

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

**Produção de morangos em sistema sem solo: frequência de irrigação,
substrato, soluções nutritivas e regulador de crescimento**

Tais Barbosa Becker

Pelotas, 2020

TAIS BARBOSA BECKER

Engenheira Agrônoma

**Produção de morangos em sistema sem solo: frequência de irrigação,
substrato, soluções nutritivas e regulador de crescimento**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências (área de conhecimento: Fruticultura de Clima Temperado).

Orientador: Dr. Luis Eduardo Corrêa Antunes (Embrapa Clima Temperado)

Co-Orientador: Dr. Paulo Celso de Mello Farias (Universidade Federal de Pelotas)

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

B395p Becker, Tais Barbosa

Produção de morangos em sistema sem solo:
frequência de irrigação, substrato, soluções nutritivas e
regulador de crescimento / Tais Barbosa Becker; Luis
Eduardo Corrêa Antunes, orientador; Paulo Celso de Mello
Farias, coorientador. — Pelotas, 2020.
195 f.

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

1. *Fragaria x ananassa* – Nutriente – Qualidade físico-
química. 2. Morango – Produção – Sistema sem solo. 3.
Prohexadione cálcio. I. Antunes, Luis Eduardo Corrêa,
orient. II. Farias, Paulo Celso de Mello, coorient. III. Título.

CDD : 634.75

Tais Barbosa Becker

Título: Produção de morangos em sistema sem solo: frequência de irrigação, substrato, soluções nutritivas e regulador de crescimento

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

Data da Defesa: 27/05/2020

Banca examinadora:

Pesquisador e professor Luis Eduardo Corrêa Antunes (Orientador)
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras

Professora Roberta Marins Nogueira Peil
Doutora em Agronomia pela Universidade de Almería (Espanha)

Pesquisador Carlos Reisser Junior
Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Michél Aldrigui Gonçalves
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Professora Letícia Vanni Ferreira
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

DEDICATÓRIA

A minha família, exemplo de vida pela luta
e persistência, e em especial meu amor Fabricio
pelo incentivo, carinho, apoio, e compreensão,
em todos os momentos...

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e oportunidades concedidas diariamente em minha vida.

À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de realizar o curso de pós-graduação em Agronomia e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro que viabilizou a realização deste trabalho.

À Embrapa Clima Temperado pelo uso de sua infraestrutura na condução dos trabalhos, pelas oportunidades e conhecimentos adquiridos no período do doutorado, juntamente às pessoas que de alguma forma contribuíram para realização das atividades.

Aos colegas Andressa Vighi Schiavon e Eloi Delazeri, e ao técnico de campo Rudinei Gomes do grupo das pequenas frutas pelo apoio durante a realização dos experimentos, importantes para realização das atividades, assim como pela amizade formada ao longo do período.

Ao orientador Luis Eduardo Correa Antunes pela amizade criada nesse período de convivência e confiança dada para realização dos trabalhos desde a graduação, incentivando a seguir buscando novos conhecimentos, além dos conhecimentos técnicos e científicos passados e sua disponibilidade.

À minha família pela confiança, incentivo e apoio dado durante todos os momentos, realizando os objetivos pretendidos ao longo da vida. Em especial ao Fabricio por todo apoio nesse período.

Resumo

BECKER, Tais Barbosa. **Produção de morangos em sistema sem solo: frequência de irrigação, substrato, soluções nutritivas e regulador de crescimento**. 2020. 195f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

A produção de morangos em sistema de cultivo sem solo tem ganhado grande importância no Brasil, onde esta modalidade de cultivo vem substituindo o cultivo tradicional. Vários motivos são responsáveis por essa migração, tais como: reduzir a incidência de doenças radiculares, facilitar o manejo, aumentar a densidade de plantas e a produtividade, melhorar a qualidade das frutas, além de fornecer água e nutrientes em quantidades adequadas às necessidades da planta, reduzindo as perdas por excessos no ambiente de cultivo. O presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento vegetativo e produtivo de plantas de morangueiro e a qualidade físico-química das frutas quanto ao uso de mudas nacionais, substratos, soluções nutritivas, volumes de irrigação e regulador de crescimento em sistema de cultivo sem solo. Os estudos foram desenvolvidos em área experimental pertencente à Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, de 2017 a 2019 em sistemas de cultivo sem solo aberto e fechado (com recirculação da solução nutritiva). A aplicação das concentrações do prohexadione cálcio nas mudas de morangueiro causou a diminuição da área foliar total e do comprimento de pecíolo, reduzindo o crescimento vegetativo das mudas. As concentrações não influenciaram o número de frutas por planta, a massa média de fruta e a massa total de frutas nas cultivares Aromas e Camarosa. Fornecer 122,5 mL de irrigação ao dia em plantas da cultivar Camarosa favoreceram a maior produção de frutas por planta assim como frutas com maior massa. O uso dos substratos S1 e S2 proporcionam maior número e produção de frutas com a cultivar Camarosa em relação ao substrato ao substrato S3. Assim como maior produção de estolões por planta. As características físico-químicas e fitoquímicas das frutas de morangueiro cultivar Camarosa variam conforme a interação entre o substrato e o volume de irrigação utilizado. O manejo com o equipamento CAI ou 52,5 mL de irrigação ao dia, possibilita obter frutas com maior teor de sólidos solúveis. Os substratos S1 e S2, e 122,5 mL diárias de irrigação, proporcionam frutas com maior diâmetro e comprimento. Plantas da cultivar Albion são mais precoces que as de 'San Andreas' para atingirem a plena frutificação. Enquanto que plantas da cultivar San Andreas apresentam maior número de frutas e maior massa de frutas por planta, além de maior atividade antioxidante em relação a cultivar Albion. Frutas produzidas a partir do uso da cultivar Albion apresentam maior firmeza e maior teor de sólidos solúveis em relação as de 'San Andreas', que por sua vez, apresentam maior coloração da epiderme.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*; nutriente; prohexadione cálcio; qualidade físico-química; produção

ABSTRACT

Becker, Tais Barbosa. **Strawberry production in a soilless system: irrigation frequency, substrate, nutrient solutions and growth regulator**. 2020. 195f. Tese (Doctorate in Agronomy) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

The production of strawberries in a soilless cultivation system has gained great importance in Brazil, where this type of cultivation has been replacing traditional cultivation. Several reasons are responsible for this migration, such as: reducing the incidence of root diseases, facilitating management, increasing plant density and productivity, improving fruit quality, in addition to providing water and nutrients in quantities appropriate to the needs of the plant, reducing losses due to excesses in the cultivation environment. The present study aimed to evaluate the vegetative and productive behavior of strawberry plants and the physical-chemical quality of the fruits regarding the use of national seedlings, substrates, nutrient solutions, irrigation volumes and growth regulator in a soilless cultivation system. The studies were carried out in an experimental area belonging to Embrapa Clima Temperado, in Pelotas, RS, from 2017 to 2019 in cultivation systems soilless open and closed soil (with recirculation of the nutrient solution). The application of the concentrations of prohexadione calcium in strawberry seedlings caused a decrease in total leaf area and petiole length, reducing the vegetative growth of the seedlings. The concentrations did not influence the number of fruits per plant, the average fruit mass and the total fruit mass in the cultivars Aromas and Camarosa. Supplying 122.5 mL of irrigation a day to plants of the cultivar Camarosa favored the greater production of fruits per plant as well as fruits with greater mass. The use of substrates S1 and S2 provide greater number and fruit production with the cultivar Camarosa in relation to the substrate to the substrate S3. As well as greater production of stalls per plant. The physical-chemical and phytochemical characteristics of strawberry fruits cultivar Camarosa vary according to the interaction between the substrate and the volume of irrigation used. The handling with the CAI equipment or 52.5 mL of irrigation a day, makes it possible to obtain fruits with a higher content of soluble solids. The substrates S1 and S2, and 122.5 mL daily of irrigation, provide fruits with greater diameter and length. Plants of the Albion cultivar are earlier than those of 'San Andreas' to achieve full fruiting. While plants from the San Andreas cultivar have a greater number of fruits and a greater mass of fruits per plant, in addition to greater antioxidant activity in relation to Albion cultivar. Fruits produced from the use of the Albion cultivar have greater firmness and a higher content of soluble solids in relation to those of 'San Andreas', which in turn, show greater coloration of the epidermis.

