoreceu melhores
669 resultados.

670 A variável número de frutos apresentou igualdade de produção para as plantas
671 argentinas e nacionais quando cultivadas em substrato casca de arroz pura. Quando empregado
672 o substrato casca de arroz com adição de condicionador, as plantas nacionais apresentaram
673 superioridade em relação as argentinas. Contudo, apesar do plantio em época diferente e mais
674 tardio que as demais procedências, plantas advindas da Argentina apresentaram produção total

675 média de 152,99 g planta⁻¹, respostas próximas das nacionais, que atingiram 150,19 g planta⁻¹,
676 correspondendo a 1,12 kg m⁻² e 1,14 kg m⁻², respectivamente (Tabela 3).

677 A análise do segundo ciclo produtivo mostra que, para todas as variáveis produtivas, as
678 plantas oriundas da Argentina apresentaram superioridade quando comparadas às nacionais
679 (Tabela 3). Já as mudas de procedência espanhola foram superiores no número de frutos, peso
680 médio de frutos e produção total quando comparadas com as mudas nacionais e argentinas, com
681 exceção da produção total das mudas argentinas, que se igualou a produção total das espanholas,
682 chegando respectivamente a 561,33 e 560,59 g planta⁻¹ (Tabela 3).

683 Apesar das mudas nacionais estarem disponíveis nas épocas mais indicadas para o
684 plantio, as condições climáticas reinantes nos viveiros brasileiros não favorecem a qualidade
685 das mesmas. Apregoa-se que apenas regiões serranas do RS seriam adequadas para a produção
686 de mudas de melhor qualidade fisiológica, devido às características climáticas locais, atingindo
687 temperaturas abaixo de 10 °C. As mudas obtidas para realização deste trabalho foram
688 produzidas no município de Farroupilha, que compreende a região da Serra gaúcha. Apresenta
689 uma altitude aproximada de 760 m, sendo que esse fato caracteriza como sendo uma das regiões
690 do estado do RS com maior número de horas de frio (Matzenauer *et al.*, 2005). Apesar da região
691 ser caracterizada por suas baixas temperaturas, essas não atingem as temperaturas que a região
692 nordeste do estado do RS atinge, como, por exemplo, Bom Jesus, São Francisco de Paula e
693 Vacaria. Esse fato pode justificar as menores respostas de produtividade e desempenho
694 vegetativo das mesmas, mediante o local de propagação da planta matriz que interferem na
695 concentração de carboidratos nas raízes e coroas, nas quais afetam o crescimento da planta no
696 campo (Lieten, 2000).

697 O segundo ciclo produtivo iniciou aos 391 DAP, com a realização de uma poda drástica
698 das plantas para sua manutenção. Assim, para as três procedências de plantas, essa data foi o
699 marco de início do segundo ciclo produtivo. Percebe-se, assim, no ciclo de 2020-2021, que as

700 plantas espanholas mantiveram o seu padrão de melhores respostas, destacando-se na maioria
701 dos parâmetros referentes à produção, como maior peso médio de frutos e produção total,
702 quando verificadas as médias. Entretanto, quando analisada a interação, percebe-se que
703 apresentou superioridade para número de frutos e produção total quando cultivada em substrato
704 casca de arroz pura. As argentinas igualaram-se estatisticamente às espanholas em relação ao
705 número de frutos (30 e 27) e à massa seca de frutos (25,83 e 27,09 g/planta), respectivamente,
706 quando comparadas as médias nos dois substratos (Tabela 3). Em contrapartida, as plantas
707 nacionais apresentaram menores médias quando considerados ambos os substratos em todas as
708 variáveis de produtividade (Tabela 3). Em concordância, Rosa (2020) também verificou
709 respostas de produtividade inferiores das mudas nacionais em comparação com as mudas
710 importadas do Chile.

711 O início da colheita no segundo ciclo produtivo antecedeu, consideravelmente, o que
712 ocorreu no primeiro, exceto para as plantas advindas da Argentina. No primeiro ciclo, as plantas
713 oriundas da Espanha levaram 91, as nacionais 73 e as Argentinas 70 DAP para iniciarem suas
714 colheitas. Já no ciclo de 2020-2021, as colheitas iniciaram aos 66, 62 e 85 DAPD,
715 respectivamente. Maior quantidade de frutos das plantas das diferentes procedências foi obtida
716 na colheita precoce no segundo ano de cultivo (Figura 2).

717 Além do fator genético entre as diferentes procedências e das condições de cultivo e
718 manejo, fatores como a temperatura também influenciam na emissão e estabelecimento floral
719 das plantas. Segundo Silva, Dias e Maro (2007), temperaturas entre 15 °C e 18 °C favorecem a
720 indução floral e abaixo de 10 °C e acima de 25 °C inibem. As temperaturas dentro da estufa
721 estiveram dentro desse limite no segundo ciclo produtivo, atingindo temperaturas máximas e
722 mínimas médias de 23,5 °C e 12,5 °C, respectivamente. No primeiro ciclo produtivo, as médias
723 máximas e mínimas de temperatura atingiram 32,6 °C e 18,5 °C, fato esse que pode ter
724 influenciado nas respostas da cultura no período.

725 Para as plantas de todas as procedências estudadas, as melhores respostas quanto ao
726 número, peso médio e produção de frutos (Tabela 3) foram verificadas no cultivo em substrato
727 de casca de arroz com adição de material condicionante, na qual a adição de condicionador
728 favoreceu o aumento da CRA e conseqüente redução do EA, proporcionando maior umidade
729 ao redor das raízes, favorecendo as variáveis de produção. Isso coincide com o indicado por
730 Godoi *et al.* (2009) sobre o efeito negativo de substratos que possuem baixa capacidade de
731 retenção de água sobre o crescimento e produção de plantas de morangueiro.

732 Apesar dos melhores resultados terem sido obtidos com a incorporação de um material
733 condicionador à casca de arroz pura, essa também demonstrou incremento de produtividade
734 com o tempo de uso, visto que no segundo ciclo produtivo foi alcançada uma produção superior
735 em relação à obtida no primeiro ciclo, para as três procedências de plantas em ambos os
736 substratos. Esse fato está relacionado à degradação das partículas da casca de arroz e da
737 presença de filamentos de raízes ao longo do ciclo, que levaram a um aumento da porosidade
738 total, da água facilmente disponível e da capacidade de retenção de água, bem como a redução
739 do espaço de aeração, conforme mencionado anteriormente, o que favoreceu o desempenho
740 produtivo das plantas.

741 Mesmo com a qualidade genética das plantas, com os avanços tecnológicos de manejo
742 e produção que proporciona oferta do morango durante o ano todo, as condições climáticas
743 desfavoráveis durante alguns meses do ano provocam oscilações de produção e,
744 conseqüentemente, do preço, sendo o maior valor oferecido pelo kg do fruto no mês de maio
745 (Antunes, Bonow e Reisser Júnior, 2020). No período compreendido entre abril e setembro, o
746 valor pago pelo kg em junho, julho e agosto foi em média de R\$ 14,00, no primeiro ciclo de
747 produção (Figura 1). Entretanto, mesmo que o volume ofertado ao mercado seja baixo, nessa
748 época torna-se interessante, do ponto de vista econômico, a produção.

749 Plantas oriundas da Espanha apresentaram maiores produções durante todo o ciclo
750 produtivo de 2019-2020 (Figura 1). E, ainda, no período de menor oferta do fruto no mercado,
751 as plantas espanholas apresentaram maior produção quando cultivadas no substrato casca de
752 arroz com adição de substrato comercial. No período compreendido entre abril e setembro o
753 valor pago pelo kg foi em média de R\$ 14,00, no primeiro ciclo de produção (Figura 1), e de
754 R\$ 16,00 no segundo ciclo. Mesmo que o volume ofertado ao mercado seja baixo, nessa época
755 a produção de frutos torna-se interessante do ponto de vista econômico. Plantas oriundas da
756 Espanha apresentaram maiores produções durante todo o ciclo produtivo de 2019-2020 (Figura
757 1), já no segundo ciclo as mudas oriundas da Argentina também apresentaram maior produção
758 em relação às nacionais. Além disso, a adição de substrato comercial à casca de arroz
759 proporcionou aumento de produção precoce de frutos.

760 No período de junho a setembro, as plantas nacionais também apresentaram produção
761 comercial de frutos, quando cultivadas no substrato casca de arroz com adição de substrato
762 comercial (Figura 1). Em contrapartida, as plantas da Argentina, por causa do plantio tardio,
763 iniciaram sua produção somente em setembro, período em que o preço médio do kg do fruto no
764 mercado no ano de 2019 diminuiu para R\$ 10,00.

765 No segundo ciclo, com a permanência das plantas e do substrato, as produções em todos
766 os meses foram superiores às obtidas no primeiro ciclo, como pode ser observado na Figura 2
767 e comprovado pela Tabela 3. O pico produtivo das plantas argentinas e espanholas cultivadas
768 no substrato com adição de condicionador foi no mês de setembro, coincidindo com um dos
769 meses de maior preço verificado durante a colheita desse ciclo. Para esses tratamentos, as
770 produções alcançadas foram de 66,05 g planta⁻¹ e 59,65 g planta⁻¹, respectivamente.

771 No segundo ciclo produtivo, as plantas aumentaram consideravelmente sua
772 produtividade por todo o período quando comparado ao primeiro, incluindo os meses de junho
773 a setembro, que apresentaram maiores médias de valor pago ao fruto, com valor de R\$ 16,00.

774 O presente trabalho ratificou a afirmação de Barreto *et al.* (2018), ao demonstrar uma
775 vez mais que a dependência do fornecimento de mudas advindas de outros países da América
776 do Sul pode acarretar atraso de plantio e, conseqüentemente, do início da colheita. A utilização
777 de mudas nacionais contorna o problema do atraso e diminui a dependência de mudas
778 importadas. A utilização de mudas nacionais, mesmo que consideradas com qualidade
779 fisiológica inferior às importadas, favorece a produção de frutos em período de menor oferta
780 no mercado, cujo período possui valor pago pelo fruto mais elevado. Dessa forma, é interessante
781 o produtor possuir na sua propriedade plantas de distintas procedências para que tenha maior
782 uniformidade de distribuição da colheita.

783 Utilizar plantas de distintas procedências garante que o produtor tenha maior constância
784 de produção, especialmente, a oferta de produto quando os preços se encontram em alta. Neste
785 trabalho foi possível constatar que a permanência das plantas de um ciclo para outro é vantajosa
786 devido à maior produção dos frutos das plantas das três procedências em todos os meses
787 avaliados do segundo ano, principalmente pela precocidade na produção. A utilização de
788 substrato de casca de arroz pura com adição de substrato comercial garante um melhor
789 crescimento das plantas, principalmente quando as plantas são mantidas para um segundo ano,
790 pois as características físico-químicas dos substratos são melhoradas.

791

792 **5 CONCLUSÃO**

793 Em relação ao cultivo do morangueiro em substratos à base de casca de arroz *in natura*,
794 pode-se afirmar que plantas oriundas da Espanha apresentam maior precocidade e produção
795 total em primeiro ciclo produtivo, independente do substrato. Em segundo ciclo produtivo,
796 plantas argentinas se equiparam às espanholas e ambas se mantêm superiores às plantas
797 produzidas no Brasil quanto à produção total de frutos.

798 A manutenção das plantas por dois ciclos produtivos promove a precocidade de colheita,
799 favorecendo a disponibilidade de oferta de frutos no período de junho a setembro do segundo
800 ciclo produtivo, quando o valor pago é maior que nas demais épocas do ano.

801 Em relação aos substratos, pode-se concluir que a permanência de substratos por dois
802 ciclos produtivos proporciona melhorias nas propriedades físicas dos mesmos. Contudo, o
803 substrato com adição de condicionador apresenta esses parâmetros em valores mais elevados e
804 garante maior crescimento da parte aérea e produção de frutos das plantas.

805

806 REFERÊNCIAS

807 Antunes, L.E.C., Cocco, C., 2012. Tecnologia para a produção de frutas do morangueiro.
808 Agropecuária Catarinense, 25(2), 61-65.

809 Antunes, L.E.C., Bonow, S., Reisser Júnior, C., 2020. Morango: crescimento constante
810 em área e produção. Embrapa, Anuário HF.

811 Barreto, C. F. *et al.*, 2018. Concentration and Periods of Application of Prohexadione
812 Calcium in the Growth of Strawberry Seedlings. Semina: Ciências Agrárias, 39(5), 1937-1944.

813 Benincasa, M.M.P., 2003. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. 2. ed.
814 Funep, Jaboticabal.

815 Clima-data.org. Clima Plottier (Argentina). [https://pt.climate-data.org/america-do-](https://pt.climate-data.org/america-do-sul/argentina/neuquen/plottier-764066/)
816 [sul/argentina/neuquen/plottier-764066/](https://pt.climate-data.org/america-do-sul/argentina/neuquen/plottier-764066/) (acesso em 25 jun. 2022).

817 Delarmelina, W.M. *et al.*, 2014. Diferentes substratos para a produção de mudas de
818 *Sesbania virgata*. Floresta e ambiente, 21, 224-233.

819 Diel, M.I. *et al.*, 2018. Cultivo de Morango Em Substrato: Produtividade e Qualidade Dos
820 Frutos São Afetados Pela Origem Da Cultivar e Substratos. Ciência e Agrotecnologia, 42(3),
821 229-239.

- 822 Dutra, J.G. *et al.*, 2021. Fruit Production and Quality of Mini-Watermelon with Different
823 Number of Stems, in Troughs Cultivation System and Substrate Reuse. *Semina: Ciências*
824 Agrárias, 42(2), 471-486.
- 825 Fermino, M H. *et al.*, 2021. Produção de mudas de citros em recipiente: uma alternativa
826 para agricultores familiares do Rio Grande do Sul. *Circular: divulgação técnica*, 11. DDPA,
827 Porto Alegre.
- 828 Godoi, R. dos S. *et al.*, 2009. Produção e Qualidade Do Morangueiro Em Sistemas
829 Fechados de Cultivo Sem Solo Com Emprego de Substratos. *Ciência Rural*, 39, 1039-1044.
- 830 Höhn, D. *et al.*, 2018. Rice Husk Substrates and Pruning Time for Gypsophila Production.
831 *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 475-483.
- 832 Lieten, F., 2000. Recent advances in strawberry plug transplant technology. *Acta*
833 *horticulturae*, 513, 383-388.
- 834 Manakasem, Y., Goodwin, P.B., 2001. Responses of Dayneutral and Junebearing
835 Strawberries to Temperature and Daylength. *The Journal of Horticultural Science and*
836 *Biotechnology*, 76, 5, 629-635.
- 837 Matzenauer, R. *et al.*, 2005. Horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa*
838 *Agropecuária Gaúcha*, 11(1/2), 71-76.
- 839 Menzel, C.M., Smith, L., 2012. Relação entre os níveis de carboidratos não estruturais,
840 data de escavação, ambiente de crescimento do viveiro e resfriamento em mudas de morango
841 em ambiente subtropical. *HortScience*, 47(4), 459-464.
- 842 Neutzling, C. *et al.*, 2018. Reuse of a Raw Rice Husk Substrate after Tomato Cultivation
843 for the Production of Pickling Cucumber Hybrids (*Cucumis Sativus* L.) in a Leachate
844 Recirculation System. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(3), 602-610.
- 845 Oliveira, R.P., Nino, A.F.P., Scivittaro, W.B., 2005. Mudas certificadas de morangueiro:
846 maior produção e melhor qualidade da fruta. *A Lavoura*, Rio de Janeiro, 108(655), 35-38.