Key-words: *Fragaria x ananassa*; nutrient; prohexadione calcium; physical and chemical quality; production

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

- Figura 1.** Médias mensais de temperatura (A) e precipitação (B) nos anos de 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....71
- Figura 2.** Produção mensal de frutas de morangueiro da cultivar Camarosa quanto aos volumes de irrigação durante os nove meses de colheita durante o ciclo 2017/2018 (A) e seis meses de colheita durante o ciclo 2018 (B). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....72
- Figura 3.** Produção mensal de frutas de morangueiro da cultivar Camarosa quanto os substratos durante os nove meses de colheita durante o ciclo 2017/2018 (A) e seis meses de colheita durante o ciclo 2018 (B). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....73

Artigo 2

- Figura 1.** Médias mensais de temperatura (A) e precipitação (C) em 2017 e temperatura (B) e precipitação (D) em 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....90

Artigo 3

- Figure 1.** Total leaf area (A) and petiole length (B) of strawberry seedlings of the cultivars Aromas and Camarosa under different concentrations of prohexadione calcium in 2018.....117
- Figure 2.** Content of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll in strawberry seedlings of the cultivars Aromas (A) and Camarosa (B) under different concentrations of prohexadione calcium in 2018.....118
- Figure 3.** Full bloom (A) and fruiting (C) in 2018, in days after planting (DAP) and full bloom (B) and fruiting (D) in 2019, in days after planting (DP), of plants of strawberry from the Aromas and Camarosa cultivars established in the soilless cultivation system under different concentrations of Prohexadione Calcium.....118

Figure 4. Fruit diameter in 2018 (A) and 2019 (B) and fruit length in 2018 (C) and 2019 (D) of strawberries from the Aromas and Camarosa cultivars established in the soilless cultivation system under different concentrations of Prohexadione Calcium.....119

Figure 5. Crown dry weight (A) and leaf dry weight (B) of strawberry plants cv Aromas and Camarosa established in the soilless cultivation system under different concentrations of Prohexadione Calcium.....119

Artigo 4

Figura 1. Massa de frutas mensal por plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo quanto as soluções nutritivas durante todo experimento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....141

Figura 2. Massa de frutas mensal por plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo quanto as cultivares durante todo experimento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....144

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1. Início e plena frutificação, em dias após o plantio (DAP) no ciclo 2017 e em dias após a poda (DP) no ciclo 2018, de plantas de morangueiro da cultivar Camarosa estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	67
Tabela 2. Número total de frutas por planta, produção total de frutas por planta, massa média de fruta e massa seca de estolão por planta de morangueiro da cultivar Camarosa estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação nos ciclos 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	68
Tabela 3. Produção de massa seca de coroa e folhas de plantas de morangueiro da cultivar Camarosa, estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação nos ciclos 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	69
Tabela 4. Potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e altura do slab ao final do experimento, com plantas da cultivar Camarosa estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	70

Artigo 2

Tabela 1. Diâmetro e comprimento de frutas de morangueiro da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	91
Tabela 2. Sólidos solúveis (SS) e potencial hidrogeniônico (pH), de frutas da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	92

Tabela 3. Acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de frutas da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	93
Tabela 4. Firmeza de polpa e coloração da epiderme (Cor) de frutas da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	94
Tabela 5. Compostos fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante total de frutas de morangueiro da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	95
Tabela 6. Compostos fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante total de frutas de morangueiro da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	96

Artigo 3

Table 1. Crown diameter, number of leaves and shoot dry weight of strawberry seedlings of the cultivars Aromas and Camarosa established in the soilless cultivation system under different concentrations of Prohexadione Calcium in 2018.....	116
Table 2. Total number of fruits per plant, average fruit mass and total fruit mass per strawberry plant of the cultivars Aromas and Camarosa established in the soilless cultivation system under different concentrations of Prohexadione Calcium in the cycles 2018 and 2019.....	117

Artigo 4

Tabela 1. Composição de macronutrientes das diferentes soluções nutritivas utilizadas durante a produção de frutas de morangueiro, nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	124
--	-----

Tabela 2. Diâmetro de coroa, massa seca de raiz e massa seca de coroa em mudas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas em 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	129
Tabela 3. Início e plena floração em dias após o plantio (DAP), início e plena frutificação em dias após o plantio (DAP) de plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas em 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	130
Tabela 4. Número total de frutas por planta, massa de frutas por planta, massa média de fruta e massa seca de folhas por planta de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas nos ciclos 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	134
Tabela 5. Massa seca de coroa por planta de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas nos ciclos 2018 e 2019.Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.	135
Tabela 6. Teores de macronutrientes em g.Kg ⁻¹ em folhas de plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas nos ciclos 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	137
Tabela 7. Teores de micronutrientes em mg.Kg ⁻¹ em folhas de plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas nos ciclos 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	139

Artigo 5

Tabela 1. Composição de macronutrientes das diferentes soluções nutritivas utilizadas durante a fase a produção de frutas de morangueiro, nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	165
Tabela 2. Teores médios de macronutrientes (em gramas por quilo) e micronutrientes em (miligramas por quilo) em folhas de plantas de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	166

Tabela 3. Diâmetro e comprimento de frutas de cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	167
Tabela 4. Sólidos solúveis (SS) e potencial hidrogeniônico (pH), de frutas de cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	168
Tabela 5. Acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de frutas de cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	169
Tabela 6. Firmeza de polpa e coloração da epiderme (Cor) de frutas de cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020...	170
Tabela 7. Compostos fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante total de frutas de cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.....	171

SUMÁRIO

Resumo	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS	11
SUMÁRIO.....	15
1. INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1. Hipóteses	18
1.2. Objetivos Específicos	18
2.REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1. A cultura do morangueiro.....	19
2.2. Produção de mudas.....	20
2.2. Sistemas de cultivo	22
2.3. Fertirrigação.....	24
2.4. Substratos.....	26
2.5. Regulador de crescimento	27
3.PROJETO DE PESQUISA	29
3.1. Título.....	29
3.2. Equipe.....	29
3.2. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA.....	29
3.3. Hipóteses	34
3.4. Objetivo Geral	34
3.5. Objetivos Específicos.....	34
3.6. MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.6.1. Local dos experimentos	35
3.6.2. Descrição dos experimentos.....	35
3.6.2.1. Frequências de irrigação e substratos na produção de frutas de morangueiro com mudas nacionais em cultivo sem solo.....	35
3.6.2.2. Substratos e cultivares na produção de frutas de morangueiro em cultivo sem solo com solução nutritiva recirculante	40
3.6.2.3. Utilização de lâmpadas fluorescentes no desenvolvimento de mudas nacionais de morangueiro em cultivo sem solo	42
3.7. RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS	43
4.RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO	51
5. ARTIGO 1: Substratos e volumes de irrigação na produção de morangos em cultivo sem solo.....	54

6. ARTIGO 2: Qualidade de morangos oriundos de sistema de produção sem solo: efeito de substratos e volumes de irrigação a partir de mudas nacionais	75
7. ARTIGO 3: Productive behavior of strawberry from potted seedlings produced with application of prohexadione calcium in soilless cultivation	98
8. ARTIGO 4: Produção de cultivares de morangueiro sob diferentes concentrações de soluções nutritivas em cultivo sem solo.....	121
9. ARTIGO 5: Qualidade de morangos em cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas	152
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	173
11. REFERÊNCIAS	175
12. ANEXOS	189

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch) no Rio Grande do Sul (RS) é de grande importância, principalmente nas propriedades de agricultores familiares, onde é visto como uma alternativa para diversificar a produção (MORAES, 2019).

Devido ao seu sabor, presença de nutrientes essenciais e compostos bioativos promotores de saúde, incluindo vitaminas, fibras, minerais, antocianinas e compostos fenólicos, o morango é uma das frutas mais populares entre os consumidores (WANG et al. 2019).

O aumento na produção mundial nos últimos anos foi impulsionado por diversos fatores tais como: uso de novas cultivares, especialmente de dias neutros, o aumento da área plantada em sistemas de cultivo sem solo, e o uso de plantas saudáveis (FAGHERAZZI et al., 2017). Estima-se que a demanda anual das principais regiões produtoras de morango no Brasil seja em torno de 175.000.000 de mudas (ANTUNES; PERES 2013).

O RS é o estado brasileiro que mais importa mudas de morangueiro, sendo de extrema importância a inserção de mudas nacionais, podendo-se reduzir, desta forma, os custos de produção (GONÇALVES et al., 2016 b). Cerca de 45% da superfície cultivada com morangueiro no estado é praticada em sistemas de cultivo sem solo, em especial, pelo cultivo em sistemas suspensos com uso de substratos (FAGHERAZZI et al, 2017b).

A adubação do morangueiro é uma das principais práticas responsáveis pelo aumento da produtividade e da qualidade da fruta (BARRETO et al., 2017). No cultivo sem solo, que emprega substratos quimicamente ativos, o manejo da irrigação e da fertirrigação exige maior exatidão na quantidade e no momento de fornecimento de água e de solução nutritiva às plantas (WAMSER, 2017).

Existem diversas formulações de soluções nutritivas para o cultivo sem solo. Entretanto, a absorção de nutrientes varia, dentre outros fatores, com a cultivar, com o estágio de desenvolvimento e com as condições climáticas. Assim, torna-se essencial o estudo de formulações específicas para cada espécie (PORTELA et al., 2012 b).

Além disso, o fornecimento da dose adequada de fertilizantes e a forma de aplicação ao longo do ciclo da cultura são fundamentais para evitar desperdícios e,

consequentemente, reduzir custo e impedir a salinização do substrato (OLIVEIRA et al., 2013).

Outro fator relevante para o melhor desempenho do morangueiro é o volume de irrigação, pois ela afeta a qualidade das frutas. Além disso, determinando-se a quantidade de água de acordo com a necessidade da planta, minimiza-se o desperdício de água, a lixiviação de nutrientes e a degradação do meio ambiente além de reduzir custos (SANTOS et al., 2018).

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento de cultivares e a qualidade de morangos a partir do uso de mudas nacionais, substratos, regulador de crescimento, soluções nutritivas e volume de irrigação, em sistema de cultivo sem solo.

1.1. Hipóteses

- O aumento da concentração de prohexadione cálcio aplicado na fase de produção de mudas altera (estimula ou atrasa) o início da floração e frutificação bem como a produção de frutas;
- As necessidades nutricionais variam de acordo com as cultivares de morangueiro estudadas em sistema sem solo recirculante;
- Frequências de irrigação e substratos influenciam o comportamento produtivo de mudas nacionais de morangueiro em sistema sem solo.

1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a influência das concentrações de prohexadione cálcio no comportamento das plantas quanto à produção;
- Determinar a qualidade físico-química de morangos em resposta aos substratos, às soluções nutritivas e às frequências de irrigação;
- Caracterizar o comportamento produtivo de mudas nacionais de morangueiro quanto às frequências de irrigação e aos substratos utilizados;
- Identificar a cultivar e a solução nutritiva mais adequadas para a produção de frutas em sistema recirculante.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do morangueiro

O morangueiro é uma espécie da família Rosaceae do gênero *Fragaria*. A hibridação natural ocorrida entre as espécies americanas *Fragaria chiloensis* (originária do Chile) e *Fragaria virginiana* (encontrada nos Estados Unidos e Canadá) resultou na espécie cultivada mundialmente (*Fragaria x ananassa* Duch.), um híbrido octoploide (SILVA et al., 2007; ANTUNES; OLIVEIRA, 2016).

Devido à sua grande diversidade genética, a cultura do morangueiro abrange ampla distribuição geográfica, pois conta com inúmeras cultivares com alta capacidade de adaptação às condições climáticas e de cultivo (MORALES et al., 2012).

Na América do Sul, o Brasil tornou-se o maior produtor de morangos nos últimos anos, com cerca de 4.500 hectares cultivados, onde são produzidas em torno de 165.000 toneladas da fruta (ANTUNES et al., 2020). Cerca de 75% da produção nacional vem dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul (FAGHERAZZI et al. 2017b).

As principais cultivares de morangueiro utilizadas no Brasil são provenientes de programas de melhoramento realizados nos Estados Unidos. Os principais materiais foram desenvolvidos na Universidade da Califórnia (cultivares Oso Grande, Camarosa, Aromas, Diamante, Caminho Real, Albion, Monterey, San Andreas, Palomar e Portola) e na Universidade da Flórida (Dover, Sweet Charlie e Florida Festival) (ZEIST; RESENDE, 2019).

O padrão varietal concentra-se em um número reduzido de cultivares no Brasil sendo 'Oso Grande' predominantemente na região Sudeste, e 'Camarosa', 'San Andreas' e 'Albion' na região Sul (ANTUNES; OLIVEIRA, 2016). As cultivares Albion, San Andreas e Camarosa representam 60% dos cultivos nacionais de morangueiro. Destacando-se 'Albion', a mais cultivada e San Andreas com maior crescimento de mercado, aumentando sua participação na superfície de cultivo a cada ano (FAGHERAZZI et al. 2017b).

Lançada pela Universidade da Califórnia (EUA) em 2006, a cultivar Albion é a de maior importância e a mais utilizada pelos produtores brasileiros, as plantas são pouco vigorosas, com a copa aberta e as frutas possuem coloração vermelha

intensa, com uma produtividade não tão elevada (SHAW; LARSON, 2006; D'ANNA, 2008; FAGHERAZZI et al, 2017b).

A cultivar San Andreas também foi lançada pela Universidade da Califórnia, em 2009. Apresenta potencial produtivo nos sistemas de cultivo sem do solo e mostra-se bem adaptada ao cultivo de segundo ano, por isso a crescente procura pelos produtores para os plantios. Possui frutas grandes, elevada firmeza de polpa, formato cônico alongado e uniforme, bom sabor e epiderme de coloração vermelha brilhante (mais clara em relação a Albion), o que torna a fruta muito atraente perante os consumidores. (SHAW; LARSON, 2009; RUAN et al., 2013).

A cultivar Aromas, lançada pela Universidade da Califórnia nos EUA, em 1997. Apresenta boa produção, plantas com vigor médio, frutas grandes de coloração vermelho brilhante, sabor agradável para consumo in natura e também para industrialização (UC, 2001; BERNARDI et al., 2005).

A cultivar Camarosa foi lançada em 1992 pela Universidade da Califórnia, nos EUA. Apresenta plantas vigorosas com folhas grandes e coloração verde escura; apresenta elevada capacidade de produção. Produz frutas resistentes, com boa durabilidade, coloração interna vermelha brilhante, indicada tanto para consumo in natura, como para industrialização (BERNARDI et al., 2005).

2.2. Produção de mudas

A demanda anual de mudas de morangueiro no Brasil gira entorno 175.000.000 de plantas (ANTUNES; PERES, 2013). As lavouras de produção de morango no país estão estabelecidas a partir de mudas frescas de raízes nuas provenientes de pontas de estolões enraizadas diretamente no solo, sendo este o sistema tradicional de propagação (DAL PICIO et al., 2013; GONÇALVES et al., 2016 b).

Entretanto, no Rio Grande do Sul, devido à baixa disponibilidade e qualidade das mudas nacionais, grande parte das mudas são importadas da região da Patagônia (Argentina e Chile) devido às excelentes condições de cultivo associadas à utilização de fumigantes de solo ainda permitidos nesses países (usados no controle de doenças de solo, nematoides e larvas, diminuindo a contaminação das mudas) (ANTUNES; PERES, 2013; BARRETO et al., 2018).

No Brasil os custos de produção de morango são elevados devido a dependência de materiais genéticos de viveiros estrangeiros (FAGHERAZZI et al. 2017 d) principalmente pelo pagamento de royalties próprios de contratos de direitos de propriedade e gastos com importação de mudas. Além disso, as mudas importadas geralmente só chegam ao Brasil no final de abril, em regiões onde as condições climáticas permitem que os plantios iniciem em março. Finalmente, existem os riscos associados à possibilidade de introdução de pragas junto às mudas (ZEIST; RESENDE 2019).

Neste contexto, a produção de mudas nacionais de morangueiro, com qualidade sanitária e fisiológica, é uma demanda nas mais diversas regiões produtoras do país (PEREIRA et al. 2016). Desta forma, nos últimos anos, foram iniciadas pesquisas para a produção de mudas em substrato comercial (mudas com torrão) (GONÇALVES et al. 2016 b). Neste sistema, as mudas matrizes provenientes do cultivo em vitro são plantadas em leitos de cultivo contendo substrato comercial, preferencialmente em estufas ou túneis, as mudas matrizes provenientes do cultivo in vitro. Durante o período propagativo (primavera-verão) ocorre a emissão de estolões, que são destacados ou direcionados para que entrem em contato com o substrato, para o enraizamento, dando origem à muda propriamente dita (PEREIRA et al. 2016).

A maior parte das mudas de morangueiro produzidas no Brasil provém de viveiros conduzidos no solo, em áreas não livres pragas e doenças. A produção de mudas em substratos garante maior qualidade fisiológica e fitossanitária devido ao substrato ser esterilizado e evitar a exposição de plantas a patógenos de solo (COCCO et al. 2016).

Esse tipo de muda apresenta como principal vantagem a possibilidade de escalonar a produção das mesmas, de maneira que o plantio na lavoura possa ser realizado na época recomendada (COCCO et al., 2011; BARRETO et al. 2018). O sistema radicular cresce envolvido por substrato, isento de patógenos, minimizando a exposição a doenças provenientes do cultivo no solo e o estresse por ocasião do transplante, o que contribui para o melhor desenvolvimento das mudas e precocidade na produção de frutas (COCCO et al., 2015).

2.2. Sistemas de cultivo

A evolução dos sistemas de cultivo de hortaliças passa por três etapas: o sistema convencional no solo, o sistema protegido no solo e o cultivo sem solo. O cultivo no solo é o que demanda menor conhecimento técnico e investimento pelo produtor. Com o sistema protegido no solo se obtêm maior qualidade e regularidade na produção. No entanto, fatores como manejo da água e nutrientes, controle de pragas e doenças do solo e necessidade de melhor ergonomia (devido à elevação do cultivo para bancadas acima do solo) são controlados com o uso do cultivo sem solo (ANDRIOLO, 2017).

Os sistemas de cultivo sem solo, dependendo do meio onde se desenvolvem as raízes, podem classificar-se em cultivo em substrato e cultivo aeropônico (CALVETE et al. 2016).

O cultivo de morangueiros em sistemas semi-hidropônicos (com uso de substratos) no Brasil vem crescendo anualmente (DIEL et al. 2018). O sistema sem solo é uma tendência no cultivo nacional do morangueiro, especialmente no Rio Grande do Sul, onde esta modalidade de cultivo vem substituindo o cultivo tradicional (GONÇALVES et al., 2016; COSTA et al. 2019).

Na região de Pelotas, o sistema de cultivo sem solo é recente quando comparado com as demais regiões produtoras de morango, sendo o mesmo tratado como uma novidade pelos produtores tradicionais (GONÇALVES et al., 2016 b).

O sistema de cultivo sem solo apresenta diversas vantagens em relação ao sistema convencional. Como, a facilidade na realização de práticas culturais, uma vez que as bancadas com os canais de cultivo (substratos e o sistema de irrigação e nutrição), estão elevadas do nível do solo (PIOVESAN et al. 2019).

Há redução na ocorrência de doenças e, conseqüentemente, na aplicação de pesticidas, além da eliminação do uso de produtos fumigantes do solo (MIRANDA et al. 2014). Essa redução dos riscos fitossanitários nas plantas em cultivo sem solo aliado as cultivares e a origem das mudas são fatores determinantes para o sucesso geral da cultura do morangueiro, porque esses fatores podem contribuir para a qualidade da fruta (DIEL et al., 2018).

Além disso, prolonga-se o período da colheita permitindo produção fora de época e aumenta o rendimento, permitindo maior capacidade de gerenciar o cultivo (CECATTO et al. 2013). O que tem influenciado no aumento do interesse pela

adoção desse sistema, pois além de obter maior produtividade e qualidade das frutas em um ciclo de produção, pode-se estender a colheita durante o ano inteiro (ANDRIOLO et al., 2009).

O sistema sem solo a ser adotado pode ser do tipo aberto ou fechado quanto à circulação da solução nutritiva. É considerado aberto quando o excesso da água e dos nutrientes da solução nutritiva fornecida não retorna ao reservatório, acarretando na perda da solução nutritiva que não é absorvida pelas plantas ou retida no substrato, e fechado quando a solução não absorvida é recirculada, retorna ao reservatório e é fornecida novamente às plantas (MIRANDA et al., 2014; OTHMAN et al. 2019).