- 847 Oliveira, R.P. de, Scivittaro, W.B., 2006. Desempenho Produtivo de Mudanças Nacionais e
848 Importadas de Morangueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28, 520-522.
- 849 Pagnan, H. A., 2019. Mudanças da Segóvia – Espanha. *Revista Campo e Negócios*,
850 Uberlândia, Minas Gerais. [https://revistacampoenegocios.com.br/morango-mudas-da-segovia-](https://revistacampoenegocios.com.br/morango-mudas-da-segovia-espanha/)
851 [espanha/](https://revistacampoenegocios.com.br/morango-mudas-da-segovia-espanha/) (acesso em 21 jun. 2022).
- 852 Perin, L. *et al.*, 2018. Trough and Pot Crop Systems with Leaching Recirculation and
853 Defoliation Levels for Mini Tomatoes. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40.
- 854 Portela, I.P., 2015. Sistemas de Cultivo Sem Solo Com Solução Nutritiva Recirculante e
855 Cultivares de Morangueiro. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar),
856 Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- 857 Rahman, M.M. *et al.*, 2014. Effect of Planting Time and Genotypes Growth, Yield and
858 Quality of Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 167, 56-62.
- 859 Rosa, D.S.B., 2020. Propagação e reutilização de substrato para produção de morangueiro
860 em sistema com recirculação da solução nutritiva. Tese (Mestrado em Agronomia),
861 Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- 862 Signorini, C.B., 2020. Substrato de casca de arroz in natura e condicionadores para a
863 cultura do morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva. Tese (Doutorado em
864 Agronomia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.
- 865 Silva, A.F., Dias, M.S.C., Maro, L.A.C., 2007. Botânica e Fisiologia Do Morangueiro.
866 *Informe Agropecuário*, 28(236), 7-13.
- 867 Sonneveld, C., Straver, N., 1994. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in
868 water or substrates. 10th ed. The Netherlands, proef station voor Tuinbouw onder Glas Te
869 Naaldwijk. Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, 8.
- 870 Zorzeto, T.Q. *et al.*, 2014. Caracterização física de substratos para plantas. *Bragantia*, 73,
871 300-311.

5 Artigo 2

Reutilização de substrato de casca de arroz *in natura* no cultivo do morangueiro em sistema de calhas com recirculação do lixiviado

(Segundo Normas da Revista Acta Scientiarum Agronomy)

1 **REUTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO DE CASCA DE ARROZ *IN NATURA* NO**
2 **CULTIVO DE MORANGUEIRO EM SISTEMA DE CALHAS COM**
3 **RECIRCULAÇÃO DO LIXIVIADO**

4
5 **REUTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO PARA MORANGUEIRO**

6
7 **RESUMO**

8 A utilização de substratos elaborados com materiais locais e a sua reutilização por mais de um
9 ciclo de cultivo são práticas comuns, realizadas pelos produtores de morango na região sul do
10 Brasil. A pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos da reutilização, por até quatro anos, de
11 substratos à base de casca de arroz *in natura*, bem como da adição de condicionador a este,
12 sobre o crescimento e os componentes do rendimento de plantas de morangueiro da cultivar
13 San Andreas. Dois ciclos de cultivo foram realizados em anos subsequentes (2019-2020 e 2020-
14 2021). O plantio das mudas foi feito no início de cada ciclo de cultivo. As plantas foram
15 cultivadas em calhas de madeira preenchidas com as duas composições de substratos: casca de
16 arroz *in natura* pura e casca de arroz *in natura* com adição de substrato comercial, na proporção
17 de 20%. O sistema de cultivo adotado foi fechado. Os fatores experimentais estudados foram
18 as duas composições de substrato e seus diferentes tempos de uso (substrato novo, em segundo
19 e terceiro ano de uso, sendo acrescido o nível de substrato em quarto ano de uso no ciclo de
20 2020-2021). Este efeito foi mais evidente no substrato de casca de arroz pura e até o terceiro
21 ano de uso. No ciclo de cultivo de 2019-2020, a produção de massa seca de frutos aumentou
22 progressivamente no substrato de casca de arroz pura até o terceiro ano de uso. Porém, se
23 manteve similar entre os substratos com condicionador em segundo e terceiro ano de uso. No
24 ciclo 2020-2021, a produção de massa seca dos órgãos vegetativos e dos frutos se elevou com
25 o aumento do número de vezes de uso do substrato, sendo este incremento observado para
26 ambas as composições de substrato até o quarto ano de uso. O número e o peso médio dos frutos
27 aumentaram de acordo com o tempo de reutilização de ambos os substratos até o terceiro ano,
28 nos dois ciclos avaliados. A produção de frutos aumentou de forma progressiva conforme
29 aumentou o tempo de reutilização dos dois substratos em ambos os ciclos. As maiores
30 produtividades foram atingidas no cultivo em substrato de quarto ano de uso, sendo semelhantes
31 nas duas composições de substratos, atingindo 682 g e 686 g/planta na casca de arroz pura e no
32 substrato com adição de condicionador, respectivamente. Conclui-se que há melhorias das
33 propriedades físicas de substratos à base de casca de arroz *in natura* até o terceiro ano de uso,
34 havendo poucas alterações destas no quarto ano. Isso leva a ganhos progressivos no crescimento

35 e na produção de frutos das plantas de morangueiro até o quarto ano de uso dos substratos. Com
36 o aumento do número de reutilizações, o cultivo em substrato de casca de arroz pura
37 proporciona produção de frutos semelhantes à obtida no substrato com condicionador.

38 **PALAVRAS-CHAVE:** *Fragaria x ananassa* Dusch.; crescimento; produtividade; índice de
39 colheita.

40

41 **ABSTRACT**

42 The use of substrates made with local materials and their reuse for more than one production
43 cycle are common practices performed by strawberry producers in the southern region of Brazil.
44 The research aimed to evaluate the reuse of up to four years of substrates based on raw rice
45 husk for the strawberry crop. The cultivar used was San Andreas from Spain. The planting of
46 new plants occurred at each new production cycle and the substrates were maintained. The
47 plants were grown in wooden gutters filled with the two substrate compositions: raw rice husk
48 and raw rice husk with the addition of commercial substrate, in the proportion of 20%. The
49 adopted cultivation system was closed. The experimental factors studied were the two substrate
50 compositions and their different usage times linked to a plant and cultivar origin. The reuse of
51 raw rice husk based substrates provided improvements in the physical characteristics at each
52 period of use, mainly for water retention capacity after four cycles of use. The longer the period
53 of reuse of the substrates, the higher the values in relation to the variables of growth and
54 productivity of the plants. The addition of commercial substrate to pure raw rice husk favored
55 the results related to plant growth and productivity. This factor is directly related to the
56 degradation of different substrate compositions. The highest yields were achieved at the fourth
57 year of reuse, in this case for both substrates studied, reaching 681.6 g and 686 g/plant for pure
58 raw rice husk and with the addition of conditioner. It is concluded that the reuse of substrates
59 based on raw rice husk presents improvements in their characteristics with time of use,
60 reflecting in the and productive of strawberry plants.

61 **KEYWORDS:** *Fragaria x ananassa* Dusch; plant growth; yields; crop index

62

63 **INTRODUÇÃO**

64 A constante busca pelo desenvolvimento e aprimoramento de sistemas de produção que
65 promovam qualidade de vida e resultados técnicos satisfatórios para o agricultor é um dos
66 principais desafios vivenciados na área da pesquisa e desenvolvimento de produtos na
67 atualidade. Além disso, os consumidores estão cada vez mais exigentes e preocupados com seus

68 hábitos alimentares, buscando alimentos de qualidade, além de estarem atentos aos métodos de
69 cultivo e procedência dos mesmos.

70 Nesse cenário, a cultura do morangueiro, anteriormente tão condenada pelo uso
71 intensivo de agrotóxicos diante da sua maior sensibilidade a problemas fitossanitários e sua
72 perecibilidade, passa a merecer destaque quanto a novas inserções tecnológicas e métodos de
73 manejo.

74 A adoção de sistemas de cultivo em substrato sob ambiente protegido tem favorecido a
75 cultura do ponto de vista fitossanitário e ocasionado redução considerável do uso de
76 agrotóxicos. Associada a isso, a elevação da cultura do nível do solo tem um apelo fundamental
77 no que se refere à otimização da mão de obra e à melhoria da qualidade de vida do trabalhador,
78 sendo esse aspecto um dos mais relevantes para a expansão desses sistemas no Brasil. Como
79 benefícios adicionais, verifica-se a possibilidade do cultivo de maior número de plantas por
80 área e a maior eficiência no uso da água e de fertilizantes (Diel *et al.*, 2016; Fagherazzi *et al.*,
81 2017).

82 Embora, indubitavelmente, o cultivo em substrato apresente todos os benefícios
83 mencionados, existe uma característica que está na contramão de uma menor contaminação
84 ambiental e economia de insumos gerados. O sistema comumente adotado pela maioria dos
85 agricultores é do tipo aberto, ou seja, a solução nutritiva drenada é descartada para o meio
86 ambiente, havendo desperdício de água e fertilizantes. Em uma agricultura, que busca cada vez
87 mais a otimização dos meios de produção, a economia do agricultor e a preservação do
88 ambiente, surge o sistema de cultivo fechado como alternativa, no qual promove-se a coleta e
89 a reutilização da solução nutritiva drenada, minimizando desperdícios e riscos de contaminação
90 do solo e do lençol freático.

91 Outra característica do sistema de produção do morangueiro em substrato é o uso
92 amplamente difundido dos *slabs* como recipientes de cultivo. Esses são sacos plásticos
93 tubulares, preenchidos com substratos. Contudo, nos últimos anos, existe uma forte tendência
94 de migração para o cultivo em calhas. As calhas de cultivo proporcionam maior durabilidade e
95 praticidade ao agricultor, despendendo menos mão de obra para substituição ou aumento do
96 volume de substrato, que vai se reduzindo com o cultivo sucessivo. Adicionalmente, o uso de
97 calhas facilita a prática da coleta do drenado para sua reutilização. Diversos materiais podem
98 constituir esse tipo de recipiente, como plásticos rígidos, isopor e material reciclado, no caso
99 dos modelos comerciais, como também materiais provenientes da propriedade, como, por
100 exemplo, a madeira.

101 O emprego de substratos que têm como uma das matérias-primas principais a casca de
102 arroz carbonizada (CAC) é mais um elemento comum aos sistemas adotados, especialmente,
103 no Rio Grande do Sul, importante produtor orizícola. Comumente, a CAC é empregada pura
104 ou em mistura com diferentes proporções de composto orgânico ou com outros materiais
105 condicionadores, como substratos comerciais. Apesar de suas boas características físicas e
106 químicas, a CAC possui o inconveniente da carbonização – técnica que demanda muita mão de
107 obra e necessita de conhecimento do agricultor e licença junto ao órgão fiscalizador
108 governamental para poder realizá-la, refletindo-se esses aspectos no custo de produção.

109 Com o intuito de superar as dificuldades impostas pelo uso da casca de arroz
110 carbonizada, estudos passam a adotar a casca de arroz *in natura* (CAIN) como substrato para
111 diversas culturas. Perin *et al.* (2018) utilizaram casca de arroz de forma isolada e obtiveram
112 elevadas respostas de produtividade para o minitomateiro, assim como Neutzling *et al.* (2018)
113 para a cultura do pepineiro conserva e Dutra *et al.* (2021) para a minimelancia. Inclusive, há
114 agricultores já utilizando a casca de arroz como componente principal do substrato.

115 Apesar de que a reutilização de substratos seja uma prática comum entre os produtores
116 de morango, poucas informações científicas estão disponíveis sobre as consequências
117 decorrentes da reutilização no que se refere às características do substrato e às respostas das
118 plantas. Relatos de produtores afirmam não haver prejuízos relacionados à produção e
119 qualidade de frutos. Pesquisas realizadas por Neutzling *et al.* (2018), com a cultura do pepineiro
120 conserva, Dutra *et al.* (2021), com a cultura da minimelancia, e Signorini (2020), com o
121 morangueiro, apontam que a reutilização de substratos à base de casca de arroz *in natura* não
122 traz prejuízos ao rendimento e à qualidade dos frutos. Os mesmos autores observaram,
123 inclusive, que suas características físicas foram melhoradas, com aumento da capacidade de
124 retenção de água. Ao considerar as características ao início e o final do ciclo de cultivo com
125 casca de arroz *in natura* como substrato, Neutzling *et al.* (2018) e Signorini (2020) também
126 verificaram diminuição da densidade seca e aumento da porosidade total.

127 Estudos que envolvam maior tempo de reutilização dos substratos, com maior número
128 de ciclos, são necessários. Nesse sentido, este trabalho apresenta como base as seguintes
129 hipóteses: em função de alterações benéficas nas propriedades do substrato, é possível utilizar
130 o substrato casca de arroz *in natura* sem redução de crescimento e perdas na produção por até
131 quatro anos de cultivo e, inclusive, com aumento no crescimento e rendimento das plantas a
132 partir do segundo ano. A adição de substrato comercial como condicionador à casca de arroz
133 eleva a capacidade de retenção de água (CRA) do material, o que beneficia o crescimento e a
134 produção de frutos das plantas até um determinado tempo de uso do substrato. Contudo, a

135 adição de substrato comercial à casca de arroz pura pode resultar em decomposição e
136 degradação excessivas, fatores que podem levar a problemas de baixa aeração, com o aumento
137 do tempo de uso, e prejuízos ao crescimento e à produção de frutos das plantas.

138 Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da reutilização de substratos, por
139 até quatro anos de uso, e da adição de material condicionador à casca de arroz *in natura* sobre
140 as características do substrato, o crescimento e a produção dos frutos de morangueiro em
141 sistema de calhas com recirculação da solução nutritiva.

142

143 MATERIAL E MÉTODOS

144 A pesquisa foi realizada no período entre março de 2019 e janeiro de 2021,
145 correspondendo a dois ciclos de cultivo (2019/2020 e 2020/2021), cada um constituindo um
146 experimento. A reutilização de substratos ocorreu por até quatro anos de uso, com substituição
147 de plantas a cada novo experimento. Foram empregadas mudas da cultivar San Andreas
148 oriundas da Espanha.

149 O local empregado para os experimentos foi uma estufa coberta com polietileno
150 transparente de 150 μm de espessura e dimensões de 8 x 10 x 3,5 m, totalizando uma área de
151 80 m², localizada no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia da
152 Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL),
153 localizado no município do Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. A localização
154 geográfica, aproximada, é 31° 52' S, longitude 52° 21' W e altitude média de 13 metros acima
155 do nível do mar. O clima dessa região caracteriza-se por ser temperado, de verão quente, do
156 tipo Cfa de acordo com a classificação de Köppen.

157 O sistema de cultivo utilizado foi com uso de substratos em sistema de calhas com
158 recirculação do lixiviado.

159 Foram utilizadas duas composições de substratos à base de casca de arroz *in natura*. As
160 composições foram casca de arroz *in natura* pura (CAIN) e casca de arroz *in natura* com adição
161 de substrato comercial (CAIN + SC), na proporção de 20%. O substrato comercial utilizado
162 como condicionador foi S10 – Beifort[®], que é um substrato orgânico, produzido na região da
163 Serra Gaúcha, formulado a partir de composto de bagaço e engaço da uva, com adição de turfa
164 e casca de arroz carbonizada à mistura.

165 Foram adotados diferentes tempos de uso para cada tipo de substrato, atingindo até
166 quatro anos de reutilização ao final do período do estudo, que contemplou dois ciclos de cultivo
167 (2019-2020 e 2020-2021). No primeiro ciclo de cultivo, o experimento contou com três tempos
168 de uso do substrato: substrato novo, substrato em segundo e terceiro ano de utilização. Os

169 substratos reutilizados foram oriundos de pesquisa realizada com a cultura do morangueiro
170 (Signorini, 2020), nos ciclos de cultivo de 2017-2018 (substrato de terceiro ano) e 2018-2019
171 (substrato de segundo ano).

172 As calhas de madeira apresentavam seção retangular, com 7,5 m de comprimento, 0,10
173 m de altura e 0,30 m de largura, e foram dispostas em linhas duplas, elevadas um metro do nível
174 do solo da estufa e com declividade de 4%. O espaçamento interno entre as calhas era de 0,10
175 m, com caminhos de 0,60 m entre bancadas.

176 As calhas foram impermeabilizadas internamente com filme polietileno com a
177 finalidade de tornar o sistema fechado. Para cada composição de substrato e seu respectivo
178 tempo de uso havia um reservatório de solução nutritiva, dessa maneira, o drenado de cada
179 substrato era recolhido separadamente e reconduzido para o seu reservatório, com a finalidade
180 de não haver misturas entre os drenados. Cada reservatório utilizado abastecia uma calha de
181 cultivo, correspondente a 36 plantas, e possuía capacidade de armazenamento de 100 L.

182 Após a impermeabilização, as calhas foram preenchidas com os diferentes tipos de
183 substrato. Posteriormente, foi alocada uma fita gotejadora e a calha foi coberta com filme
184 polietileno dupla-face, com a finalidade de evitar perdas por evaporação. Os substratos
185 reutilizados foram mantidos, sem haver revolvimento ou adição de substrato, sendo apenas
186 realizada a manutenção da fita gotejadora e filme plástico para cobertura da calha.

187 Anterior ao plantio, os substratos passaram pelo processo de lavagem para que
188 atingissem valores de pH e condutividade elétrica considerados ideais para o estágio das
189 plantas. O pH foi mantido na faixa de 5,5 e 6,5 e a condutividade elétrica (CE) abaixo de 0,5
190 dS m^{-1} .

191 O plantio das mudas foi em linha simples na calha, com espaçamento de 0,20 m. A
192 densidade de plantio foi de 7,4 plantas m^{-2} .

193 O delineamento experimental adotado foi de blocos completos ao acaso, sob esquema
194 fatorial 2 x 3 e fatorial 2 x 4 para o primeiro e segundo ciclo de cultivo, respectivamente,
195 resultante da combinação de dois níveis do fator substrato (CAIN e CAIN + SC) e três (primeiro
196 ciclo: novo, segundo ano e terceiro ano de uso) ou quatro níveis (segundo ciclo: novo, segundo
197 ano, terceiro ano e quarto ano de uso) do fator tempo de utilização do substrato. Os tratamento
198 contaram com três repetições, totalizando seis e oito tratamentos, respectivamente. O
199 bloqueamento ocorreu de acordo com a posição das plantas nas calhas de cultivo (bloco na cota
200 mais alta, bloco na cota intermediária e bloco na cota mais baixa das calhas). Cada parcela
201 continha 12 plantas.

202 Foram empregadas soluções nutritivas distintas para as diferentes fases de crescimento
203 das plantas que foram formuladas a partir da recomendação de Sonneveld e Straver (1994) para
204 a cultura do morangueiro. Para a fase vegetativa (considerada desde o plantio até o início da
205 frutificação das plantas) foi empregada a seguinte concentração de macronutrientes:
206 (mmol/litro): 6,64 de NO_3^- ; 1,5 de H_2PO_4^- ; 2,88 de SO_4^{2-} ; 1,44 de NH_4^+ ; 5,06 de K^+ ; 2,20 de
207 Ca^{2+} ; 1,5 de Mg^{2+} ; e de micronutrientes (mg/litro): 1,08 de Fe; 0,20 de Mn; 0,07 de Zn; 0,17 de
208 B; 0,025 de Cu; 0,05 de Mo. A CE inicial aproximada foi de 1,4 dS m^{-1} . Para a fase de
209 frutificação foi empregada a seguinte concentração de macronutrientes (mmol/litro): 10,0 de
210 NO_3^- ; 1,25 de 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 a CE
211 foi mantida entre 1,6 e 1,8 dS m^{-1} .

212 Através de leituras diárias, o valor de pH foi mantido na faixa de 5,5 a 6,5. Para ajustes
213 dos valores de pH, quando considerados fora da faixa adequada, era adicionado na solução
214 nutritiva ácido fosfórico (H_3PO_4) ou hidróxido de potássio (KOH 1N).

215 A solução nutritiva foi fornecida por meio de fitas de gotejamento (com gotejadores
216 espaçados a cada 10 cm e vazão de 1,35 litros hora⁻¹), com pulsos de 5 min e frequência de duas
217 a seis vezes ao dia, variando de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta e tipo de
218 substrato. Diante das diferentes composições dos substratos e dos tempos de uso, os substratos
219 no primeiro ano de uso, apresentavam maior número de fertirrigações durante o dia, quando
220 comparados aos substratos de segundo, terceiro e quarto ano. O substrato casca de arroz pura
221 demandou maior número de fertirrigações quando comparado ao substrato com adição de
222 material condicionador a formulação. A diferença no número de fertirrigações esta relacionado
223 a composição dos substratos e ao seu tempo e uso, que interferem na capacidade de retenção de
224 água. Ou seja, percebeu-se que quanto maior o tempo de uso dos substratos, maior era a
225 capacidade de retenção de água e com isso houveram reduções no número de frequências de
226 fertirrigação/dia. Uma vez por mês, em data coincidente com o esgotamento quase que total dos
227 reservatórios, esses eram esvaziados e, após, preenchidos com nova solução nutritiva.

228 O manejo do ambiente da estufa ocorreu somente através da ventilação natural, com
229 abertura e fechamento das janelas laterais de acordo com as condições meteorológicas do dia.

230 O monitoramento da temperatura e umidade foi realizado através do termo-higrômetro
231 digital, sendo realizadas leituras diárias. As médias das temperaturas máximas e mínimas em
232 2019-2021 foram de 32,1 °C e 16,7 °C, respectivamente. As médias de umidade relativa do ar
233 máxima e mínima foram de 79,4% e 39,10%, respectivamente. No ciclo experimental 2020-
234 2021, as médias das temperaturas máximas e mínimas foram 30,9 °C e 12,2 °C,
235 respectivamente. As médias da umidade relativa do ar máximas e mínimas foram de 73,40% e

236 24,10 %, respectivamente. Dados referentes à radiação solar global média foram obtidos
237 através da Estação Agrometeorológica de Pelotas, situada a 1000 m da estufa, sendo a média
238 diária para 2019-2020 de $14,47 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e $14,76 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ para 2020-2021.

239 O primeiro ciclo de cultivo teve início no dia 07/03/2019. O segundo ciclo de cultivo no
240 dia 01 de abril de 2020. Datas que remetem a chegada e plantio das mudas de morangueiro
241 cultivar San Andreas, oriundas da Espanha.

242 No segundo ciclo de cultivo, os substratos utilizados permaneceram em suas respectivas
243 calhas, sem haver revolvimento dos mesmos. Novos substratos foram preparados nas mesmas
244 proporções e composições, obtendo-se assim, os quatro níveis deste fator (substrato novo e
245 substratos com dois, três e quatro anos de reutilização).

246 Nos dois ciclos de cultivo, durante 15 dias após o plantio (DAP), foi mantida apenas
247 irrigação com água, para, posteriormente, dar início ao uso da solução nutritiva com CE de
248 acordo com cada fase da cultura.

249 As colheitas foram realizadas com o fruto praticamente maduro, ou seja $\frac{3}{4}$ da superfície
250 de coloração vermelha, e foram classificados em frutos comerciais e não comerciais (massa
251 fresca inferior a 5 g ou deformandos). As colheitas dos frutos tiveram início no dia 11/06/2019
252 (91 DAP), no primeiro ciclo de cultivo e no dia 06/07/2020 (96 DAP), no segundo ciclo de
253 cultivo.

254 A massa seca de folhas, coroa, frutos e a área foliar de duas plantas por repetição (seis
255 plantas/tratamento) foram avaliadas ao final de cada ciclo. A área foliar foi obtida através do
256 equipamento medidor de imagens modelo LI-3100C. Os distintos órgãos da planta foram secos
257 em estufa de ventilação forçada à temperatura de $80 \text{ }^\circ\text{C}$ até peso constante. As frações referentes
258 à desfolha e aos frutos colhidos durante o ciclo de cultivo foram adicionadas individualmente
259 a sua planta controle, obtendo-se os valores acumulados. A partir dos valores dessas variáveis,
260 foram obtidas a massa seca vegetativa (folhas + coroa) e a massa seca total da parte aérea da
261 planta (vegetativa + frutos).

262 Em relação aos dados de colheita, foram consideradas quatro plantas controle por
263 repetição (12 plantas por tratamento) e levados em consideração o número de frutos e a
264 produção de frutos por planta, calculando-se a partir desses o peso médio do fruto. Foram
265 consideradas todas as colheitas desde o início ao término de cada ciclo.

266 Amostras dos substratos foram coletadas ao início de cada ciclo de cultivo e analisadas
267 quanto às características físicas e químicas no Laboratório de Análise de Substratos para Plantas
268 do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária da Secretaria de Estado de
269 Agricultura, Pecuária e Irrigação, em Porto Alegre, RS, Brasil.

270 O encerramento do primeiro ciclo de cultivo ocorreu na semana de 11 a 15 de fevereiro
271 de 2020, compreendendo 345 DAP. O segundo ciclo de cultivo teve seu término na última
272 semana do mês de janeiro, entre os dias 25 a 29 de janeiro de 2021, compreendendo 303 DAP.

273 Os resultados obtidos passaram pelo teste de normalidade e identificação de possíveis
274 ‘outliers’. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância e a comparação de média
275 pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, usando o software estatístico SAIS – Análises
276 Estatísticas com R Shiny.

277

278 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

279 A análise das características físicas dos substratos ao início do primeiro ciclo de cultivo
280 (Tabela 1), demonstra de forma geral comportamento similar para os dois substratos empregados
281 nos diferentes tempos de uso. A densidade seca (DS), a porosidade total (PT), a água facilmente
282 disponível (AFD) e capacidade de retenção de água (CRA), apresentaram a cada ano de uso,
283 um aumento nas suas características. Percebe-se que estas propriedades apresentavam valores
284 inferiores no primeiro ano, ao compararmos com o segundo ano de uso, e estes por sua vez,
285 apresentavam valores inferiores ao terceiro ano de uso. Apenas o espaço de aeração (EA),
286 apresentou redução nos diferentes tempos, ao comparar-se do primeiro ao terceiro ano de uso
287 dos substratos.

288 A adição de substrato comercial à casca de arroz *in natura*, incrementou principalmente
289 a DS e a CRA, que se mantiveram superiores a casca de arroz pura independente do tempo de
290 uso do substrato (Tabela 1). Ainda, pode-se perceber que no primeiro ano de uso a CRA do
291 substrato com adição de condicionador, foi de 24%, enquanto essa porcentagem é atingida
292 apenas no terceiro ano de uso com o substrato casca de arroz *in natura*. Já no segundo ciclo de
293 cultivo (Tabela 2), as análises relatam alterações durante o tempo de uso para a DS, ao
294 compararmos os dois substratos. Em contrapartida, a CRA, manteve-se sempre superior quando
295 utilizado substrato comercial na composição do substrato. Isto é, a presença de substrato
296 comercial aumentou a velocidade de decomposição do substrato.

297

298

299 **Tabela 1:** Características físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos casca de arroz *in*
 300 *natura* 100% e casca de arroz *in natura* com adição de substrato comercial¹ (20%), ao início do
 301 ciclo de cultivo de 2019-2020, em função da sua reutilização por até três anos para o cultivo de
 302 morangueiro

	Substrato					
	Casca de arroz			Casca de arroz + Substrato comercial		
	1º ano	2º ano	3º ano	1º ano	2º ano	3º ano
DS ² (g l ⁻¹)	79	81	86	99	125	198
PT (%)	65	77	86	67	80	81
EA (%)	58	58	40	62	52	51
AFD (%)	7	12	13	9	11	14
CRA10cm (%)	18	19	24	24	30	35
CE (dSm ⁻¹)	0,08	0,1	0,2	0,25	0,17	0,34
pH	6,4	6,41	5,52	5	5,57	4,77

303 ¹ Substrato S10 (Beifort[®]), oriundo da compostagem de bagaço e engaço de uva com adição de turfa e casca de
 304 arroz carbonizada.

305 ² DS: densidade seca; PT: porosidade total; EA: espaço de aeração; AFD: água facilmente disponível; CRA10 cm:
 306 capacidade de retenção de água a 10cm; CE: condutividade elétrica.

307

308 Durante os diferentes tempos de uso dos substratos, estes apresentaram alterações, que
 309 podem ser justificadas por não se tratar do mesmo substrato ao se fazer a análise comparativa.
 310 A campo, foram avaliados substratos que estavam em uso nos seus diferentes tempos de uso,
 311 em um mesmo período, ou seja, a composição dos substratos era a mesma, mas o material
 312 utilizado variou de um ano para o outro, o que pode ter acarretado as diferenças encontradas
 313 nesse trabalho.

314 A DS na casca de arroz pura, no primeiro e no quarto ano de uso do substrato,
 315 apresentam mesmo valor, 108 g l⁻¹ (Tabela 2). Houve alterações durante o segundo e o terceiro
 316 ano de uso do substrato, quando no segundo ano de uso a DS foi inferior ao primeiro ano de
 317 uso e, inferior ao terceiro ano de uso, que por sua vez, foi inferior ao quarto ano de uso. Quando
 318 utilizado a adição de substrato comercial, as respostas obtidas são contrárias, ao analisar-se ao
 319 longo do tempo de uso do substrato, ocorre um aumento significativo da DS até o terceiro ano
 320 de uso do substrato. No quarto ano de uso, a resposta da análise mostra a inferioridade da DS
 321 em relação ao terceiro ano de uso, quando na análise inicial no terceiro ano apresentava 241 g
 322 l⁻¹ e no quarto ano de uso 124 g l⁻¹.

323 **Tabela 2:** Características físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos casca de arroz *in*
 324 *natura* 100% e casca de arroz *in natura* com adição de substrato comercial¹ (20%), ao início do
 325 ciclo de cultivo de 2020-2021, em função da sua reutilização por até quatro anos para o cultivo
 326 de morangueiro

	Substrato							
	Casca de arroz				Casca de arroz + Substrato comercial			
	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano
DS (g l ⁻¹)	108	64	81	108	51	100	241	124
PT (%)	70	74	76	81	79	80	80	81
EA (%)	64	54	53	52	49	48	48	47
AFD (%)	6	9	9	14	14	16	16	19
CRA10 cm (%)	15	18	24	25	30	31	32	35
CE (dS m ⁻¹)	0,23	0,24	0,72	0,98	0,20	1,17	0,38	0,57
pH	6,24	5,4	5,89	5,83	5,16	5,28	5,84	4,98

327 ¹ Substrato S10 (Beifort[®]), oriundo da compostagem de bagaço e engaço de uva com adição de turfa e casca de
 328 arroz carbonizada.

329 ² DS: densidade seca; PT: porosidade total; EA: espaço de aeração; AFD: água facilmente disponível; CRA10 cm:
 330 capacidade de retenção de água a 10cm; CE: condutividade elétrica.

331

332 As demais propriedades físicas dos substratos, apresentaram superioridade da PT, AFD e CRA
 333 a cada período de reutilização do substrato, enquanto o EA, apresentou redução, para os dois
 334 substratos utilizados (Tabela 2). Entretanto, a adição de substrato comercial, mostra que a PT
 335 apresenta menores alterações ao longo do tempo de uso, quando comparada a casca de arroz
 336 pura, havendo uma estabilização a partir do segundo ano de uso quando adicionado material
 337 condicionante. Contudo, no quarto ano de uso, o substrato casca de arroz *in natura* e casca de
 338 arroz com adição de condicionador atingem o mesmo percentual, 81%.

339 Com o aumento da CRA, conseqüentemente da AFD e diante da relação existente entre
 340 EA e CRA, visualiza-se uma redução do EA ao longo do tempo de uso dos substratos (Tabela
 341 2). O substrato casca de arroz *in natura* apresenta na evolução do tempo de uso, uma redução
 342 superior quando comparado ao substrato com adição de condicionador. Este por sua vez,
 343 apresenta leve redução ao longo do tempo de uso.

344 A adição do material condicionador garante propriedades físicas em valores próximos
 345 aos considerados próprios para substratos de cultivo de plantas, não havendo sido observada
 346 degradação excessiva das partículas do substrato ao longo de quatro anos de uso.

347 Em relação à CE, as alterações verificadas foram pouco importantes nas duas
348 composições de substratos empregadas e seus diferentes tempos de utilização (Tabelas 1 e 2).
349 De maneira geral, essas variações são muito dinâmicas, sendo esses parâmetros dependentes do
350 regime de fornecimento da solução nutritiva e da amostra coletada. Os valores referentes ao pH
351 para os dois substratos estudados encontram-se próximos dos valores considerados ideais
352 quando utilizado sistema de cultivo em substrato. Valores próximos a 5,0 são considerados
353 dentro da faixa ideal de absorção de nutrientes nesse sistema de cultivo.