Para o cultivo do morangueiro, os sistemas predominantes são os sistemas abertos, onde as plantas são cultivadas em sacolas ou vasos contendo diferentes tipos de substratos e ocorre a perda de drenagem da solução nutritiva para o ambiente, sem retornar para o reservatório (GODOI et al. 2009; MIRANDA et al., 2014). No entanto, por questões econômicas e ambientais, como a economia de nutrientes devido o fechamento do sistema e a diminuição da contaminação do solo pela lixiviação da solução nutritiva, a adoção do cultivo em substrato utilizando sistema fechado, com recirculação da solução nutritiva, está aumentando (ANDRIOLO et al., 2009; COSTA et al. 2019).

As principais vantagens do sistema fechado em relação ao aberto são a redução da perda de água e nutrientes para o ambiente, resultando na melhora da eficiência no uso da água. Além disso, auxiliam na redução da poluição do meio ambiente devido ao descarte de resíduos de indústria, pois, os sistemas fechados, utilizam normalmente como substrato, materiais de origem orgânica (por exemplo, resíduos de indústria) (PUTRA; YULIANDO, 2015).

Entretanto, surgem algumas dificuldades como o controle da condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico, por exemplo, em relação ao manejo da solução nutritiva com o fechamento do sistema de cultivo sem solo em substrato, principalmente para hortaliças de frutas, como é o caso do morangueiro e com longos ciclos de cultivo (GODOI et al., 2009; MARQUES, 2016).

O substrato a ser utilizado, o volume por planta e o manejo da irrigação e fertirrigação são questões que precisam ser estudadas, quando tratadas em conjunto no cultivo do morangueiro em sistema sem solo (ZORZETO et al. 2016).

2.3. Fertirrigação

Uma das principais práticas responsáveis pelo aumento da produtividade e da qualidade das frutas é a nutrição do morangueiro (BARRETO et al., 2017).

A migração do cultivo tradicional do morangueiro no solo para os sistemas sem solo (GONÇALVES et al., 2016 a; COSTA et al. 2019) demanda conhecimento no manejo da nutrição mineral e dos aspectos de produção envolvidos com o pH e condutividade elétrica da solução nutritiva (BARRETO et al., 2017).

A aplicação da água artificialmente às plantas, buscando satisfazer suas necessidades e garantir a produtividade é a definição de irrigação (TESTEZLAF et al., 2017). A solução nutritiva é a solução resultante da diluição dos fertilizantes (que contêm os nutrientes a serem fornecidos à cultura) na concentração apropriada na água de irrigação (PUTRA; YULIANDO, 2015).

A concentração da solução nutritiva e as condições ambientais influenciam no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade das frutas. A absorção de água pelas plantas é prejudicada quando a solução nutritiva está com a concentração elevada, agravando os efeitos negativos do estresse hídrico sobre o crescimento e a produtividade. Por outro lado, condições ambientais de reduzida demanda evaporativa da atmosfera combinada com baixas concentrações de solução nutritiva diminuem tanto o teor de massa seca como a qualidade da produção (LORENZO et al., 2003; ANDRIOLO et al., 2009).

A condutividade elétrica (CE) é considerada uma das propriedades mais importantes das soluções nutritivas. Se a CE de uma solução nutritiva for muito baixa, o suprimento e a absorção de alguns nutrientes poderá ser insuficiente, enquanto que em condições de CE com valor muito alta, as plantas são expostas à salinidade (PUTRA; YULIANDO, 2015).

A deficiência ou toxidez dos nutrientes minerais, os quais desempenham funções essenciais e específicas, são características para cada nutriente, e depende da cultivar e dos fatores ambientais (OLIVEIRA et al., 2009; BARRETO et al. 2017).

A aplicação da solução nutritiva para a cultura no cultivo em substrato denomina-se fertirrigação e pode ser feita por fitas gotejadoras ou tubos tipo espaguete. Esse sistema pode ser dividido em dois níveis tecnológicos: a fertirrigação intercalada à irrigação e o uso exclusivo da fertirrigação (ANDRIOLO, 2017).

A irrigação aliada a nutrição, ou seja, a fertirrigação, é um método muito eficiente para fornecer água e nutrientes às plantas (DIEL et al., 2016), uma vez que durante o seu ciclo de produção, as plantas de morangueiro requerem grandes quantidades de água e os métodos de irrigação nem sempre são eficientes e podem resultar na perda de água (MARTÍNEZ-FERRI et al., 2016).

Na cultura do morangueiro, o déficit hídrico afeta muito o metabolismo dos açúcares e o transporte de carboidratos (WEBER et al., 2017). Para proteger as plantas, em resposta ao estresse, são produzidos níveis elevados de metabólitos secundários (compostos fenólicos, por exemplo), que representam um benefício importante para a saúde do consumidor, pois esses compostos possuem a capacidade de prevenir e controlar o desenvolvimento de doenças (WEBER et al., 2013).

Entretanto o déficit hídrico no substrato tem resposta visível rápida nas plantas de morangueiro por inibir o crescimento e reduzir a produtividade ao desencadear declínio na expansão foliar e induzir o fechamento estomático levando a taxas mais baixas de fotossíntese, devido ao estresse osmótico (MOZAFARI et al., 2019). Por outro lado, para aumentar a produtividade do morangueiro é utilizada a irrigação excessiva, porém a saturação prolongada do substrato pode induzir várias doenças radiculares e contribuir para a lixiviação de nutrientes (WEBER et al., 2017).

O sistema de irrigação é um componente essencial no custo de produção e produtividade das culturas. O avanço e a introdução de fertirrigação automatizada em sistemas sem solo ganhou mais atenção recentemente para o uso eficaz de fertilizantes e recursos hídricos (MONTESANO et al., 2018; OTHMAN et al., 2019).

Pois utilizar como base aspectos visuais do comportamento da planta para realizar o manejo da irrigação é um fator comprometedor na produção de frutas. Elevada demanda de evapotranspiração pelo ambiente pode causar efeitos de murcha temporária na planta, estando relacionado o comportamento fisiológico da mesma, o que não reflete exatamente no momento de irrigar. Nesses momentos, normalmente, o agricultor realiza irrigação por relacionar a murcha temporária a estresse hídrico, o que nem sempre ocorre (SANTOS, 2019).

O que torna o uso do controle automático da irrigação essencial, por irrigar no momento que realmente a planta necessita, levando em consideração o potencial matricial do meio de desenvolvimento das raízes, além de otimizar o sistema de

irrigação. Pois além de determinar o momento de se iniciar a irrigação e de controlar a quantidade de água aplicada, com o uso desses sistemas, ocorre a automação de práticas agrícolas via água de irrigação, como por exemplo, fertilizantes (TESTEZLAF et al., 2017).

2.4. Substratos

No cultivo sem solo, a composição dos substratos afeta significativamente a fisiologia das plantas, o rendimento e a qualidade das frutas (ALSMAIRAT et al. 2018). O uso de substratos proporciona um ambiente favorável para o crescimento do morangueiro, promovendo o crescimento radicular e levando a um aumento na absorção de nutrientes (DIEL et al., 2016).

É importante o uso de substratos com características físicas ideais para o desenvolvimento das plantas (DIEL et al. 2018). Entre elas, fornecer suporte mecânico para as raízes, apresentar baixa densidade aparente, uma porosidade equilibrada e estável, a fim de fornecer ar e água suficientes para os processos metabólicos das raízes, e uma boa capacidade de retenção de água, a fim de evitar o estresse causado por déficit hídrico ou hipóxia (DIEL et al. 2018; OTHMAN et al. 2019).

O uso de diferentes fontes de substrato no sistema sem solo, o tamanho da partícula do substrato, aliado ao controle de nutrientes (N, K, Ca^{+2} , por exemplo) na solução nutritiva, influenciam de várias formas na qualidade da fruta (rendimento, tamanho e número de flores, teor de sólidos solúveis e compostos fenólicos) (AL-AJLOUNI et al. 2017 a; AL-AJLOUNI et al. 2017 b).

Os principais fatores determinantes para a seleção do substrato são amplamente baseados em considerações econômicas e de desempenho (OTHMAN et al. 2019). Um substrato eficaz deve ter bom desempenho quanto às propriedades físicas e químicas necessárias para suportar o sistema radicular (BARRETT et al., 2016).

A confecção de substratos a partir do uso de resíduos industriais orgânicos tornou-se uma realidade no Brasil. Tal situação foi impulsionada pela alternativa de se reduzir custos de produção, além de minimizar a poluição gerada pelas indústrias (OLIVEIRA et al., 2014). No Rio Grande do Sul, devido à presença de inúmeros engenhos no processo de beneficiamento do arroz, a casca de arroz apresenta-se

como um material de elevado potencial para a composição de substratos, por ser resíduo gerado pelos engenhos (MARQUES, 2016).

Já a turfa, nos últimos anos, é o constituinte orgânico dominante dos meios de cultivo em muitas partes do mundo, devido à excelente retenção de água e aeração, baixo pH e salinidade e sedimentos livres de pragas e doenças (MELGAREJO et al., 2017).

O crescimento das plantas pode ser melhorado em função do tamanho da partícula do substrato (AL-AJLOUNI et al., 2017 a). A composição dos substratos utilizados no cultivo sem solo apresenta características muito distintas de aeração e armazenamento da água. Alterar as proporções de mistura de materiais e as distribuições de tamanho de poros pode melhorar as condições de crescimento das plantas, podendo gerar economia de água (DEEPAGODA et al., 2013).