354 Os resultados referentes às respostas de crescimento das plantas (Tabela 3) e à produção
355 de frutos (Tabela 4) indicam que para todas as variáveis analisadas houve interações
356 estatisticamente significativas entre os diferentes tempos de reutilização de substratos e a
357 composição destes.

358 De maneira geral, a produção de massa seca da parte vegetativa, dos frutos e,
359 consequentemente, da planta como um todo foi maior quanto maior o tempo de reutilização do
360 substrato em ambos os ciclos de cultivo (Tabela 3). Este efeito foi evidenciado nas duas
361 composições de substrato estudadas (Tabela 3) e se viu refletido na produção de frutos (Tabela
362 4).

363 As exceções se restringem ao cultivo de 2019-2020, no qual as plantas cultivadas no
364 substrato de casca pura de terceiro ano apresentaram massa seca vegetativa (Tabela 3) inferior
365 à das plantas cultivadas neste mesmo substrato de segundo ano. Também, neste mesmo ciclo
366 de cultivo, o substrato com condicionador no terceiro ano de uso não proporcionou incrementos
367 na produção de massa seca de frutos e do total da planta (Tabela 3) em relação ao mesmo
368 substrato em segundo ano de uso.

369 Comparando as duas composições de substrato à base de casca de arroz *in natura*, nos
370 dois ciclos de cultivo, de maneira geral, o substrato com adição de material condicionador
371 proporcionou resultados superiores de produção de massa seca vegetativa, de frutos e,
372 consequentemente, do total da planta (Tabela 3) em relação à casca de arroz pura. Esse
373 comportamento ocorreu independente do substrato ser novo ou reutilizado, pois a partir do
374 primeiro ano de uso, o substrato com adição de material condicionante já foi estaticamente
375 superior à casca de arroz pura em relação a essas variáveis.

376 Poucas exceções foram detectadas. Houve ausência de diferenças significativas entre as
377 duas composições de substrato quanto às médias de massa seca vegetativa no substrato de
378 segundo ano de uso e quanto às médias de massa seca de frutos no substrato de terceiro ano de
379 uso durante o ciclo de 2019-2020 (Tabela 3). Já no ciclo de cultivo de 2020-2021, o substrato

380 elaborado com casca de arroz pura proporcionou produção de massa seca de frutos similar ao
381 substrato com condicionador somente quando em segundo ano de uso (Tabela 3).

382

383 **Tabela 3:** Produção de massa seca vegetativa, de frutos e total, em dois ciclos de cultivo, de
384 plantas de morangueiro cultivadas em substratos de casca de arroz *in natura* 100% (CAIN) e
385 casca de arroz *in natura* com adição de substrato comercial¹ (CAIN + SC), com diferentes
386 tempos de uso em sistema com recirculação da solução nutritiva drenada

Fator	Ciclo 2019-2020				Ciclo 2020-2021				
	Tempo de utilização do substrato								
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	Média	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	Média
Substrato	Massa seca vegetativa² (g planta⁻¹)								
CAIN	26,8 Cb ⁴	54,8 Aa	49,1 Bb	43,6 b	28,5 Cb	45,4 Bb	47,5 ABb	48,6 Ab	42,5 b
CAIN + SC	43,6 Ca	57,1 Ba	64,8 Aa	55,2 a	38,2 Da	47,8 Ca	51,1 Ba	55,5 Aa	48,2 a
Média	35,2 B	56,0 A	57,0 A		33,4 D	46,6 C	49,3 B	52,1 A	
CV (%)		4,5					2,2		
	Massa seca de frutos (g planta⁻¹)								
CAIN	17,1 Cb	26,9 Bb	32,10 Aa	25,4 b	15,7 Db	22,6 Ca	28,3 Bb	31,7 Ab	24,6 b
CAIN + SC	30,4 Ba	37,8 Aa	35,0 Aa	34,4 a	25,10 Ca	24,8 Ca	31,5 Ba	37,6 Aa	29,8 a
Média	23,7 B	32,3 A	33,5A		20,4 D	23,7 C	29,9 B	34,7 A	
CV (%)		5,7					5,4		
	Massa seca total³ (g planta⁻¹)								
CAIN	43,9 Bb	81,7 Ab	81,2 Ab	68,9 b	44,2 Db	68,0 Cb	75,8 Bb	80,3 Ab	67,1 b
CAIN + SC	74,0 Ba	94,9 Aa	99,8 Aa	89,6 a	63,3 Da	72,6 Ca	82,6 Ba	93,1 Aa	77,9 a
Média	59,0 B	88,3 A	91,0 A		53,8 D	70,3 C	79,2 B	86,7 A	
CV (%)		3,3					2,0		

387 ¹ Substrato S10 (Beifort®), oriundo da compostagem de bagaço engaçado de uva com adição de turfa e casca
388 carbonizada adicionado na proporção de 20%.

389 ² Folhas + coroa.

390 ³ Folhas + coroa + frutos.

391 ⁴ Letras seguidas pelas mesmas letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si
392 estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

393

394 Os valores de produção obtidos nesta pesquisa estão um pouco abaixo dos relatos de
395 produção quando empregado CAC como substrato em sistema de cultivo fechado para região
396 de Pelotas, quando a média considerada varia de 700 a 800 g planta⁻¹. Ou seja, os valores
397 atingidos nessa pesquisa com reutilização de substrato a base de casca de arroz *in natura*, podem
398 ser considerados satisfatórios. Outros pesquisadores atingiram resultados semelhantes aos
399 encontrados neste trabalho. Cecatto *et al.* (2013), ao realizar ensaios com utilização de substrato
400 comercial em sistema aberto, atingiram uma produtividade de 301 g/planta para cultivar San

401 Andreas. Já Ruan, Yeoung e Larson (2011) obtiveram respostas produtivas de 587 g/planta,
402 valores próximos aos encontrados nesta pesquisa, quando empregados os substratos
403 reutilizados.

404 No ciclo de cultivo 2019-2020, a produção de massa seca de frutos aumentou
405 progressivamente no substrato casca de arroz até o terceiro ano de uso (Tabela 4). Contudo, se
406 manteve similar entre os substratos com o condicionador em segundo e terceiro ano de uso.

407 No ciclo 2020-2021, a produção de massa seca dos órgãos vegetativos (Tabela 3) e dos
408 frutos (Tabela 4) se elevou com o aumento do número de vezes de uso do substrato, sendo este
409 incremento observado para ambas as composições de substrato até o quarto ano de uso. O
410 número e o peso médio dos frutos aumentaram de acordo com o tempo de reutilização de ambos
411 os substratos até o terceiro ano, nos dois ciclos avaliados.

412

413 **Tabela 4:** Número, peso médio e produção de frutos, em dois ciclos de cultivo de plantas de
414 morangueiro, cultivadas em substratos de casca de arroz *in natura* 100% (CAIN) e casca de
415 arroz *in natura* com adição de substrato comercial¹ (CAIN + SC), com diferentes tempos de
416 uso, em sistema com recirculação da solução nutritiva drenada

Fator	Ciclo 2019-2020				Ciclo 2020-2021				
	Tempo de utilização do substrato								
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	Média	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	Média
Substrato	Número de frutos planta⁻¹								
CAIN	17,0 Cb ²	27,0 Bb	37,0 Aa	27,0 b	15,0 Cb	27,0 Bb	38,0 Aa	38,0 Ab	30,0 b
CAIN+SC	30,0 Ba	33,0 Ba	38,0 Aa	34,0 a	28,0 Ca	34,0 Ba	39,0 Aa	41,0 Aa	36,0 a
Média	24,0 C	30,0 B	38,0 A		22,0 C	31,0 B	39,0 A	40,0 A	
CV (%)	6,6				3,5				
	Peso médio de frutos (g fruto⁻¹)								
CAIN	14,6 Bb	15,6 Ba	16,6 Aa	15,6 a	15,2 Cb	15,5 Ca	16,4 Ba	17,9 Aa	16,3 ^{ns}
CAIN+SC	15,9 ABa	15,4 Ba	16,6 Aa	16,0 a	15,8 Ba	15,4 Ba	16,8 Aa	16,7 Ab	16,2
Média	15,3 B	15,5 B	16,6 A		15,5 B	15,5 B	16,6 A	17,3 A	
CV (%)	2,7				2,2				
	Produção de frutos (g planta⁻¹)								
CAIN	248,9 Cb	420,5Bb	612,4 Aa	427,3 b	228,0 Db	417,7Cb	623,1 Bb	681,6Aa	487,6 b
CAIN+SC	477,8 Ba	506,8Ba	631,4 Aa	538,7 a	441,2 Da	524,0Ca	656,6 Ba	686,0Aa	577,0 a
Média	363,4 C	463,7 B	621,9 A		334,6 D	470,9 C	639,9 B	683,8 A	
CV (%)	4,7				1,8				

417 ¹ Substrato S10 (Beifort[®]), oriundo da compostagem de bagaço engaçado de uva com adição de turfa e casca
418 carbonizada adicionado na proporção de 20%.

419 ²Letras seguidas pelas mesmas letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si
420 estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

421 A produção de frutos aumentou de forma progressiva conforme aumentou o tempo de
422 reutilização dos dois substratos em ambos os ciclos. As maiores produtividades foram atingidas
423 no cultivo em substrato de quarto ano de uso, sendo semelhantes nas duas composições de
424 substratos, atingindo 682 g e 686 g/planta na casca de arroz pura e no substrato com adição de
425 condicionador, respectivamente.

426 O maior crescimento (Tabela 3) e a elevação do número e do peso médio dos frutos
427 (Tabela 4) resultaram em uma maior produção de frutos (Tabela 4) das plantas com o aumento
428 do número e vezes de uso dos substratos.

429 Além do fator reutilização, a adição de material condicionador favoreceu o melhor e
430 mais rápido estabelecimento da cultura desde o primeiro uso dos substratos. A incorporação de
431 partículas menores ao substrato, pela adição do substrato comercial, trouxe como
432 consequências, o aumento da PT, AFD e CRA e a redução do EA (Tabelas 1 e 2),
433 proporcionando maior umidade às raízes das plantas e favorecendo o crescimento inicial da
434 cultura em relação ao substrato casca de arroz pura.

435 O fato de a casca de arroz apresentar um processo lento de degradação pela ação dos
436 micro-organismos, além da menor CRA (Tabelas 1 e 2), característica deste material no início
437 do ciclo, levou a uma dificuldade de estabelecimento das plantas no início dos dois ciclos de
438 cultivo. Com o aumento da ação dos micro-organismos e o fornecimento constante de solução
439 nutritiva, através da recirculação, as partículas começam a se quebrar e, conseqüentemente, isso
440 levou a alterações nas suas características. No entanto, acredita-se que a adição de um material
441 condicionador à casca de arroz isolada tenha favorecido o processo degradativo, ocorrendo a
442 degradação do substrato de forma mais rápida quando comparado a casca pura. A presença de
443 componentes orgânicos, por conta da sua formulação através de engaço e bagaço de uva, com
444 menor relação C/N e a incorporação desse material promover um rearranjo das partículas do
445 substrato desde a fase inicial, são elementos que justificam a maior degradação dos substratos.

446 Esse fato pode ser percebido na Tabela 3, quando no terceiro ciclo (2019/2020) e o
447 quarto ciclo de uso (2020/2021) de ambos os substratos, nos quais os resultados referentes à
448 produção de frutos se igualam estatisticamente, comprovando a hipótese de que a degradação
449 do substrato casca de arroz é mais lenta quando usada de forma isolada.

450

451 **CONCLUSÃO**

452 A reutilização de substratos à base de casca de arroz *in natura* leva a melhorias das
453 propriedades físicas até o terceiro ano de uso, havendo poucas alterações destas no quarto ano.

454 Este fato, leva a ganhos progressivos no crescimento e na produção de frutos das plantas de
455 morangueiro até o quarto ano de uso dos substratos.

456 Com o aumento do número de reutilizações, o cultivo em substrato de casca de arroz
457 pura proporciona produção de frutos semelhantes à obtida no substrato com condicionador.

458 A adição de substrato comercial como condicionador à casca de arroz intensifica as
459 alterações benéficas das características físicas do substrato e garante maior capacidade de
460 retenção de água ao material desde o primeiro até o quarto ano de uso do substrato.

461

462 REFERÊNCIAS

463 Cecatto, A. P., Calvete, E. O., Nienow, A. A., Costa, R. C. da, Mendonça, H. F. C., &
464 Pazzinato, A. C. (2013). Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars.
465 *Acta Scientiarum Agronomy*, 35(4), 471-478.

466 Diel, M. I., Schmidt, D., Olivoto, T., Altissimo, C. S., Preto, M. M., ... Stolze, J. R. (2016).
467 Efficiency of Water use for Strawberries Cultivated in different Semi-Hydroponic Substrates.
468 *Australian journal of basic and applied sciences*, 10, 31-37.

469 Dutra, J. G., Peil, R. M. N., Silva Duarte, T. da, Rombaldi, C. V., Grolli, P. R., Pereira, A.
470 S., & Dorneles, A. O. S. (2021). Fruit production and quality of mini-watermelon with different
471 number of stems, in troughs cultivation system and substrate reuse. *Semina: Ciências*
472 *Agrárias*, 42(2), 471-486. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n2p471.

473 Fagherazzi, A. F., Grimaldi, F., Kretzschmar, A. A., Molina, A. R., Gonçalves, M. A.,
474 Antunes, L. E. C. ... Rufato, L. (2017). Strawberry production progress in Brazil. *Acta*
475 *Horticulturae*, 1, 937-940.

476 Neutzling, C., Peil, R. M. N., Signorini, C. B., Grolli, P. R., & Perin, I. (2018). Reuse of a
477 raw rice husk substrate after tomato cultivation for the production of pickling cucumber hybrids
478 (*Cucumis sativus* L.) in a leachate recirculation system. *Revista Colombiana de Ciências*
479 *Hortícolas*, 12(3), 602-610. DOI: 10.17584/rcch.2018v12i3.7684.

480 Perin, L., Peil, R. M. N., Höhn, D., Rosa, D. S. B. D., Wieth, A. R., & Grolli, P. R. (2018).
481 Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini
482 tomatoes. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40. DOI: 10.4025/actasciagron.v40i1.34992.

483 Ruan, J., Yeoung, Y. R., & Larson, K. D. (2011). Influence of cultivar, planting date, and
484 planting material on yield of day-neutral strawberry cultivars in highland areas of Korea.
485 *Horticulture Environment and Biotechnology*, 52(6), 567-575.

486 Signorini, C. B. (2020) Substrato de casca de arroz *in natura* e condicionadores para a
487 cultura do morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva [Tese]. Pelotas:
488 UFPel.

489 Sonneveld, C., & Straver, N. (1994). Nutrient solution for vegetables and flowers grown
490 in water or substrates. 10th ed. The Netherlands, proef station voor Tuinbouw onder Glas Te
491 Naaldwijk. *Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw*, 8.

6 Artigo 3

Enraizante e procedência da muda no cultivo do morangueiro em substrato

(Segundo Normas da Revista *Comunicata Scientiae*)

1 **Enraizante e procedência da muda no cultivo do morangueiro em substrato**

2

3 **Resumo**

4 O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do uso de enraizante sobre o
5 crescimento radicular e da parte aérea, bem como sobre a produção de
6 frutos de plantas de morangueiro San Andreas de diferentes procedências,
7 cultivadas em substrato com recirculação do lixiviado. O trabalho foi realizado
8 em estufa localizada no Rio Grande do Sul/Brasil, no período de março de 2019
9 a fevereiro de 2020. Dois experimentos foram conduzidos paralelamente. Em
10 ambos, a casca de arroz carbonizada foi empregada como substrato. Um dos
11 experimentos foi realizado com a adoção de calhas de madeira preenchidos
12 com substrato na altura de 0,10 m, para a avaliação do crescimento e da
13 produção acumulados ao final de um ciclo produtivo. O segundo
14 experimento foi constituído por vasos, dispostos sobre bancadas de cultivo,
15 para a mensuração do crescimento radicular das plantas aos 20 e 40 dias
16 após o plantio. Plantas de três procedências foram utilizadas: Argentina,
17 Espanha e nacional (Brasil). A aplicação do enraizante promoveu o
18 crescimento do sistema radicular e da parte aérea, bem como a produção
19 precoce e total de frutos das plantas, sendo o seu efeito mais expressivo nas
20 plantas oriundas da Espanha e nas plantas nacionais. O plantio tardio das
21 plantas da Argentina acarretou menor possibilidade de resposta em relação
22 ao uso do enraizante.