Outro parâmetro a ser levado em consideração na escolha do substrato a ser utilizado é o tamanho da partícula. Quando o tamanho de partícula for reduzido, o substrato apresenta maior capacidade de retenção de água e menor aeração quando comparado com substrato com partículas grossas e bem aerado. A faixa de tamanho de partícula de substrato de 1 a 4 mm é adequada para a cultivo sem solo (OTHMAN et al. 2019). Onde o crescimento e o desenvolvimento das plantas em meios de cultivo sem solo dependem essencialmente da porosidade do substrato e água disponível para o desenvolvimento das raízes (DEEPAGODA et al 2013).

2.5. Regulador de crescimento

Uma das alternativas de manejo no controle do vigor vegetativo das mudas sem reduzir produção é o uso de reguladores de biossíntese de GA (REINEHR, 2019). A produção de mudas em substrato ocorre no início do verão, mas são plantadas apenas no final desta estação ou no outono do ano seguinte ao plantio das plantas matrizes, sendo necessário controlar o crescimento destas mudas (PEREIRA et al. 2016; BARRETO et al. 2018). Ocorrem condições ambientais durante esse período de produção das mudas que resultam em um crescimento vegetativo excessivo da parte aérea com a diminuição do acúmulo de reservas na coroa e raízes, causando a diminuição da qualidade da muda (COCCO et al., 2015; PEREIRA et al. 2016).

O controle vegetativo das mudas pode ser realizado com o uso de reguladores de crescimento, entre eles o prohexadione cálcio (cálcio 3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano carboxilato) (PEREIRA et al., 2016). Isso por ser este regulador um co-substrato das dioxigenases que catalisam as hidroxilações envolvidas nos estágios das etapas finais da biossíntese de giberelina (MOUCO et al., 2010; KIM et al., 2019).

As giberelinas regulam a floração em frutíferas por serem os hormônios de crescimento mais ativos, de maneira que altos níveis de giberelina inibem a floração e estimulam o crescimento vegetativo das plantas, e níveis decrescentes de giberelina promovem a floração (LIMA et al. 2016).

O prohexadione cálcio (ProCa) (inibidor da biossíntese de giberelinas) pertence à classe das acilciclohexanodionas que são hormônios vegetais os quais estão relacionados com o comprimento do caule, sendo reguladores da altura da planta e também desempenham papel importante em vários outros fenômenos fisiológicos, como na iniciação floral e estabelecimento do fruto (TAIZ et al., 2017). O controle do crescimento vegetativo, segundo Kim et al. (2019), ocorre devido o prohexadione cálcio agir sobre a 3 β - hidroxilase, enzima que catalisa principalmente a conversão de GA₂₀ / GA₉ inativo em GA₁ / GA₄ altamente ativo.

A aplicação do ProCa para reduzir o tamanho de planta na fase de produção de mudas é realizada com o intuito de desacelerar o crescimento da muda até o momento do plantio e diminuir o consumo de energias armazenadas. Além de diminuir o espaço e a mão de obra e levar a um aumento da qualidade e do rendimento de fruta (ITO et al., 2016; KIM et al., 2019).

A intensidade da atividade do ProCa pode ser influenciada por inúmeros fatores, como a biodisponibilidade do ingrediente ativo no tecido alvo, concentração da calda, vigor e idade da planta, estágio fenológico da planta no momento da aplicação, número de tratamentos, sensibilidade da cultivar, e condições climáticas (D' ARÊDE, 2015; REINEHR, 2019).

3.PROJETO DE PESQUISA

3.1. Título

Produção e qualidade de frutas de morangueiro com uso de mudas nacionais sob diferentes substratos, frequências de irrigação e uso de lâmpadas fluorescentes no sistema de cultivo sem solo

3.2. Equipe

- Tais Barbosa Becker, Engenheira Agrônoma, Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Fruticultura de Clima Temperado, bolsista CAPES, UFPel/FAEM.
- Andressa Schiavon Vighi, Engenheira Agrônoma, Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Fruticultura de Clima Temperado, bolsista CAPES, UFPel/FAEM.
- Luis Eduardo Corrêa Antunes, Pesquisador Orientador, Dr. Embrapa Clima Temperado/CPACT.
- Paulo Celso de Mello Farias, Professor Co-orientador, Dr. Departamento de Fitotecnia, UFPel/FAEM.

3.2. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

No Brasil, a cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) encontra-se difundida em regiões de clima temperado e subtropical, sendo os principais estados produtores Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná (ANTUNES; PERES, 2013). O seu cultivo apresenta grande importância socioeconômica tanto no âmbito nacional quanto regional. Além de estar presente em vários estados, em geral é desenvolvida em pequenas propriedades, com a necessidade de grande quantidade de mão de obra em todo seu ciclo (GOUVEA et al., 2009).

A estimativa de produção atualmente no país é cerca de 130 mil toneladas em uma área de aproximadamente 4.000 hectares (ANTUNES et al., 2014). Já a produção mundial em 2014 foi de 8,1 milhões de toneladas, em uma superfície de 373,4 mil hectares (FAO, 2017).

Nos últimos anos as regiões tradicionalmente produtoras de morango do Rio Grande do Sul vêm adotando o cultivo fora do solo. A migração do cultivo tradicional, no solo, para sistemas fora do solo é motivada por vários fatores, entre eles a conscientização do produtor quanto ao risco do uso indiscriminado de agrotóxicos, a necessidade de rotação de culturas no cultivo no solo devido ao acúmulo de doenças (BORTOLOZZO et al., 2007), o recrutamento de mão de obra e a dificuldade ergonômica em manejar a cultura rente ao solo, a qual exerce grande influência para essa migração (ANDRIOLO et al., 2009), pois interfere, diretamente, na saúde do agricultor (GODOI et al., 2009).

A alternativa para suprir as dificuldades pelo uso indevido de pequenas áreas, não necessitando rotacionar a área de produção é o uso do sistema de cultivo sem solo. Outra vantagem nesses sistemas de cultivo é o fornecimento de água e nutrientes que é mais bem ajustado às necessidades da planta, reduzindo as perdas por excessos (PORTELA et al., 2012).

A menor incidência de doenças, juntamente com a otimização da mão de obra são apontadas como as principais razões para avanço acelerado do cultivo do morangueiro em substrato. Entretanto, os sistemas de cultivo em substrato para a cultura do morangueiro não somente no Rio Grande do Sul, mas em todo o Brasil, são abertos, ou seja, sem a captação do lixiviado. Desta forma, não há o reaproveitamento da água e de macro e micronutrientes que compõem a solução nutritiva (FURLANI; FERNANDEZ JÚNIOR, 2004).

A transição dos sistemas abertos para os cultivos em substrato com sistema fechado e recirculação da solução nutritiva ganha forte influência porque além do desperdício de água e nutrientes via drenagem dos lixiviados da fertirrigação, os sistemas de cultivo sem solo abertos acabam gerando mais um problema ambiental: a salinização do solo e a contaminação do lençol freático pelos nutrientes (GIMÉNEZ et al., 2008).

Outro fator fundamental no cultivo sem solo é a escolha do substrato, sendo responsável pelo suporte das plantas e disponibilidade de nutrientes (KÄMPF, 2005). Independente do substrato utilizado, ele deve ser capaz de aumentar a inércia térmica da solução nutritiva, especialmente nos períodos quentes do ano. Além disso, deve possuir elevada aeração e capacidade de retenção de água, de forma a reduzir a frequência das fertirrigações e os riscos do estresse hídrico no decorrer do ciclo da cultura (GIMÉNEZ et al.; 2008). Utilizando somente casca de

arroz carbonizada, deve-se irrigar mais frequentemente, porém quanto maior for a porcentagem de composto orgânico adicionado na mistura do substrato, menor será a frequência de irrigação necessária e conseqüentemente haverá maior economia de energia.

O emprego de substratos em cultivos sem solo proporciona o aproveitamento de materiais orgânicos que antes eram descartados de forma inadequada (por exemplo, a casca de arroz), configurando problemas ambientais. A casca de arroz carbonizada é apontada como um substrato de elevado potencial para o cultivo do morangueiro (BORTOLOZZO et al., 2007; MEDEIROS et al., 2008).

Além disso, é considerado um resíduo das indústrias de beneficiamento de arroz sendo um material de baixo custo e de fácil obtenção na região Sul do Brasil. Em produções sem a coleta e a reutilização do lixiviado tem sido observado, frequentemente, o emprego de compostos orgânicos misturados à casca de arroz carbonizada com o propósito de elevar a capacidade de retenção de água do substrato (FERRAZ et al., 2005) e, conseqüentemente, reduzir a frequência de fornecimento da solução nutritiva (BORTOLOZZO et al., 2007; RADIN et al., 2011). Entretanto, sob o sistema fechado são pouco conhecidos os efeitos da adição de composto orgânico à casca de arroz carbonizada sobre o crescimento da planta, a produção e a qualidade de frutas de morangueiro.

Porém, o fechamento do sistema de cultivo em substrato, atualmente utilizado pelos produtores de morango do estado, com o uso de substratos orgânicos com alta CTC, pode ocasionar a salinização do mesmo, assim será necessárias adequações em relação à composição deste substrato e ao manejo da fertirrigação, (ANDRIOLO et al., 2002).

Assim como os sistemas de cultivo e uso de substratos podem interferir no rendimento das culturas, a escolha de cultivares adequadas também pode afetar a produção. A escolha da cultivar possui grande importância no sucesso do cultivo dessa espécie e pode ser limitante. Devido principalmente às suas exigências climáticas (fotoperíodo, número de horas de frio e temperatura), as quais influenciam de forma diferente em cada material genético na região de produção, que aliado ao manejo adequado da cultura, determinarão a produtividade e qualidade do produto final (DUARTE FILHO et al., 2007).

As principais cultivares utilizadas no Brasil provém dos Estados Unidos, dos Programas de Melhoramento das Universidades da Califórnia e da Flórida

(ANTUNES; PERES, 2013), das quais destacam-se por exemplo Aromas, Albion, Camarosa e Camino Real.

As características das cultivares a serem utilizadas nos experimentos são:

- Camarosa:

Cultivar originária do cruzamento entre 'Douglas' e o clone 'Cal 85.218-605' lançada em 1992 pela Universidade da Califórnia, Davis, EUA, em substituição à 'Chandler', com sensibilidade ao fotoperíodo (dias curtos). 'Camarosa' é altamente produtiva e vigorosa, requerendo atenção especial na adubação nitrogenada. Produz frutas grandes e firmes, de aroma e sabor agradáveis e de coloração avermelhada muito intensa. Segundo Daubeney (1994), a cultivar Camarosa é moderadamente suscetível à mancha-de-Micosferela, resistente a oídio (*Sphaeroteca macularis*) e tolerante a viroses.

- Aromas:

A cultivar Aromas apresenta insensibilidade ao fotoperíodo (dias neutros), lançada pela Universidade da Califórnia nos EUA, em 1997. Apresenta boa produção, com frutas de tamanho mediano, com coloração vermelho escura, sabor agradável e qualidade excelente para consumo in natura e também para industrialização. As plantas apresentam vigor médio, resistência ao míldio, podridão da coroa por antracnose, e moderadamente susceptível à mancha foliar e à murcha de *Verticillium* (UC, 2001; BERNARDI et al., 2005).

As plantas de morangueiro são afetadas pelo fotoperiodismo, o qual é a sensibilidade ou reação da planta em relação à variação de luminosidade e do comprimento do dia e da noite (TAIZ; ZIEGER, 2013), que atua na indução da diferenciação do meristema vegetativo para o floral. O fotoperiodismo tem função determinante no que diz respeito à floração. A luz é um importante fator ambiental na regulação do crescimento e desenvolvimento do morangueiro e que controla a passagem da fase vegetativa à reprodutiva no morangueiro (BRADFORD et al., 2010).

A luz é absorvida por fotorreceptores (fitocromo e criptocromo), os quais promovem a expressão de genes que alteram o crescimento do meristema apical de vegetativo para reprodutivo, ocorrendo então a diferenciação floral (TAIZ; ZIEGER, 2013). O comprimento do dia pode ser alterado utilizando diversos tipos de lâmpadas. O uso de lâmpadas fluorescentes entra como uma possibilidade de

acelerar o crescimento e desenvolvimento das plantas, de forma a contribuir no ganho de biomassa e produção de frutas.

As cultivares de morangueiro assim como cultivares de outras espécies são afetadas pelo fotoperíodo de modo diferenciado, sendo classificadas em cultivares de dias curtos (DC), de dias neutros (DN) (que sofrem menor influência do fotoperíodo) e as cultivares de “dia longo”, as quais não são utilizadas no Brasil (WREGE et al., 2007; SERÇE; HANCOCK, 2005).

No Rio Grande do Sul assim como no Brasil a maioria das cultivares de morangueiro utilizadas são de dia curto (SILVA et al., 2007; DIAS et al., 2007). Elas caracterizam-se por serem influenciadas pela interação de temperatura e fotoperíodo para entrarem na fase reprodutiva. Em condições de temperaturas elevadas e de dias longos, apresentam maior diferenciação das gemas em estolões. Favorecendo que a produção de frutas seja concentrada no período entre o fim do inverno e a primavera, elevando o preço na entressafra quando há menor disponibilidade da fruta. Como alternativa surge a utilização de cultivares de “dia neutro”. Por serem relativamente insensíveis ao comprimento do dia e são mais tolerantes as elevações de temperatura, assim, possibilitando a frutificação durante o verão e início do outono. Sendo fundamental o uso da combinação de cultivares de dias curtos e neutros para ocorrer a estabilização na produção de frutas ao longo do ano.

Um dos entraves para o cultivo do morangueiro atualmente no Brasil é a aquisição de mudas, a qual representa cerca de 25% do custo de produção (ANTUNES et al., 2014), pois ocorre dependência do produtor pela importação de mudas, principalmente de viveiros do Chile e da Argentina, já que as mudas nacionais não atingem boa qualidade fisiológica nem sanitária (ANTUNES; PERES, 2013). Além de muitos relatos quanto ao atraso na entrega das mudas interferindo no planejamento das atividades do produtor. Estudos relacionados com a produção de mudas e produção de frutas a partir de mudas nacionais de morangueiro tornam-se necessários para diminuir essa dependência pela importação, diminuir os custos de produção e avaliar materiais já adaptados para a região de cultivo.

Assim, pesquisas voltadas para avaliar substratos, frequências de irrigação, como o uso de mudas nacionais de morangueiro e formas para aumentar o fotoperíodo das mesmas em sistemas fechados de cultivo, são de extrema

importância para identificar os melhores materiais quanto ao crescimento das plantas e produção de frutas, adaptados a região de estudo.

3.3. Hipóteses

São assumidas as seguintes hipóteses para este projeto:

- A capacidade produtiva de morangueiro é influenciada por diferentes substratos utilizados em sistema de cultivo sem solo;
- A produção e qualidade de morangos é afetada pela frequência de irrigação utilizada;
- A utilização de lâmpadas fluorescente, no aumento do fotoperíodo, proporciona maior produção e qualidade de morangos em sistema sem solo;
- Mudas de morangueiro envasadas produzem nos mesmos níveis de mudas importadas.

3.4. Objetivo Geral

Inovar na produção de morangos em sistemas sustentáveis, gerando informações sobre a utilização de mudas nacionais de morangueiro, em cultivo sem solo, quanto ao uso de diferentes substratos, manejo da frequência de irrigação e utilização de lâmpadas fluorescentes para aumento de produção em sistema fechado de produção.

3.5. Objetivos Específicos

- Estudar a influência da utilização de diferentes substratos no cultivo do morangueiro em sistema fechado;
- Definir a cultivar de morangueiro que melhor se adapta ao sistema de cultivo sem solo, em função da produção e qualidade das frutas, a partir da utilização de mudas nacionais envasadas;

- Avaliar a influência do uso de lâmpadas fluorescentes no aumento da produção de morangos.

3.6. MATERIAIS E MÉTODOS

3.6.1. Local dos experimentos

O presente estudo será composto por três experimentos que serão conduzidos na Embrapa Clima Temperado, no Município de Pelotas, RS, cuja localização geográfica é de: 31°40'S e 52°26'W; 60m de altitude. Os experimentos serão realizados em estufas plásticas em cultivo sem solo, no período de abril de 2017 a março de 2020.

3.6.2. Descrição dos experimentos

3.6.2.1. Frequências de irrigação e substratos na produção de frutas de morangueiro com mudas nacionais em cultivo sem solo

O experimento será realizado de abril de 2017 a fevereiro de 2019. As mudas utilizadas nesse experimento serão da cultivar Camarosa, oriundas da produção local (Embrapa Clima Temperado).

O delineamento experimental será em blocos ao acaso com três substratos (turfa fértil®, Carolina Soil® de maior retenção e Carolina Soil® de menor retenção) e quatro frequências de irrigação (irrigação automática “Hidrosense”, uma irrigação ao dia, duas irrigações ao dia e três irrigações ao dia), totalizando doze tratamentos com quatro repetições, sendo a parcela composta por 8 plantas. Os dados serão submetidos à análise da variância pelo teste F e, quando significativos, submetidos à comparação entre médias, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

O sistema de cultivo sem solo a ser adotado será o sistema aberto com uso de substratos (slabs comerciais). A condutividade elétrica e o pH da solução nutritiva serão monitorados semanalmente, fazendo a coleta do lixiviado individualmente de cada slab.

Os slabs serão disponibilizados sobre bancadas de madeira a uma altura de um metro do nível do solo. As bancadas serão distribuídas duas por cada reservatório com solução nutritiva, individualizando cada frequência de irrigação,

onde serão colocados 6 slabs por cada bancada. A solução nutritiva será distribuída através de fitas gotejadoras que serão dispostas na parte superior do substrato, imediatamente abaixo do filme de polietileno, na proporção de uma fita gotejadora por slab.

A irrigação será realizada com o auxílio de timers digitais, às 9hs (5minutos) (as frequências de uma, duas e três irrigações ligam), às 13hs (2minutos) (as frequências de duas e três irrigações ligam) e às 17hs (2minutos) (a frequência de três irrigações liga). O equipamento Hidrosense se ligará automaticamente ao decorrer do dia (com pulsos de um minuto) quando atingir a capacidade de campo, ele ficará programado com uma tensão de -7Kpa.

Os parâmetros que serão avaliados são descritos abaixo:

Avaliação da solução nutritiva

O consumo hídrico dos sistemas será estimado através da leitura direta da altura da lâmina de solução nutritiva nos tanques de armazenamento das quatro frequências de irrigação, considerando o volume de reposição. Diariamente será efetuada a medida da altura da lâmina, com o uso de uma régua graduada, estimando-se por diferença o volume consumido de solução (V ; mm^3), através da seguinte expressão: $V = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot h$, onde: $\pi = 3,1416$; d = diâmetro do tanque (mm); h = altura da lâmina (mm). Com base nesses dados, será estimado o volume de água consumido ($\text{litros} \cdot \text{m}^{-2}$) durante o ciclo de cultivo e o volume de solução descartada ($\text{litros} \cdot \text{m}^{-2}$) restante nos tanques ao final do ciclo de cultivo.

O consumo de nutrientes ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) será estimado pela quantidade total de nutrientes fornecidos durante o ciclo de cultivo para cada tratamento. Através do Laboratório de Nutrição de Plantas, da Embrapa Clima Temperado, será realizado análises da concentração de nutrientes presentes nos substratos ao final do experimento e relacionar com a produção obtida por tratamento.