23 **Palavras-chave:** *Fragaria x ananassa*, Rootex®, crescimento radicular,
24 precocidade de colheita, produtividade.

25 **Abstract**

26 The objective of this study was to evaluate the effects of the use of rooting
27 agent on root and shoot growth, as well as on fruit production of San Andreas
28 strawberry plants of different origins, grown in substrate with leachate
29 recirculation. The work was carried out in a greenhouse located in Rio Grande
30 do Sul/Brazil, from March 2019 to February 2020. Two experiments were carried
31 out in parallel. In both, carbonized rice husk was used as substrate. One of the
32 experiments was carried out with the adoption of wooden gutters filled with
33 substrate at a height of 0.10 m, to evaluate the growth and production
34 accumulated at the end of a production cycle. The second experiment
35 consisted of pots, arranged on cultivation benches, to measure plant root
36 growth at 20 and 40 days after planting. Plants from three origins were used:
37 Argentina, Spain and national (Brazil). The rooting application promoted the
38 growth of the root system and the shoot, as well as the early and total
39 production of fruits of the plants, being its most expressive effect on plants from
40 Spain and on national plants. The late planting of the plants in Argentina
41 resulted in a lower possibility of response in relation to the use of the rooting
42 agent.

43 **Keywords:** *Fragaria x ananassa*; Rootex®; root growth, early yield, yields.

44

45 **1 Introdução**

46 O morangueiro é caracterizado por sua representatividade na
47 produção agrícola familiar. Esse fato é atribuído à alta produtividade em
48 pequenas áreas, além do grande interesse do mercado pelo fruto.

49 Além disso, no cenário de produção agrícola, estão cada vez mais em
50 ascensão, sistemas de cultivo que forneçam melhores condições de trabalho
51 ao produtor, como o sistema de cultivo sem solo com o emprego de
52 substratos.

53 Um dos gargalos existentes na cultura do morangueiro está relacionado
54 à aquisição de mudas. Existem no mercado mudas importadas e nacionais.
55 De maneira geral, as mudas importadas apresentam boas características
56 fisiológicas e fitossanitárias. De acordo, Rosa (2020) e Gonçalves et al. (2016),
57 afirmam que mudas importadas apresentam melhor qualidade fisiológica, em
58 função das condições de baixa temperatura e umidade relativa nos viveiros
59 de produção de mudas, fatores primordiais para a obtenção de altas
60 produtividades.

61 Contudo, são mudas frigorificadas, comercializadas com raízes nuas.
62 Além disso, apesar das mudas espanholas serem disponibilizadas no mercado
63 brasileiro entre fevereiro e março, no caso de mudas argentinas e chilenas, o
64 período de entrega acaba sendo tardio para o plantio e, conseqüentemente,
65 acarreta atraso na colheita e perdas econômicas ao agricultor.

66 Por outro lado, as mudas nacionais são entregues em período mais
67 recomendável para o plantio, entre abril e maio, e podem ser comercializadas
68 com torrão. Ambos os aspectos proporcionam maior precocidade de colheita
69 e a possibilidade de ofertar o fruto em épocas de maior valor de
70 comercialização (Rosa, 2020; Becker et al., 2017).

71 Todavia, as características climáticas do Brasil não são favoráveis para
72 a produção de mudas quando comparadas às reinantes em algumas regiões

73 de territórios estrangeiros. As características climáticas do local do viveiro
74 interferem no acúmulo de reservas energéticas (carboidratos) e,
75 conseqüentemente, na produtividade, além de afetarem a sanidade das
76 mudas (Lieten, 2000).

77 É de conhecimento comum que as raízes são estruturas fundamentais
78 para um bom pegamento e o estabelecimento de plantas. O adequado
79 crescimento radicular reflete em maior absorção de água e nutrientes,
80 auxiliando no crescimento das plantas com reflexos positivos sobre a
81 produtividade.

82 Neste contexto, entre os elementos minerais, o fósforo é fundamental
83 para o enraizamento das plantas (Marschner, 2012). É rapidamente assimilado
84 pois, ainda que o fósforo não faça parte da estrutura vegetal, atua no
85 armazenamento e transferência de energia, ativação enzimática, síntese de
86 ácidos nucleicos, além de possuir importante função no metabolismo do
87 nitrogênio, principal elemento no crescimento vegetal. O metabolismo de
88 carboidratos é regulado pela disponibilidade de fósforo, logo, a emissão de
89 flores e frutos depende de plantas bem nutridas em fósforo. Bem como, o
90 transporte de açúcares é dependente do gasto de ATP (Epstein & Bloom, 2006;
91 Marachner, 2012).

92 Assim, associado ao uso de mudas de alta qualidade e à busca por
93 maiores precocidade e produtividade, muitos agricultores estão fazendo uso
94 de produtos enraizante, ricos em fósforo e outras substâncias benéficas à
95 planta, no momento do plantio e durante o ciclo de cultivo da cultura.

96 Um dos enraizantes que vem sendo empregado comercialmente é o
97 Rootex®. Esse produto apresenta na sua formulação fósforo, nitrogênio,
98 potássio, fito-hormônios, aminoácidos e extratos inertes, sendo o fósforo, o
99 elemento em maior concentração (Cosmocel Ibérica, 2015).

100 Desta forma, este trabalho parte da hipótese de que plantas de
101 morangueiro nacionais, submetidas ao uso do enraizante comercial Rootex®,
102 podem apresentar maior crescimento radicular, trazendo maior precocidade
103 de colheita e, conseqüentemente, reflexos positivos sobre a produtividade de
104 frutos em comparação com plantas importadas.

105 Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de produto
106 enraizante sobre o crescimento radicular e da parte aérea, bem como sobre
107 a precocidade da colheita e a produção de frutos de plantas de morangueiro
108 de diferentes procedências, no cultivo em substrato com recirculação do
109 drenado.

110

111 **2 Material e Métodos**

112 Este trabalho foi realizado no Campo Didático e Experimental do
113 Departamento de Fitotecnia (DFt) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
114 (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), localizado no município do
115 Capão do Leão, Rio Grande do Sul (RS), Brasil, abrangendo o período de
116 março de 2019 a fevereiro de 2020. A localização geográfica aproximada é
117 de 31°52' S, longitude 52°21' W e altitude média de 13 metros acima do nível
118 do mar. O clima é caracterizado como temperado, pela classificação de
119 Köppen do tipo Cfa.

120 Dois experimentos foram realizados simultaneamente em uma estufa
121 plástica com “teto em arco” com 150 μm de espessura e dimensões de 8 x 10
122 x 3,5, totalizando uma área de 80 m^2 .

123 Durante o período de execução dos experimentos, o manejo do
124 ambiente ocorreu somente através da ventilação natural, com a abertura e
125 fechamento das janelas laterais, às 8 horas e às 18 horas, respectivamente. Em
126 dias de baixa temperatura, chuva, ventos fortes e alta umidade relativa do ar,
127 mantinha-se a estufa parcial ou totalmente fechada. O monitoramento da
128 temperatura e da umidade relativa do ar foi realizado através de termo-
129 higrômetro digital, sendo realizadas leituras diárias no início da manhã. As
130 médias das temperaturas máximas e mínimas foram 32,6 $^{\circ}\text{C}$ e 18,5 $^{\circ}\text{C}$,
131 respectivamente. As médias da umidade relativa do ar máxima e mínima
132 foram, respectivamente, 73,4% e 41,6%. Dados referentes à radiação solar
133 global exterior foram obtidos através da Estação Agrometeorológica de
134 Pelotas, situada a 1000 m da estufa, sendo 14,54 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ a média diária.

135 O material vegetal utilizado foi a cultivar San Andreas (dia neutro).
136 Mudanças de três procedências foram empregadas: Argentina (região da
137 Patagônia), Espanha (Província de Segóvia) e nacional (Município de
138 Farroupilha, RS, Brasil). O sistema radicular das plantas importadas era de raiz
139 nua e das plantas nacionais estavam com as raízes envolvidas por um torrão
140 (mudas de torrão).

141 O plantio das mudas ocorreu de acordo com a sua disponibilidade no
142 mercado: mudas oriundas da Espanha em 07/03/2019; mudas nacionais
143 (Brasil) em 20/03/2019; e mudas oriundas da Argentina em 02/07/2019.

144 O segundo fator estudado foi o uso do enraizante comercial
145 Rootex®(Cosmocel). Possui como composição 7% de nitrogênio (N), 47% de
146 fósforo (P_2O_5), 6% de potássio (K_2O), 18,5% de aminoácidos e extratos
147 orgânicos, 300 p.p.m de fito-hormônios e 21, 5% de inertes.

148 Metade das plantas de ambos os experimentos recebeu o enraizante e
149 a outra metade não. A primeira aplicação do enraizante ocorreu na semana
150 pós plantio, e, posteriormente, este foi aplicado a cada três dias durante todo
151 o ciclo de cultivo. A dose utilizada foi de 1 grama do produto para 1 litro de
152 água. A forma de aplicação do produto foi em forma de jato direcionado
153 para o substrato, próximo à zona das raízes, sendo utilizado o volume de 10
154 mL/planta/aplicação.

155 Em ambos os experimentos, a casca de arroz carbonizada foi
156 empregada como substrato de cultivo. O substrato foi analisado quanto as
157 propriedades físicas, ao pH e à condutividade elétrica (Tabela 1) ao início dos
158 experimentos. Anterior ao plantio, o substrato passou pelo processo de
159 lavagem. O pH do substrato no momento do plantio encontrava-se dentro da
160 faixa considerada adequada para a cultura, entre 5,5 e 6,5 e a condutividade
161 elétrica (CE) abaixo de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$.

162

163

164 Tabela 1: Densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração
 165 (EA), água facilmente disponível (AFD), capacidade de retenção de água
 166 (CRA), condutividade elétrica (CE) e pH do substrato casca de arroz
 167 carbonizada no início do ciclo de cultivo

Substrato	DS (g l ⁻¹)	PT (%)	EA (%)	AFD (%)	CRA à 10 cm (%)	CE (dS m ⁻¹)	pH em água
Casca de arroz carbonizada	124	87	32	13	55	0,14	6,05

168

169 O principal ensaio experimental teve a duração de 345 dias, entre 07 de
 170 março de 2019 e 15 de fevereiro de 2020, compreendendo o período desde
 171 o primeiro plantio das mudas até a finalização da colheita dos frutos.

172 Neste experimento, o sistema de cultivo em calhas de madeira foi
 173 utilizado. Foram empregadas quatro calhas, dispostas em linhas duplas,
 174 elevadas a 1 m do solo, sobre cavaletes de madeira, com declividade de 4%.
 175 Apresentavam seção retangular com 7,5 m de comprimento, 0,10 m de altura
 176 e 0,30 m de largura. O espaçamento interno entre as calhas foi de 0,10 m e os
 177 caminhos de 0,60 m.

178 Após a impermeabilização interna das calhas com filme de polietileno,
 179 estas foram preenchidas com casca de arroz carbonizada. Em seguida, uma
 180 fita gotejadora, com gotejadores espaçados a 0,10 m e vazão de 1,35 litros h⁻¹,
 181 foi colocada sobre o substrato, percorrendo o centro de cada calha. Na
 182 sequência, as calhas foram cobertas com filme polietileno dupla face
 183 branco/preto. Para o plantio das mudas, foi realizada a abertura de orifícios

184 no filme de cobertura, no espaçamento de 0,25 m, resultando na densidade
185 de plantio de 5,88 plantas m⁻².

186 Plantas de duas calhas receberam o tratamento com o enraizante
187 comercial Rootex® e as das outras duas calhas não.

188 O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com
189 parcela dividida, sob esquema bifatorial (2 x 3), resultante da combinação
190 dos dois níveis do produto enraizante (com ou sem a aplicação do produto)
191 e das três procedências de mudas (Argentina, Espanha e nacional/Brasil),
192 totalizando seis tratamentos. Cada conjunto de duas calhas foi dividido em
193 dois blocos, totalizando quatro blocos. O fator uso do enraizante foi alocado
194 na parcela (15 plantas). A subparcela foi composta por cinco plantas de cada
195 procedência. O experimento foi composto por 120 plantas (40 plantas de
196 cada origem), sendo que 60 plantas receberam a aplicação do enraizante e
197 as demais 60 plantas não.

198 Nos primeiros 15 dias após o plantio, as plantas foram irrigadas apenas
199 com água e, posteriormente, foi adicionada a solução nutritiva. Foram
200 utilizadas duas soluções nutritivas para as distintas fases de desenvolvimento
201 das planta que foram formuladas a partir da recomendação de Sonneveld e
202 Straver (1994) para a cultura do morangueiro. Para a fase vegetativa foi
203 empregada a seguinte concentração de macronutrientes (mmol L⁻¹): 6,64 de
204 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
205 Mg²⁺; e de micronutrientes (mg L⁻¹): 1,08 de Fe; 0,20 de Mn; 0,07 de Zn; 0,17 de
206 B; 0,025 de Cu; 0,05 de Mo. A condutividade elétrica inicial aproximada foi de
207 1,4 dS m⁻¹. Para a fase de frutificação foi empregada a seguinte

208 concentração de macronutrientes (mmol L^{-1}): 10,0 de NO_3^- ; 1,25 de H_2PO_4^- ; 2,5
209 de SO_4^{2-} ; 0,75 de NH_4^+ ; 6,0 de K^+ ; 2,95 de Ca^{2+} ; 1,8 de Mg^{2+} , sendo a
210 condutividade elétrica mantida entre 1,4 e 1,8 dS m^{-1} .

211 O fornecimento da solução nutritiva foi realizado através do
212 acionamento de um conjunto motobomba, que conduzia a mesma até a
213 extremidade inicial das fitas de gotejamento, na cota mais alta das calhas. A
214 solução excedente era drenada por declividade, retornando para o
215 reservatório de 150 litros, sendo destinado um reservatório para cada nível do
216 fator enraizante. Os pulsos de fornecimento de solução nutritiva tinham a
217 duração de 5 minutos e frequência foi de duas a quatro vezes por dia, a
218 depender do estágio de desenvolvimento da planta e das condições
219 meteorológicas do dia.

220 Diariamente foram realizadas leituras de pH e condutividade elétrica
221 (CE), no reservatório de solução nutritiva e no drenado. O valor de pH da
222 solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,5 através da adição de solução de
223 correção à base de ácido fosfórico (H_3PO_4) ou hidróxido de potássio (KOH 1N).

224 As colheitas foram realizadas com o fruto praticamente maduro, ou seja
225 $\frac{3}{4}$ da superfície com coloração vermelha. Os frutos foram classificados em
226 comerciais e não comerciais (massa fresca inferior a 5 g e/ou deformados). As
227 primeiras colheitas iniciaram no dia 11/06/2019, para as plantas de
228 procedência espanhola (96 DAP) e nacionais (83 DAP) e no dia 06/09/2019
229 para as plantas de origem Argentina (66 DAP).

230 A produção acumulada de massa seca da parte aérea (coroa, folhas
231 e frutos) e a área foliar acumulada ao final do experimento de duas plantas

232 por repetição (oito plantas por tratamento) foram avaliadas ao final do
233 experimento. A área foliar foi obtida através do equipamento medidor de
234 imagens modelo LI-3100C. As frações referentes à desfolha e aos frutos
235 colhidos durante o ciclo produtivo foram adicionadas à sua planta controle,
236 obtendo-se os valores acumulados.

237 Para obtenção de dados referentes ao comprimento e massa seca de
238 raízes, foram avaliadas cinco plantas por repetição (20 plantas por
239 tratamento), sendo essas retiradas cuidadosamente da calha de cultivo.
240 Através de uma régua graduada era realizada a medida do comprimento
241 das raízes. Posteriormente, as raízes foram lavadas com água à baixa pressão
242 para a retirada do substrato.