Avaliação das características físicas e químicas dos substratos

Ao final do ciclo de cultivo ambos os substratos serão caracterizados fisicamente e quimicamente através das seguintes análises:

- Densidade (g cm^3);

- Matéria seca (g);
- Porosidade total (%);
- Espaço de aeração (%);
- Água facilmente disponível;
- Água disponível;
- Água tamponante;
- Capacidade de retenção de água a 10, 50 e 100 cm (%);
- Potencial hidrogeniônico (pH);
- Condutividade elétrica (μS);
- Granulometria.

Desenvolvimento das plantas

- Sobrevivência: Através da contagem de plantas mortas após o transplante, sendo realizada mensalmente;
- Início da floração: Será determinada em todas as plantas de cada parcela, considerada quando 50% das plantas estiverem com pelo menos uma flor aberta;
- Pleno florescimento: Considerado quando todas as plantas da parcela estiverem com, pelo menos, uma flor aberta;
- Início da produção: Será considerada quando 50% das plantas em cada parcela estiverem com pelo menos uma fruta completamente madura;
- Precocidade: Definida como o número de dias transcorridos desde o plantio até o início da colheita, para cada tratamento;
- Emissão de estolões: Durante todo o ciclo, serão contados todos os estolões emitidos pelas plantas e posteriormente colocados em estufa a 65°C para avaliação de massa seca dos estolões;
- Massa seca de folhas: mensalmente serão retiradas folhas secas e doentes e colocadas em sacos de papel devidamente identificado, sendo posteriormente levados para estufa a 65°C e pesados quando seco;
- Nutrientes extraídos pelas plantas: será enviado ao laboratório de nutrição de plantas material da parte aérea das plantas ao final do primeiro e segundo ano para realizar e quantificar os nutrientes presentes no tecido vegetal.

Produção de frutas:

As frutas serão colhidas quando estiverem com mais de 75% da epiderme vermelha. Imediatamente após a colheita serão contadas e pesadas em balança digital. O peso médio de fruta em cada parcela será calculado através do quociente entre a massa e o número de frutas obtidas em cada colheita. Serão consideradas para contagem e pesagem apenas as frutas comercializáveis, ou seja, frutas com mais de 6 g e sem deformações. Serão avaliados os seguintes parâmetros de produção:

- Número de frutas comercializáveis por planta;
- Massa fresca de frutas comercializáveis por planta;
- Massa média de fruta comercializável.

Qualidade das frutas

Serão coletadas as primeiras 20 frutas por tratamento, e levadas ao laboratório de pós colheita, onde serão feitas as seguintes determinações de qualidade:

- Sólidos solúveis (SS): determinado por refratometria, através de refratômetro digital portátil de bancada, com correção da temperatura e os resultados expressos em °Brix;
- Acidez titulável (AT): determinada através da titulação potenciométrica com NaOH 0,1N até pH 8,1 de 10 g da amostra triturada em 90 ml água destilada. Os resultados serão expressos em % de ácido cítrico;
- Relação entre sólidos solúveis e acidez total (SS/AT): parâmetro conhecido como índice de maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005);
- Tamanho de fruta: serão avaliados o diâmetro e o comprimento das frutas com o auxílio de um paquímetro digital, expresso em milímetros;
- Coloração da epiderme das frutas: será medida com auxílio do colorímetro eletrônico (Minolta 300), com fonte de luz D65, com abertura de 8mm de diâmetro, calibrado segundo orientação do fabricante. Este aparelho efetua a leitura da cor em escala tridimensional L^* a^* b^* ou CIELAB, onde os valores de L^* correspondem à luminosidade ou claridade e variam de 100 (branco) a zero (preto). As coordenadas a^* e b^* indicam a direção da cor: $-a^*$ é a direção do verde e $+a^*$ a direção do vermelho; $-b^*$ é a direção do azul e $+b^*$ a direção

do amarelo. A partir destes valores, serão calculados os valores da tonalidade da cor (ângulo h°), expressos em graus pela fórmula $h^\circ = \tan^{-1} b^*/a^*$. O ângulo h° é definido como iniciando no eixo $+a^*$ e é expresso em graus, sendo que 0° corresponde a $+a^*$ (vermelha), 90° corresponde a $+b^*$ (amarela), 180° corresponde a $-a^*$ (verde) e 270° corresponde a $-b^*$ (azul);

- Firmeza da polpa: serão efetuadas duas leituras por fruta, em lados opostos da região equatorial, sendo os resultados expressos em Newtons (N).

As análises das características relacionadas às propriedades funcionais das frutas serão:

- Antocianinas totais: será realizada através da metodologia adaptada de Fuleki e Francis (1968). Cinco gramas de amostra serão pesados e homogeneizados em ultra-turrax com 20 ml de solvente 85:15 (95% etanol para 1,5N HCl), em velocidade máxima até consistência uniforme. Após, as amostras serão centrifugadas por 30 minutos à 7000 rpm. Será coletado 1mL do sobrenadante, colocado em um tubo do tipo Falcon e adicionado solvente até o volume final de 10mL. As leituras de absorbância serão feitas em espectrofotômetro previamente zerado com o solvente extrator, em cubeta de quartzo a 520nm. Uma curva padrão para cianidina-3-glicosídeo será construída;
- Compostos fenólicos totais: cinco gramas de amostra serão homogeneizadas em ultra-turrax com 20 mL de metanol e centrifugadas por 30 minutos a 7000 rpm, em centrífuga refrigerada a 4°C . Em um tubo de ensaio serão pipetados 250 μL da amostra, adicionados 4mL de água ultra pura e 250 μL do reagente Folin-Ciocalteu (0,25 N), agitado e mantido em repouso por 3 minutos para reagir. Serão adicionados 500 μL de carbonato de sódio (1N) e, novamente, os tubos agitados e mantidos por 2 horas para reagir. As leituras da absorbância serão realizadas em espectrofotômetro, zerado com o controle (branco), e no comprimento de onda de 725 nm. Uma curva padrão para o ácido clorogênico será construída. A metodologia utilizada para determinação de compostos fenólicos totais será adaptada de Swain e Hillis (1959);
- Atividade antioxidante: cinco gramas de amostra serão homogeneizados em ultra-turrax com 20 mL de metanol e centrifugados por 30 minutos a 7000 rpm em centrífuga refrigerada a 4°C . Serão pipetados 200 μL de amostra e misturados com 3800 μL de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil, diluído em

metanol) em tubos de 15mL com tampa. Os tubos serão agitados e deixados para reagir por 24 horas. A leitura de absorbância será feita em espectrofotômetro zerado com metanol, no comprimento de onda de 515nm. Uma curva padrão será construída para o TROLOX (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico). A metodologia utilizada para determinação da atividade total será adaptada de Brand-Williams et al. (1995).

3.6.2.2. Substratos e cultivares na produção de frutas de morangueiro em cultivo sem solo com solução nutritiva recirculante

O experimento será conduzido de março de 2018 a dezembro de 2019. Para a sua realização, será utilizado uma casa de vegetação modelo “Teto em Arco” de estrutura metálica, coberta com filme plástico de polietileno (150 µm de espessura) e fechada lateralmente por tela antiofídica. O sistema de cultivo utilizado será o cultivo sem solo fechado com uso de substrato (casca de arroz carbonizada, variando a porcentagem da adição de composto orgânico da empresa Ecocitrus) e materiais com origens diferentes. As mudas nacionais serão produzidas na Embrapa Clima Temperado (cultivar Aromas ‘dia neutro’ e cultivar Camarosa ‘dia curto’), e as mudas importadas (cultivares Aromas e Camarosa originárias de um viveiro do Chile).

O delineamento experimental será em blocos ao acaso (DBC), em arranjo fatorial 4 x 3 [4 materiais (Aromas muda nacional e importada, Camarosa muda nacional e importada) e 3 substratos (100% Casca arroz carbonizada, 85% Casca arroz carbonizada + 15% Composto orgânico, 70% Casca arroz carbonizada + 30% Composto orgânico)] com cinco repetições, sendo cada repetição composta por 9 plantas. As médias obtidas serão submetidas à análise de variância, sendo as mesmas comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

O sistema de cultivo sem solo a ser adotado será o sistema fechado com a coleta e recirculação da solução nutritiva drenada. A condutividade elétrica e o pH da solução nutritiva serão monitorados diariamente.

Serão empregadas bancadas de cultivo, constituídas de calhas de madeira de 7 m de comprimento, 0,2 m de largura e 0,1 m de profundidade cada, previamente impermeabilizadas com filme plástico para coletar a solução nutritiva drenada e reconduzi-la ao tanque de armazenamento da solução e proporcionar a sua reutilização no sistema. Para isso, as calhas serão apoiadas sobre cavaletes de

madeira de 1,0 m de altura e, com desnível de 2,0% para escoamento da solução nutritiva até os tanques de armazenamento (310 L). O substrato será colocado no interior da calha de madeira onde o filme plástico irá recobri-lo embaixo e na superfície, onde será realizado o plantio das mudas.

As calhas serão preenchidas com substrato e recobertas por filme plástico, o volume utilizado de substrato será de 20 litros por metro linear da calha. As plantas serão dispostas em filas simples em cada calha, espaçadas em 0,15m na linha de cultivo. Serão utilizadas 90 plantas por bancada, num total de 540 plantas no experimento.

Quanto a estrutura, o sistema será dividido em três conjuntos, individualizando o tanque em função do substrato utilizado, assim mantendo um manejo adequado da solução de forma individual conforme sua variação ao longo do ciclo, podendo observar sua influência no sistema.