243 Os distintos órgãos da planta foram secos em estufa de ventilação
244 forçada à temperatura de 80 °C, até peso constante. A partir dos valores
245 dessas variáveis foram obtidas a massa seca vegetativa (folhas + coroa) e a
246 massa seca total da parte aérea da planta (vegetativa + frutos), bem como
247 calculados o índice de área foliar e a relação massa seca da parte aérea/
248 massa seca de raízes.

249 Em relação aos dados de colheita, foram consideradas cinco plantas
250 por repetição (20 plantas por tratamento) e avaliados o número e a produção
251 total de frutos por planta, calculando-se a partir desses o peso médio do fruto.
252 Foram consideradas todas as colheitas desde o início ao término do ciclo de
253 cultivo, sendo a colheita precoce a que ocorreu entre os meses de abril e
254 setembro (inclusive), período considerado de menor oferta de frutos na região
255 sul do RS.

256 Um ensaio paralelo foi realizado com a finalidade de verificar o
257 crescimento radicular nas primeiras semanas após o plantio. Foram
258 construídas duas bancadas de cultivo com dimensões de 0,90 x 1,0 x 0,28 m,
259 de altura, comprimento e largura, respectivamente, elevadas do solo através
260 do uso de cavaletes, proporcionando uma declividade de 4%. Na base das
261 bancadas, foi disposto um ripado de madeira (0,01 m altura x 1,0 m
262 comprimento x 0,03 m largura), sobre o qual foram colocados vasos plásticos,
263 preenchidos com casca de arroz carbonizada no volume de três litros.

264 Cada bancada possuía acoplado um reservatório de solução nutritiva
265 de 100 litros e um conjunto motobomba que impulsionava a solução até a
266 cota mais alta. A partir deste ponto, a solução era fornecida às plantas através
267 de fitas de gotejamento iguais às utilizadas no experimento descrito
268 previamente. A solução excedente retornava ao reservatório de 100 litros,
269 tornando o sistema recirculante.

270 A solução nutritiva para a fase vegetativa, empregada no experimento
271 no sistema de calhas, foi utilizada, adotando-se os mesmos critérios de manejo
272 empregados neste.

273 Cada bancada de cultivo recebeu 48 vasos, 16 vasos destinados ao
274 plantio individual das mudas de cada uma das três procedências em estudo.
275 As plantas de uma das bancadas receberam a aplicação do produto
276 Rootex®, sendo as plantas da outra bancada considerada como controle. O
277 ensaio foi realizado em duplicata, pois metade das plantas de cada bancada
278 foram avaliadas aos 20 dias após o plantio (DAP) e a outra metade, aos 40
279 DAP. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com

280 esquema bifatorial (2 x 3), resultante da combinação dos dois níveis do
281 produto enraizador (com ou sem a aplicação do produto) e das três diferentes
282 procedências de mudas (Argentina, Espanha e nacional), com oito
283 repetições. Cada vaso, contendo uma planta, foi considerado uma
284 repetição. As avaliações das plantas ocorreram no dia da chegada das
285 mudas, aos 20 e 40 dias após o plantio (DAP), sendo avaliadas oito plantas de
286 cada tratamento, através da análise destrutiva.

287 Os parâmetros avaliados foram comprimento de raiz, massa seca de
288 raiz, massa seca da parte aérea (coroa, folhas e pecíolo) e massa seca total
289 (raízes + parte aérea). O comprimento das raízes foi obtido pela mensuração
290 através do uso de régua graduada.

291 O experimento teve seu término no dia 11/08/2019, período que
292 correspondeu à avaliação das plantas oriundas da Argentina, as últimas que
293 foram plantadas.

294 Os resultados obtidos passaram pelo teste de normalidade e
295 identificação de possíveis 'outliers'. Os dados obtidos foram submetidos à
296 análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de
297 probabilidade, usando o software estatístico SAIS – Análises Estatísticas com
298 R Shiny.

299

300 **3 Resultados e discussão**

301 Nas respectivas datas de avaliação após o plantio, as mudas
302 provenientes da Espanha e da Argentina apresentavam maior comprimento
303 de raiz e massa seca da coroa (Tabela 2) do que as mudas nacionais. Porém,

304 não foram detectadas diferenças estatísticas quanto à massa seca de raiz e
305 ao diâmetro da coroa (Tabela 2) entre as mudas das diferentes procedências.

306

307 Tabela 2: Comprimento de raiz, massa seca de raiz, diâmetro e massa seca da
308 coroa de plantas de morangueiro de diferentes origens no dia do plantio¹

Fator	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca de raiz (g)	Diâmetro da coroa (mm)	Massa seca de coroa (g)
Procedência das plantas				
Espanha	21,95 a	1,22 ^{ns}	12,13 ^{ns}	0,74 a
Nacional	11,40 b	0,89	12,38	0,32 b
Argentina	19,95 a	0,90	11,31	0,72 a
CV (%)	17,86	40,42	19,30	45,97

309 ¹ Mudas espanholas: 07/03/2019; mudas nacionais: 20/03/2019 e mudas argentinas 02/07/2019.

310 ² Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de
311 Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade

312

313 Aos 20 dias após o plantio, observou-se efeito positivo do enraizante
314 sobre o comprimento de raiz e o diâmetro da coroa, independentemente da
315 origem da planta (Tabela 3). A aplicação de enraizante influenciou em maior
316 comprimento de raiz (14,16 cm) e em maior diâmetro de coroa (12,11 mm),
317 evidenciando que esse produto auxilia no crescimento inicial das plantas de
318 morangueiro. Para o fator procedência, plantas de origem espanhola
319 destacaram-se ao apresentarem maior comprimento de raiz (14,50 cm) e
320 diâmetro da coroa (12,35 mm) (Tabela 3). As plantas de origem nacional,
321 apresentaram maiores valores para massa seca de raiz e número de folhas,
322 com 3,49 g e 5,50 folhas por planta. Contudo, nas plantas nacionais, estes
323 parâmetros destacam-se, pois enquanto nas mudas nacionais ocorre a
324 manutenção das raízes e das folhas no momento do plantio, nas mudas

325 importadas muitas raízes são perdidas e podadas no processo de plantio assim
 326 como estas mudas não possuem folhas. Assim, mudas importadas, necessitam
 327 de um gasto energético maior para emissão de novas raízes e das primeiras
 328 folhas, enquanto as nacionais já as possuem.

329

330 Tabela 3: Comprimento de raiz, massa seca de raiz, diâmetro de coroa e
 331 número de folhas de três diferentes plantas de morangueiro de diferentes
 332 origens e o efeito do uso do enraizante¹ 20 dias após o plantio

Fator	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca de raiz (g)	Diâmetro da coroa (mm)	Número de folhas
Procedência das plantas				
Espanha	14,50 a	0,89 b	12,35 a	2,43 b
Nacional	15,55 a	3,49 a	10,37 b	5,50 a
Argentina	10,15 b	0,66 b	11,91 a	1,81 b
Enraizante				
Com	14,16 a	1,76 ^{ns}	12,11 a	3,33 ^{ns}
Sem	12,64 b	1,60	10,97 b	3,16
CV (%)	15,78	56,90	14,00	25,48

333 ¹ Rootex® (Cosmocel).

334 ² Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de
 335 Tukey à 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo à 5% de probabilidade.

336

337 Houve interação significativa entre procedência de plantas e
 338 aplicação do enraizante, para a massa seca de coroa (Tabela 4) e massa
 339 seca de folhas (Tabela 5). Plantas espanholas aliadas à aplicação de
 340 enraizante apresentaram maior massa seca de raiz, 0,84 g. Plantas nacionais
 341 tiveram maior massa seca de folhas, 10,33 g.

342

343 Tabela 4: Efeito do uso de enraizante comercial¹ na massa seca de coroa aos
344 20 dias após o plantio de plantas de três diferentes origens

Fator	Massa seca de coroa (g)		
	Espanha	Nacional	Argentina
Procedência de plantas			
Enraizante			
Com	0,84Aa	0,49 Ba	0,63ABa
Sem	0,43Bb	0,50ABa	0,70Aa
CV (%)	35,07		

345 ¹ Rootex® (Cosmocel).

346 ² Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem
347 entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo à 5% de
348 probabilidade.

349

350 A utilização do enraizante comercial, após 20 DAP (Tabelas 3, 4 e 5),
351 apesar dos poucos dias após o plantio e da aplicação do produto junto a
352 planta, influenciou positivamente nas respostas de crescimento da parte
353 aérea das plantas e no sistema radicular.

354

355 Tabela 5: Efeito do uso de enraizante comercial¹ sob a massa seca de folhas
356 de plantas de diferentes origens aos 20 dias após o plantio

Fator	Massa seca de folhas (g)		
	Espanha	Nacional	Argentina
Procedência de plantas			
Enraizante			
Com	0,64 Ba	10,33 Aa	0,57 Ba
Sem	0,52 Aa	1,63 Ab	0,83 Aa
CV (%)	47,13		

357 ¹ Rootex® (Cosmocel).

358 ² Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem
359 entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo à 5% de
360 probabilidade.

361

362 Aos 40 DAP (Tabela 6), esses resultados demonstram maior visibilidade,
363 perante maior tempo de pós plantio. Além do efeito do enraizante comercial,
364 as procedências de plantas influenciaram nos resultados das variáveis
365 analisadas. Uma vez que cada origem possui sua especificidade, plantas
366 produzidas localmente já apresentam a presença de folhas e sistema radicular
367 pré-estabelecido e envolto por substrato. Plantas advindas da importação
368 apresentam superioridade de horas de frio de viveiro, que culminam em maior
369 acúmulo de reservas nas coroas e raízes.

370 Aos 40 dias DAP, não houve interação entre os tratamentos (Tabela 6).
371 A aplicação de enraizante destacou-se com maior diâmetro de coroa, 14,14
372 mm. Plantas de origem nacional destacaram-se nos parâmetros:
373 comprimento de raiz (29,38 cm), massa seca da raiz (5,47 g), diâmetro de
374 coroa (14,55 mm) e número de folhas (8,75). Mudanças produzidas localmente
375 (Brasil), geralmente são replicadas em bandejas e quando plantadas possuem
376 o torrão, envolvendo e protegendo o sistema radicular. Esse fato minimiza o
377 estresse de adaptação das plantas e favorece o crescimento inicial das
378 plantas frente às plantas com raiz nua.

379 Dessa maneira, as plantas nacionais conseguiram se sobressair às
380 plantas oriundas da Argentina e Espanha, uma vez que o sistema radicular já
381 estava adaptado a um meio, possuía crescimento de raízes e, com isso,
382 conseguiu expressar valores superiores de crescimento. Plantas advindas de
383 outros países, como Argentina e Espanha, necessitam estar isentas de
384 patógenos, passando pela inspeção fitossanitária. Sendo assim, plantas
385 importadas necessitam estar com as raízes sem a presença de solo e folhas,

386 denominadas mudas de raízes nuas. Essas plantas, apesar de possuírem alto
 387 potencial fisiológico e fitossanitário, mediante as condições climáticas em que
 388 são produzidas, necessitam gastar sua demanda energética para adaptação
 389 local, formação de novas raízes e emissão de novas folhas, parâmetros que já
 390 estão em crescimento e adaptados pelas plantas produzidas localmente.

391

392 Tabela 6: Comprimento de raiz, massa seca de raiz, diâmetro da coroa, massa
 393 seca da coroa, massa seca de folhas e número de folhas de plantas de
 394 diferentes origens e o efeito da utilização de enraizante comercial¹ aos 40 dias
 395 após plantio

Fator	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca de raiz (g)	Diâmetro da coroa (mm)
Procedência das plantas			
Espanha	24,89 b	3,25 b	12,45 b
Nacional	29,38 a	5,47 a	14,55 a
Argentina	15,31 c	0,90 c	13,32 ab
Enraizante			
Com	24,04 ^{ns}	3,22 ^{ns}	14,14 a
Sem	22,35	3,19	12,74 b
CV (%)	20,48	56,94	10,83
	Massa seca da coroa (g)	Massa seca de folhas (g)	Número de folhas
Procedência das plantas			
Espanha	0,83 b	3,95 a	6,43 b
Nacional	0,92 b	3,77 a	8,75 a
Argentina	1,36 a	1,12 b	3,18 c
Enraizante			
Com	1,09 ^{ns}	3,31 ^{ns}	6,50 ^{ns}
Sem	0,99	2,59	5,75
CV (%)	42,77	43,39	36,28

396 ¹ Rootex® (Cosmocel).

397 ² Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de
 398 Tukey à 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo à 5% de probabilidade.

399 Plantas de procedência Argentina obtiveram maiores valores de massa
400 seca de coroa, 1,36 g, enquanto plantas espanholas tiveram maior massa
401 seca de folhas, 3,95 g (Tabela 6).

402 Não houve evidência de interações para os tratamentos para o
403 comprimento de raiz, massa seca de raiz e a razão massa seca aérea/massa
404 seca de raiz e o comprimento de raiz não sofreu alterações com os diferentes
405 tratamentos (Tabela 7).

406 As plantas com a aplicação de enraizante destacaram-se com as
407 maiores médias de massa seca de raiz (3,23 g) e com 21,62 na razão massa
408 seca aérea/massa seca raiz (Tabela 7). A presença de nitrogênio e fósforo na
409 composição do enraizante, possivelmente, contribuiu com o maior
410 crescimento radicular, bem como da parte aérea. O nitrogênio é o principal
411 nutriente responsável pelo crescimento vegetal, fazendo parte de
412 aminoácidos e ácidos nucleicos (Epstein & Bloom, 2006; Marschner, 2012).
413 Aliado a isso, o fósforo no metabolismo vegetal é responsável pelo
414 armazenamento e transferência de energia através de molécula de
415 adenosina trifosfato (ATP). Com isso, maior disponibilidade de fósforo às
416 plantas pode ter favorecido a síntese e o transporte de fito-hormônios, como
417 as auxinas, as quais estão relacionadas com a divisão celular. Esse processo é
418 dependente de energia, devido às auxinas serem sensíveis ao transporte dos
419 meristemas apicais foliares até as raízes, ocasionando diminuição de sacarose
420 e, conseqüentemente, hidrólise de ATP (Taiz et al., 2017).

421 Plantas oriundas da Espanha, apresentaram os melhores resultados para
422 a massa seca de raiz e a razão massa seca aérea/massa seca de raiz, com

423 3,37 g e 30,47 g, respectivamente. Ou seja, o crescimento radicular das plantas
424 foi promissor, favorecendo a absorção de água e nutrientes minerais, na qual,
425 estes fatores favorecem o crescimento da parte aérea das plantas, existindo
426 um equilíbrio nutricional entre sistema radicular e parte aérea.

427 A mensuração do comprimento e a superficialidade das raízes são
428 variáveis que permitem avaliar o potencial de absorção de água e nutrientes
429 presentes no meio e a sua relação com o dossel. Vários fatores ambientais
430 podem afetar o crescimento e a distribuição das raízes, como a temperatura
431 e o fotoperíodo. Plantas advindas da Espanha e plantas nacionais, são
432 disponibilizadas aos produtores no período de fevereiro e março, sendo os dias
433 ainda considerados longos e com temperaturas elevadas. Esse fato pode ter
434 favorecido a superioridade de massa seca de raiz dessas origens de plantas
435 frente às plantas advindas da Argentina. As mudas de origem Argentina
436 passam a ser disponibilizadas ao produtor ao final de maio, período em que
437 os dias apresentam menor número de horas de sol e temperaturas mais baixas,
438 o que, conseqüentemente, interfere no crescimento radicular e da parte
439 aérea das plantas.

440 Além do fator ambiental, as diferenças encontradas para plantas de
441 diferentes origens estão atreladas ao modo como são disponibilizadas aos
442 produtores, com torrão (nacional) e mudas de raiz nua (importadas). Infere-se
443 que mudas importadas apresentam maior acúmulo de carboidratos. Assim,
444 plantas espanholas plantadas em período de melhores condições climáticas
445 para o crescimento de plantas juntamente com a sua qualidade fisiológica

446 favoreceram a superioridade de massa seca de raízes e, conseqüentemente,
447 da relação com a parte aérea.

448

449 Tabela 7 - Efeito da utilização de enraizante comercial¹ em plantas de três
450 diferentes origens referente às variáveis de crescimento radicular e da parte
451 área de plantas de morangueiro cultivadas em sistema de cultivo em calhas
452 com recirculação da solução nutritiva drenada

Fator	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca de raiz (g planta ⁻¹)	Massa seca aérea/massa seca de raiz	
Procedência das plantas				
Nacional	28,10 ^{ns}	3,15 a	17,24 b	
Argentina	24,37	2,57 b	12,38 c	
Espanha	24,75	3,37 a	30,47 a	
Enraizante				
Com	26,40 ^{ns}	3,23 a	21,62 a	
Sem	25,08	2,83 b	18,44 b	
CV (%)	19,01	14,67	17,55	
Fator	Procedência das plantas			
Enraizante	Nacional	Argentina	Espanha	Média
	Massa seca vegetativa² (g planta⁻¹)			
Com	23,30 Aa	11,78 Ba	26,70 Aa	20,59 a
Sem	16,66 Bb	11,42 Ca	25,26 Aa	17,78 b
Média	19,98 B	11,60 C	25,98 A	
CV (%)	11,36			
IAF³ (m²m⁻²)				
Com	0,57 Ba	0,51 Ba	0,66 Aa	0,58a
Sem	0,44 Bb	0,27 Cb	0,61 Aa	0,44b
Média	0,51 B	0,39 C	0,64 A	
CV (%)	5,90			
Massa seca de frutos comerciais (g planta⁻¹)				
Com	48,12 Ba	21,63 Ba	89,42 Aa	51,98 a
Sem	22,71 Bb	18,39 Ca	59,71 Ab	34,68 b
Média	35,42 B	20,01 C	74,57 A	
CV (%)	9,78			

Massa seca total⁴ (g planta⁻¹)				
Com	71,42 Ba	30,17 Ca	116,12 Aa	72,57 a
Sem	39,37 Bb	33,05 Ca	84,97 Ab	52,46 b
Média	55,40 B	31,61 C	100,55 A	
CV (%)	6,55			

453 ¹ Rootex® (Cosmocel).

454 ² Folhas + coroa; ³ Área foliar/área de solo; ⁴ Folhas + coroa + frutos.

455 ⁵ Letras seguidas pelas mesmas letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem
456 entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

457

458 O mesmo acontece com as plantas nacionais que são plantadas no
459 mesmo período, mas com a presença de uma camada protetora nas raízes
460 das plantas, que acarreta uma melhor acomodação inicial, favorecendo o
461 crescimento das raízes diante o estresse por ocasião do plantio. Em
462 contraponto, plantas oriundas da argentina apresentaram menor massa seca
463 de raízes e relação massa seca parte aérea/massa seca raiz em virtude do
464 período em que elas são plantadas. Em concordância com Huang et al.
465 (2011), quanto maior a massa radicular, maior é a quantidade de reservas
466 disponíveis para o crescimento das plantas no período considerado entre o
467 plantio e a formação de novas raízes. Ainda, Torres-Quezada et al. (2015)
468 afirmam que o efetivo enraizamento, após o plantio, é favorecido por tecidos
469 que possuam elevado acúmulo de matéria seca.

470 Para os fatores estudados, houve interação significativa para massa
471 seca vegetativa, índice de área foliar (IAF), massa seca de frutos comerciais e
472 massa seca total (Tabela 7). Plantas de origem nacional e espanhola
473 destacaram-se para massa seca vegetativa, com 23,30 e 26,70 g,
474 respectivamente. Entretanto, as plantas provindas da Espanha, aliadas com a
475 aplicação de enraizante, foram superiores nos aspectos: IAF com 0,66 m²m⁻²,

476 89,42 g na massa seca de frutos comerciais e massa seca total com 116,12 g
477 planta⁻¹ (Tabela 7). Esses valores são superiores aos obtidos por Signorini (2020)
478 ao utilizar casca de arroz carbonizada e substrato comercial como
479 condicionadores à casca de arroz *in natura*, com mudas produzidas
480 localmente, atingindo médias de 27,05 g planta⁻¹ para massa seca de frutos e
481 5,7 para o IAF.

482 Os maiores valores de massa seca dos distintos órgãos das plantas
483 espanholas, quando somados, contribuíram para a maior produção de massa
484 seca total da planta. Além do IAF ser mais elevado, o que sugere uma maior
485 capacidade fotossintética das plantas, fato que favoreceu a massa seca total
486 da planta. Além disso, percebe-se que os fatores fisiológicos das plantas,
487 atrelados a períodos de maior temperatura e incidência solar, favorecem o
488 crescimento das mesmas. Plantas de origem espanhola, receberam por um
489 maior período o uso de enraizante, fato que beneficiou as plantas de raízes
490 nuas, respondendo em melhores respostas de crescimento e produção de
491 plantas. Contudo, plantas advindas da Espanha conseguiram se sobressair as
492 demais origens com ou sem a aplicação do enraizante, seguidas das plantas
493 de origem nacional, que apresentaram resultados superiores às plantas
494 argentinas, com ou sem aplicação do enraizante, com exceção para o IAF e
495 massa seca de frutos comerciais, na qual as plantas argentinas foram
496 estatisticamente iguais a variável IAF, quando utilizado o enraizante, e
497 superiores para a massa seca de frutos às plantas nacionais, quando aplicado
498 o enraizante. Sugere-se que apesar do plantio posterior às demais origens, as
499 plantas advindas da Argentina apresentam alta qualidade fisiológica e,

500 mediante a utilização do produto que favorece o enraizamento das plantas,
501 conseguiu igualar-se às plantas nacionais na capacidade fotossintética e ser
502 superior no acúmulo de massa seca de frutos. Cabe ainda ressaltar, que as
503 plantas procedentes da Argentina, receberam menor tempo de aplicação
504 do produto, que é reflexo do seu posterior plantio, em comparado as demais
505 procedências de plantas.

506 Plantas provindas da Espanha e as nacionais foram as que
507 apresentaram superioridade de massa seca de raiz ao final do ciclo
508 experimental (Tabela 7). Entretanto, a superioridade na relação estabelecida
509 entre a massa seca aérea/massa seca de raiz foi apresentada pelas plantas
510 de origem da Espanha.

511 A aplicação de enraizante influenciou positivamente o número de frutos
512 por planta e o peso médio dos frutos (Tabela 8). Percebe-se que quando
513 realizada a aplicação do enraizante, obteve-se nove frutos a mais por planta,
514 além de 2,67 g a mais em relação ao peso médio dos frutos. Para as variáveis
515 produção total e produção precoce ocorreu interação significativa entre os
516 tratamentos.

517 As plantas de origem espanhola apresentaram a maior média de frutos,
518 com 50 frutos planta⁻¹. Para o peso médio dos frutos não houve diferença
519 significativa entre os tratamentos (Tabela 8). Diante do maior crescimento de
520 plantas, atrelado à maior capacidade fotossintética das plantas espanholas
521 (Tabela 7), obtém-se uma superioridade de produção de frutos, através das
522 reservas presentes nas mesmas, favorecendo a capacidade de crescimento
523 e produtividade.

524 Ainda, plantas oriundas da Espanha apresentaram desde o início maior
525 crescimento radicular e maior diâmetro da coroa (Tabelas 2 e 3), fatores esses
526 que beneficiaram a produção das plantas. Em concordância, Santos et al.
527 (2012) e Cocco et al. (2015) afirmam que maior sistema radicular aliado com
528 maior estrutura de reserva (coroa), em geral, promove maior crescimento
529 vegetativo após o plantio elevando o pegamento e, possivelmente, o
530 potencial produtivo.

531 As plantas oriundas da Espanha tiveram desempenho superior em vários
532 aspectos vegetativos e produtivos. Logo, é possível que o frio de viveiro,
533 armazenamento e plantio dessas mudas forneçam melhores condições
534 fitoquímicas para o crescimento e produção. Ressalta-se que essas mudas
535 acumulam de 400 a 600 horas de frio à campo antes de serem colhidas. De
536 acordo com a afirmação Eshghi et al. (2007), o acúmulo de carboidratos na
537 forma de amido e açúcares solúveis na coroa e nas raízes das plantas, reflete,
538 posteriormente, em melhor crescimento inicial pós plantio e na emissão das
539 primeiras flores e frutos. Para que a planta possa adquirir autonomia para seu
540 crescimento após o plantio, ela necessita desse acúmulo de carboidratos
541 para realização dos primeiros processos fisiológicos (Bartczak et al., 2010).
542 Além disso, essas mudas, após sua colheita, são armazenadas em câmaras
543 frias a uma temperatura de -1 à -2 °C.

544 O frio de viveiro recebido pelas plantas advindas da Espanha é muito
545 superior quando comparado com as mudas de origem nacional e Argentinas
546 (400 horas de frio). Durante o outono, a redução da temperatura e do
547 comprimento dos dias desencadeiam uma série de processos metabólicos

548 nas plantas de clima temperado. Logo no início, ocorre a conversão dos
549 açúcares em amido, processo que garante o armazenamento de reservas,
550 com a máxima concentração de amido no final do outono.

551 Com o início do inverno, as baixas temperaturas intensificam as
552 atividades de amilases e α -amilase, enzimas responsáveis pela hidrólise dos
553 grânulos de amido para a transformação em açúcares solúveis (Oliveira et al.,
554 2012; Taiz et al., 2017). Esse aumento de açúcares atua protegendo os tecidos
555 vegetais contra baixas temperaturas, conferindo resistência à formação de
556 gelo no vacúolo devido seu efeito osmótico (Oliveira et al., 2012; Pereira et al.,
557 2016). Ressalta-se que esses açúcares solúveis serão utilizados no processo de
558 respiração como suprimento de energia para a retomada de crescimento,
559 nesse caso, após o plantio das mudas de morangueiro. Portanto,
560 possivelmente as mudas oriundas da Espanha, através de um maior acúmulo
561 de frio, aliado à uma maior disponibilidade de fósforo oriunda do enraizante,
562 por um maior período, proporcionou maiores teores energéticos disponíveis
563 para a crescimento inicial, conferindo melhores resultados produtivos na
564 combinação desses dois tratamentos.

565 Plantas originárias da Espanha, com a aplicação de enraizante,
566 geraram os melhores resultados, com 905,35 g planta⁻¹ na produção total e
567 280,25 g planta⁻¹ na produção precoce (Tabela 8). Ao considerar-se a
568 produção total, verifica-se um incremento de produção de 251,65 g planta⁻¹,
569 fato este que reflete em maiores produtividades, e conseqüentemente maior
570 respaldo financeiro. Quando analisada a produção precoce, esse fato se
571 torna ainda mais interessante, pois uma maior oferta de frutos em período de

572 menor produção de frutos, acarreta maior valor pago pelo quilo do morango.
 573 Ou seja, ao considerar-se a utilização do enraizante junto a planta espanhola,
 574 tem-se 64,27 g planta⁻¹ a mais, quando não utilizado o produto comercial, isso
 575 reflete em uma média de quatro frutos a mais por planta.

576

577 Tabela 8: Número de frutos, peso médio, produção total e produção precoce¹
 578 de frutos de plantas de morangueiro de distintos locais de origem mediante a
 579 utilização de enraizante comercial²

Fator	Nº de frutos planta ⁻¹		Peso médio dos frutos (g fruto ⁻¹)	
Procedência das plantas				
Nacional	30,00 b		14,96 ^{ns}	
Argentina	15,00 c		14,88	
Espanha	50,00 a		15,42	
Enraizante				
Com	36,00 a		16,42 a	
Sem	27,00 b		13,75 b	
CV (%)	12,92		3,80	
Fator	Procedência das plantas			
Enraizante	Nacional	Argentina	Espanha	Média
	Produção total (g planta ⁻¹)			
Com	598,18 Aa	272,00 Ca	905,35 Aa	591,84 a
Sem	313,40 Bb	165,95 Cb	653,70 Ab	377,68 b
Média	455,79 B	218,98 C	779,53 A	
CV (%)	13,32			
Produção precoce - g planta ⁻¹ (abril a setembro)				
Com	198,43 Ba	106,00 Ca	280,25 Aa	194,89 a
Sem	108,10 Bb	58,80 Cb	215,98 Ab	127,63 b
Média	153,27 B	82,40 C	248,12 A	
CV (%)	1,21			

580 ¹ Colheita compreendida no período de abril a setembro.

581 ² Rootex® (Cosmocel).

582 ³ Letras seguidas pelas mesmas letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem
 583 entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

584 A concentração de amido nas raízes e nas coroas é um fator
585 determinante para a qualidade de plantas de morangueiro, que são
586 diretamente influenciadas pelo local de produção das plantas matrizes e pelo
587 período de plantio das mudas à campo, fatores que refletem diretamente no
588 crescimento e produção das plantas (Lieten, 1997, 2000).

589 Plantas que são propagadas em regiões com elevadas altitudes e
590 latitudes, ou que possuem o plantio antecipado, apresentam produção de
591 frutos antes das regiões de baixas altitudes e latitudes ou que são plantadas
592 tardiamente (Rahman et al., 2014). Fato que foi percebido com as plantas
593 espanholas e nacionais, pois as plantas espanholas, com ou sem enraizante,
594 apresentaram superioridade na variável relacionada à produção precoce, o
595 que está atrelado à região do material propagativo, bem como ao período
596 de plantio. Plantas nacionais, apesar da menor quantidade de horas de frio
597 recebidas frente às espanholas, por serem plantadas de forma antecipada e
598 com as raízes envoltas por proteção do substrato, também apresentaram
599 precocidade de produção. Ou seja, no período de plantio das mudas
600 advindas da Argentina, as plantas de origem espanhola e nacional já
601 estavam começando a produção de frutos.

602

603 **4 Conclusões**

604 O enraizante comercial Rootex® aumenta o crescimento radicular,
605 favorecendo o crescimento dos órgãos vegetativos e dos frutos, sendo este
606 efeito mais pronunciado nas plantas de origem espanhola e nacional. Isso

607 resulta em maior volume de colheita precoce de produção total de frutos das
608 plantas.

609 Plantas de origem espanhola apresentam maior crescimento e
610 produção do que plantas nacionais e estas em relação às argentinas tanto
611 sob o tratamento com enraizante como sem este produto.

612 Plantas argentinas, em função do plantio tardio, apresentam menor
613 possibilidade de responderem de forma adequada ao uso do enraizante.

614

615 **Referências**

616 Bartczak, M. et al. 2010. Correlação entre parâmetros selecionados de
617 material de plantio e produtividade de morango. *Folia Horticulturae* 22(1): 9-
618 12.

619 Becker, T. B. 2017. Produção de mudas de morangueiro fora do solo sob
620 diferentes concentrações de nitrogênio nas matrizes e datas de plantio das
621 mudas na região sul do RS [dissertação]. UFPel, Pelotas.

622 Cocco, C. et al. 2015. Crescimento, desenvolvimento e produção de
623 morangueiro a partir de mudas com diferentes volumes de torrão. *Revista*
624 *Brasileira de Fruticultura* 37: 961-969.

625 Cosmocel Iberica. 2015. Folha de dados Rootex: Bioestimulantes.
626 <https://cutt.ly/MRuFebB>. <Acesso em 12 Jun. 2022>

627 Epstein, E., Bloom, A. J. 2006. *Princípios e perspectivas*. Editora Planta,
628 Londrina. 401p.

629 Eshghi, S. et al. 2007. Alterações nos teores de carboidratos em pontas de
630 brotos, folhas e raízes de morangueiro (*Fragaria* × *ananassa duch.*) durante a
631 diferenciação dos botões florais. *Scientia Horticulturae* 113(3): 255-260.

632 Gonçalves, M. A. et al. 2016. Comportamento produtivo de Cultivares de
633 Morangueiro estabelecidos a partir de mudas com torrão. *Revista Eletrônica
634 Científica Uergs* 2(3): 277-283.

635 Huang, P. W. et al. 2011. Effects of cell size on the production of
636 containerized strawberry transplants in Florida. *Proceedings Florida State
637 Horticultural Society* 124: 184-187.

638 Lieten, F. 1997. Relationship of digging DAPe, chilling and root
639 carbohydrate content to storability of strawberry plant. *Acta Horticulturae* 439:
640 623-626.

641 Lieten, F. 2000. Recent advances in strawberry plug transplant technology.
642 *Acta Horticulturae* 513: 383-388.

643 Marschner, H. 2012. *Mineral nutrition of higher plants*. Elsevier, London. 649p.

644 Oliveira, R. J. P. de et al. 2012. Teores de carboidratos em estacas lenhosas
645 de mirtilheiro. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34: 1199-1207.

646 Pereira, G. P. et al. 2016. Atividade respiratória de meristemas apicais de
647 ramos plagiotrópicos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Ciência
648 Florestal* 26: 203-211.

649 Rahman, M. M. et al. 2014. Effect of planting time and genotypes growth,
650 yield and quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa Duch.*). *Scientia
651 Horticulturae* 167: 56-62.

652 Rosa, D. S. B. 2020. Propagação e reutilização de substrato para produção
653 de morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva [tese].
654 UFPel, Pelotas.

655 Santos, B. M. et al. 2012. Improved sustainability through novel water
656 management strategies for strawberry transplant establishment in Florida,
657 United States. *Agronomy* 2(4): 312-320.

658 Signorini, C. B. 2020. Substrato de casca de arroz in natura e
659 condicionadores para a cultura do morangueiro em sistema com
660 recirculação da solução nutritiva [tese]. UFPel, Pelotas.

661 Sonneveld, C.; Straver, N. Nutrient solution for vegetables and flowers grown
662 in water or substrates. 10th ed. The Netherlands, proef station voor Tuinbouw
663 onder Glas Te Naaldwijk. *Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw* 8.

664 Taiz, L. et al. 2017. *Fisiologia e h vegetal*. Artmed, Porto Alegre. 858p.

665 Torres-Quezada, E. A. et al. 2015. Initial crown diameter of strawberry bare-
666 root transplants affects early and total fruit yield. *HortTechnology* 25(2): 203-208.

7 Considerações finais

Considerando as plantas de diferentes origens, o substrato e o seu tempo de uso, as características produtivas e as circunstâncias em que foram realizados os experimentos, conclui-se que:

- A adoção de três diferentes origens de mudas promove diferenças significativas no desempenho vegetativo e produtivo das plantas. Plantas advindas da Espanha apresentam melhores desempenhos frente às demais origens, independente do substrato e ciclo de cultivo;
- Mudas espanholas e nacionais se sobressaíram às argentinas, fato esse que está relacionado a época de plantio;
- A permanência de plantas e substratos por dois ciclos produtivos favorece a colheita precoce de frutos;
- A utilização de substratos à base de casca de arroz *in natura* possui alterações nas suas características físicas que são favorecidas com a sua reutilização;
- Em relação à casca de arroz pura, observou-se ganhos de produtividade quando realizada a sua manutenção por um maior período de reutilização, tanto quanto mantidas plantas por dois ciclos produtivos ou plantadas novas mudas sobre o substrato reutilizado;
- A adição de substrato comercial à casca de arroz melhora as características físicas do substrato, refletindo em resultados positivos no crescimento das plantas e na produção de frutos;
- A reutilização de substratos por até quatro ciclos de cultivo não afetou o crescimento e a produção de frutos. Contrariamente, para os dois substratos estudados, ocorreram melhorias nas características físicas com a reutilização. Nos dois diferentes substratos, o incremento do crescimento e produção foram percebidos, mas a adição de substrato comercial acarretou resultados superiores quando comparado à casca de arroz pura;
- O emprego de enraizante comercial auxilia no crescimento radicular inicial e durante o ciclo produtivo de plantas de morangueiro, refletindo positivamente no crescimento e na produção, principalmente na colheita precoce de frutos. As três procedências de plantas obtiveram resultados interessantes de produção, contudo, mudas espanholas e nacionais se sobressaíram às argentinas.

Referências

ALMEIDA JÚNIOR, A. B. *et al.* Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 01, p. 217-221, 2009.

ANDRIOLO, J. L. *et al.* Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 691-695, 2009.

ANDRIOLO, J. L. *et al.* Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, v. 40, p. 237-242, 2010.

ANDRIOLO, J. L. Sistema hidropônico fechado com subirrigação para produção de minitubérculos de batata. *In: Simpósio de Melhoramento Genético e Previsão de Epifitias em Batata*, 2006. Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2006. p. 26-40.

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.

ANTUNES, L. E. C. *et al.* Morangos do jeito que o consumidor gosta. **Campo & Lavoura**, Anuário HF 2015, n. 1, p. 64-72, 2015.

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.; COCCO, C. Tecnologia para a produção de frutas do morangueiro. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 2, p. 61-65, 2012.

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

BARRETO, C. F. *et al.* Concentration and Periods of Application of Prohexadione Calcium in the Growth of Strawberry Seedlings. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 1937-1944. 2018.

BARTCZAK, M. *et al.* Correlação entre parâmetros selecionados de material de plantio e produtividade de morango. **Folia Horticulturae**, v. 22, n. 1, p. 9-12. 2010.

BECKER, Tais. Barbosa. **Produção de mudas de morangueiro fora do solo sob diferentes concentrações de nitrogênio nas matrizes e datas de plantio das mudas na região sul do RS**. 2017. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

- BORTOLOZZO, A. R. *et al.* **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho (Circular Técnica, 62), 2005.
- CANELLAS, L. P. *et al.* Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acids. **Chemosphere**, Oxford, v. 78, p. 457-466, 2010.
- CARDOSO, Atalita. Francis. **Desempenho de híbridos de melão rendilhado cultivados em substrato da fibra da casca de coco reutilizada**. 2009. 48f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.
- CECATTO, A. P. *et al.* Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 4, p. 471-478, 2013.
- CLIMA-DATA.ORG. **Clima Plottier (Argentina)**. Disponível em <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/argentina/neuquen/plottier-764066/>>. Acesso em 25 junho de 2022.
- COCCO, C. *et al.* Crescimento, desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com diferentes volumes de torrão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, 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.
- COSMOCEL IBERICA. **Folha de dados Rootex: Bioestimulantes**. Disponível em <<https://cutt.ly/MRuFebB>>. Acesso em 12 Junho de 2022.
- DELARMELINA, W. M. *et al.* Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e ambiente**, v. 21, p. 224-233, 2014.
- DIEL, M. I. *et al.* Efficiency of Water use for Strawberries Cultivated in different Semi-Hydroponic Substrates. **Australian journal of basic and applied sciences**, v. 10, p. 31-37, 2016.
- DIEL, M. I. *et al.* Cultivo de morango em substrato: produtividade e qualidade dos frutos são afetados pela origem da cultivar e substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 3, p. 229-239, 2018.
- 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.
- DUTRA, J. G. *et al.* Fruit production and quality of mini-watermelon with different number of stems, in troughs cultivation system and substrate reuse. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 471-486, 2021.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 401p.

ESHGHI, S. *et al.* Alterações nos teores de carboidratos em pontas de brotos, folhas e raízes de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) durante a diferenciação dos botões florais. **Scientia Horticulturae**, v. 113, n. 3, p. 255-260, 2007.

FAGHERAZZI, A. F. *et al.* La fragolicoltura brasiliana guarda avanti. Frutticoltura (Bologna). **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, v. 75, p. 20-24, 2014.

FAGHERAZZI, A. F. *et al.* Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1, p. 937-940, 2017.

FAGHERAZZI, A.F. *et al.* Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1156, p. 937-940, 2017.

FERMINO, M. H. *et al.* **Produção de mudas de citros em recipiente: uma alternativa para agricultores familiares do Rio Grande do Sul**. Circular: divulgação técnica, 11. DDPA, Porto Alegre. 2021.

FERNANDES-JUNIOR, F. *et al.* Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v. 61, p. 25-34, 2002.

FAO. Agricultural Production/strawberry. Disponível em <www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em 11 Junho de 2022.

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

GODOI, R. S. *et al.* 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.

GONÇALVES, M. A. *et al.* Comportamento produtivo de Cultivares de Morangueiro estabelecidos a partir de mudas com torrão. **Revista Eletrônica Científica**, v. 2, n. 3, p. 277-283, 2016.

GONÇALVES, Michel. Aldrighi. **Produção de mudas de morangueiro e comportamento a campo**. 2015. 153f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GRAHAM, D.; SMYDZUC, J. Use of anthrone in the quantitative determination of hexose phosphates. **Analytical Biochemistry**, v. 11, p. 246-255, 1965.

HINOJOSA, G. F. Auxinas em plantas superiores: síntese e propriedades fisiológicas. In: CID, L. P. B. **Hormônios Vegetais em Plantas Superiores**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. p. 15-51.

HÖHN, D. *et al.* Crescimento e qualidade de lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Shinn.)] cultivado em substratos de casca de arroz em canais com recirculação de lixiviados. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 13, n. 3, p. 458-465, 2019.

HÖHN, D. *et al.* Rice Husk Substrates and Pruning Time for Gypsophila Production. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 2, p. 475-483, 2018.

HUANG, P. W. *et al.* Effects of cell size on the production of containerized strawberry transplants in Florida. **Proceedings Florida State Horticultural Society**, v. 124, p. 184-187, 2011.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

KIRSCHBAUM, D. S. *et al.* Lateseason nitrogen applications in high-latitude strawberry nurseries improve transplant production pattern in warm regions. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 7, p. 1001-1007, 2010.

LIETEN, F. Relationship of digging DAPe, chilling and root carbohydrate content to storability of strawberry plant. **Acta Horticulturae**, v. 439, p. 623-626, 1997.

LIETEN, F. Recent advances in strawberry plug transplant technology. **Acta Horticulturae**, v. 513, p. 383-388, 2000.

LIETEN, P. J. *et al.* Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. **Acta Horticulturae**, v. 649, p. 193-196, 2004.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1989.

LÓPEZ-ARANDA, J. M. *et al.* Strawberry production in mild climates of the world: A 51 review of current cultivar use. **International Journal of Fruit Science**, v. 11, n. 3, p. 232-244, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfatom, 1997.

MANAKASEM, Y.; GOODWIN, P. B. Responses of Dayneutral and Junebearing Strawberries to Temperature and Daylength. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 76, n. 5, p. 629-635, 2001.

MARQUES, G. N.; PEIL, R. M. N. Ecofisiologia de cultivares de morangueiro. In: SENAR-PR 318. **Cultivo de Morangueiro em Substrato**. Curitiba: SENAR, 2016. p. 35-43.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Elsevier, 2012. 649p.

MATZENAUER, R. *et al.* Horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 11, p. 71-76, 2005.

McCREADY, R. M. *et al.* Determination the starch and amilose in vegetables. Applications to pea. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

MEDEIROS, C. A. B.; STRASSBURGER, A. S.; ANTUNES, L. E. C. Avaliação de substratos constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, S4827-S4831, 2008.

MELO, Danilo. Mesquita. **Reutilização do substrato e concentração da solução nutritiva no cultivo do tomateiro do grupo salada**. 2015. 71f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MENZEL, C.M.; SMITH, L. Relação entre os níveis de carboidratos não estruturais, data de escavação, ambiente de crescimento do viveiro e resfriamento em mudas de morango em ambiente subtropical. **HortScience**, v. 47, n. 4, p. 459-464, 2012.

NETO, R. D. A. P.; REDIG, M. D. S. F. Uso de substratos orgânicos na produção de mudas de couve Manteiga hidropônica em Cametá, Pará. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 116-123, 2017.

NEUTZLING, C. *et al.* Reutilización del sustrato cascarilla de arroz *in natura* tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (*Cucumis sativus* L.) en sistema de recirculación de lixiviado. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 12, n. 3, p. 602-610, 2018.

NEUTZLING, Cristiane. **Reutilização de substrato de casca de arroz *in natura* e cultivar de pepineiro conserva em sistema de calhas com recirculação do lixiviado**. 2018. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

OLIVEIRA, R. J. P. *et al.* Teores de carboidratos em estacas lenhosas de mirtilheiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 1199-1207, 2012.

OLIVEIRA, R. P.; SCVITTARO, W. B. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 520-522, 2006.

OLIVEIRA, R. P.; NINO, A. F. P.; SCVITTARO, W. B. Mudas certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura**, v. 108, n. 655, p.35-38, 2005.

PAGNAN, H. A. **Mudas da Segóvia – Espanha**. Revista Campo e Negócios, Uberlândia, Minas Gerais. Disponível em <<https://revistacampoenegocios.com.br/morango-mudas-da-segovia-espanha/>>. Acesso em 21 junho 2022.

PEIL, R. M. N. *et al.* Cultivo do morangueiro em substrato: aspectos técnicos e ambientais de sistemas abertos e fechados. *In*: OLIVEIRA, J. L. B.; MINUZZI, R. B. (orgs.). **Manejo de pragas e patógenos e a multiplicidade em sistemas de cultivo hidropônico**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2018. p. 24-50.

PEIL, R. M. N.; SIGNORINI, C. B.; PERIN, L. Cultivo em calhas com substrato e recirculação do drenado: uma alternativa econômica e de baixo impacto ambiental. *In: JORGE, L. B. et al. (org.). Diversificação e aprimoramento no cultivo hidropônico*. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2021. p. 121-139.

PEREIRA, G. P. *et al.* Atividade respiratória de meristemas apicais de ramos plagiotrópicos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 203-211, 2016.

PERIN, L. *et al.* Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, n. 1, p. e34992, 2018.

PORTELA, Isabelita. Pereira. **Sistemas de cultivo sem solo com solução nutritiva recirculante e cultivares de morangueiro**. 2015. 84f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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.

RADIN, B. *et al.* Desempenho de quatro cultivares de morangueiro em duas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 287-291, 2011.

RAHMAN, M. M. *et al.* Effect of planting time and genotypes growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 167, p.56-62, 2014.

ROSA, D. S. B. *et al.* Reutilização de substrato de casca de arroz e número de hastes para o tomateiro grape em sistema com recirculação da solução nutritiva. *In: ENCONTRO BRASILEIRO DE HIDROPONIA*, 11; *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA*, 3. Florianópolis, Brasil. **Anais [...]** 2016. p. 73-76.

ROSA, Douglas. Schulz. Bergmann. **Número de hastes para o cultivo do tomateiro grape em substrato de casca de arroz e sistema fechado**. 2015. 126f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ROSA, Douglas. Schulz. Bergmann. **Propagação e reutilização de substrato para a produção de morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva**. 2020. 145f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

RUAN, J.; YEOUNG, Y. R.; LARSON, K. D. Influence of cultivar, planting date, and planting material on yield of day-neutral strawberry cultivars in highland areas of Korea. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v. 52, n. 6, p. 567-575, 2011.

SANTOS, B. M. *et al.* Improved sustainability through novel water management strategies for strawberry transplant establishment in Florida, United States. **Agronomy**, v. 2, n. 4, p. 312-320, 2012.

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 em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SIGNORINI, C. *et al.* Condicionadores de substrato de casca de arroz *in natura* e tipos de mudas para produção de morango em sistema de calhas. *In*: XI ENCONTRO E IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROPONIA. Florianópolis, Santa Catarina. **Anais [...]** 2018.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e Fisiologia Do Morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 7-13, 2007.

SILVA, M. R. R.; IGNACIO, L. A. P.; SILVA, G. A. da. Desenvolvimento de mudas de maracujá amarelo em função de diferentes doses fósforo reativo. **Revista de Agronegócio – Reagro**, v. 6, n. 1, p. 41-50, 2017.

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

STRASSBURGER, A. S. *et al.* Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 2, p. 283-289, 2011.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TORRES-QUEZADA, E. A. *et al.* Initial crown diameter of strawberry bare-root transplants affects early and total fruit yield. **HortTechnology**, v. 25, n. 2, p. 203-208, 2015.

TREVISAN, A. R.; SOUZA SILVA, L. de; BENDASSOLLI, J. A. Aproveitamento do nitrogênio pela cultura do morangueiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35. Natal, Brasil. **Anais [...]** 2015.

UENO, B. Manejo integrado de doenças do morango. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2. Pelotas. **Anais [...]** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 69-77.

ZORZETO, T.Q. *et al.* Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, p. 300-311, 2014.