Considerando que os substratos apresentarão diferenças na capacidade e na curva de retenção de água, o fornecimento da solução nutritiva será diferenciado entre os conjuntos. Para o substrato casca de arroz carbonizada ocorrerá frequência de irrigação às 8:00h, às 9:30h, às 11:00h, às 12:30h, às 14:00h, às 15:30h e às 17:00h (sete fertirrigações de sete minutos). Com o substrato (85% Casca arroz carbonizada + 15% Composto orgânico) a frequência de irrigação será às 8:00h, às 11:00h, às 14hs e às 17:00h (quatro fertirrigações de sete minutos). E para o substrato (70% Casca arroz carbonizada + 30% Composto orgânico) a frequência de irrigação será às 8:00h, às 12:00 e às 16:00h (três fertirrigações de sete minutos). Quanto maior a porcentagem de composto orgânico no substrato maior a capacidade de retenção de água e nutrientes menor a frequência de irrigação.

Os parâmetros que serão avaliados quanto a solução nutritiva, substratos, desenvolvimento de plantas, produção de frutas e qualidade das frutas serão as mesmas descritas no Experimento 1. Com adição das avaliações iniciais das mudas (quanto as origens dos materiais).

No momento do plantio, amostras constituídas de 20 mudas por tratamento serão selecionadas para realizar as seguintes avaliações: diâmetro de coroa (mm), com o auxílio de um paquímetro digital e massa seca de raízes (g), obtidas após secagem em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 65°C. Após a pesagem do material, as amostras de sistema radicular e coroa de cada tratamento, serão moídas separadamente e utilizadas para a determinação de açúcares solúveis

totais e amido (mg g^{-1} MS), utilizando-se o método da antrona descrito por McCready (1950).

3.6.2.3. Utilização de lâmpadas fluorescentes no desenvolvimento de mudas nacionais de morangueiro em cultivo sem solo

Neste experimento serão utilizadas mudas nacionais da cultivar Aromas, oriundas da produção local (Embrapa Clima Temperado) e serão utilizadas lâmpadas fluorescentes. O plantio das mudas será realizado em abril de 2017, mantendo-se as plantas até maio de 2019, ou seja, dois anos.

O delineamento experimental será em blocos ao acaso com dois fotoperíodos (lâmpadas ligadas das 18 às 00h e testemunha sem uso de lâmpadas) e dois diâmetros de coroa (6 a 9mm e 9 a 12mm), totalizando quatro tratamentos com quatro repetições, sendo a parcela composta por 6 plantas. As médias obtidas serão submetidas à análise de variância, sendo as mesmas comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O experimento será realizado em sistema sem solo em baldes de 7 litros de capacidade, utilizando casca de arroz carbonizada como substrato. No fundo dos baldes será colocado uma mangueira de 1/2 polegada e acima desta, argila expandida para drenagem da solução nutritiva. A solução nutritiva drenada passará pelas mangueiras de 1/2 polegada que estarão conectadas a canos de 40 mm, dessa forma a solução nutritiva retornará ao reservatório, sendo assim um sistema de ciclo fechado sem perdas de água e nutrientes. Serão colocadas duas plantas por balde e um emissor gotejador por planta. A irrigação se ligará por 10 minutos a cada duas horas, cinco vezes ao dia. Na fertirrigação será utilizada a solução nutritiva recomendada por Furlani e Fernandes Júnior (2004).

A condutividade e o pH da solução nutritiva serão monitorados diariamente.

Os parâmetros que serão avaliados quanto a solução nutritiva, desenvolvimento de plantas, produção de frutas e qualidade das frutas serão as mesmas descritas no Experimento 1.

3.7. RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS

Com a realização do estudo em sistema de cultivo fechado para cultura do morangueiro neste projeto espera-se alcançar a eficiência do sistema em relação aos sistemas abertos de cultivo, reduzindo o consumo de água, bem como de fertilizantes e de agrotóxicos.

Pretende-se também indicar o substrato mais adequado ao cultivo do morangueiro em sistema fechado. Além de identificar a cultivar mais adaptada ao sistema proposto. Tal adaptabilidade será observada no decorrer do experimento, quanto ao comportamento das plantas, como elevado rendimento de frutas, melhor distribuição da colheita, evitando a sazonalidade da produção, e qualidade das frutas.

O uso de diferentes substratos visa observar o efeito sobre o controle do pH da solução nutritiva o longo do ciclo, bem como a interação dos nutrientes e a absorção pelas plantas.

Ao avaliar as características químicas e fitoquímicas das frutas das cultivares em estudo, espera-se identificar aquelas com melhores propriedades funcionais e qualidades organolépticas, sendo de maior aceitabilidade por parte do consumidor,

Por fim, com os resultados obtidos, pretende-se gerar conhecimentos práticos e aplicáveis no dia a dia, facilitando as atividades tanto na academia quanto na extensão, auxiliando o produtor na tomada de decisão quanto a aquisição das mudas e substratos no momento da implantação da lavoura.

3.8. RECURSOS NECESSÁRIOS

Alguns itens não foram contabilizados no orçamento do projeto, como à infraestrutura básica das estufas utilizadas (área experimental da Embrapa Clima Temperado), trator, pulverizador e equipamentos dos laboratórios de nutrição e pós colheita.

3.8.1. Material de consumo

Discriminação	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Casca de Arroz Carbonizada	3 m ³	70,00	210,00
Composto orgânico	1 m ³	80,00	80,00
Substrato (slabs)	48	18	864,00
Mudas nacionais	700	0,70	490,00
Mudas importadas	300	0,90	270,00
Fertilizantes solúveis	-	-	700,00
Polietileno dupla face preto e branco (100 µm) 12x 15m	1	200,00	200,00
Bancadas de cultivo	-	-	1500,00
Balde plástico 7L	48	1,00	48,00
Fita gotejadora	100 m	0,70	70,00
Caixa d' água 310L	8	200,00	1600,00
Lâmpadas fluorescentes brancas	24		
Materiais para instalação elétrica	-	-	400,0
Becker 500mL +100mL	1	50,00	50,00
Balança digital	1	35,00	35,00
Timer digital	10	40,00	400,00
Sacos de papel (cento)	10	39,00	390,00
Sacos Plásticos	4	20,00	80,00
Sub-Total			7387,00

3.8.2. Material Permanente

Discriminação	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Condutímetro portátil	1	100,00	100,00
pHmetro portátil	1	100,00	100,00
Tesoura de Poda	1	50,00	50,00
Moto-bombas elétricas	8	150,00	1200,00
Filtro para Irrigação ¾	8	30,00	240,00
Sub-Total			1690,00

3.8.3. Outros

Discriminação	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Análise de tecido vegetal	96	40,00	3840,00
Análise física e química de substratos	24	40,00	960,00
Análise física e fitoquímica das frutas	120	20,00	2400,00
Impressões de pôsteres			300,00
Viagens para congressos			1200,00
Inscrições de eventos			900,00
Diárias			1200,00
Sub-Total			10800,00

3.8.4. Recursos Totais

Discriminação	Valor (R\$)
Material de Consumo	7387,00
Material Permanente	1690,00
Outros	10800,00
Sub-Total	19877,00
Imprevistos (10%)	1987,70
TOTAL	21864,70

3.9. CRONOGRAMA DO PROJETO

Quadro 1. Atividades previstas para 2017-2018.

Atividades	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Disciplinas do Doutorado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Revisão de Literatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elaboração do Projeto	X	X	X	X	X							
Cálculo da solução nutritiva	X	X										
Aquisição de Materiais*	X	X										
Organização da estrutura física	X	X										
Plantio das mudas			X									
Condução do experimento (1º ano)				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Análise das frutas					X	X	X	X	X	X	X	X
Análise dos Resultados											X	X

*Materiais (fertilizantes, mudas, substratos, etc.)

3.10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; VAZ, M.A.B.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.684-690, 2009.

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.; VIGNOLO, G.K.; GONÇALVES, M.A. Morango mostra tendência de crescimento de mercado. In: Campo & Negócios, **Anuário HF** p.54-57, 2014.

ANTUNES, L.E.C.; PERES, N.A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v.13, n.1-2, 2013.

BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; ANTUNES, L.E.C.; FREIRE, J.M. Sistema de Produção de Morango para Mesa na Região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste. Embrapa Uva e Vinho, **Sistema de Produção** 6, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/cultivares.htm>>. Acesso em: 31 de julho de 2017.

BORTOLOZZO, A.R.; SANHUEZA, R.M.V.; MELO, G.W.B. de; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M.; FREIRE, J.M. de; BRAGHINI, L.C.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F.F.; FERLA, N.J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. 24 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 62).

BRADFORD, E.; HANCOCK, J.F.; WARNER, R.M. Interactions of temperature and photoperiod determine expression of repeat flowering in strawberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.135, n.2, p.102-107, 2010.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30, 1995.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

DAUBENY, H. Register of new fruit and nut varieties: strawberries. **HortScience**, v.29, n.9, p.960-964, 1994.

DIAS, M.S.C.; SILVA, J.J.C.; PACHECO, D.D.; RIOS, S.A.; LANZA, F.E. Produção de morangos em regiões não tradicionais. **Informe Agropecuário**, v.28, p.24-33, 2007.

DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L.E.C.; PÁDUA, J.G. Cultivares. In: Morango: conquistando novas fronteiras. Belo Horizonte: EPAMIG, **Informe Agropecuário**, v.28, n.236, p.20-23, 2007.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT:** Agricultural Production/ strawberry. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> E >. Acesso em: 16 de julho de 2017.

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

FURLANI, P. R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido. In: **Simpósio nacional do morango & encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul**, 2., Pelotas. **Anais...** Pelotas: Corrêa Antunez, L.E. et al. (Ed.). EMBRAPA. p.102-115. (Documentos 124). 2004.

GIMENEZ, G.; ANDRIOLO, J.L.; GODOI, R.S. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.273-279, 2008.

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

GOUVEA, A.; KUHN, O.J.; MAZARO, S.M; MIO, L.L.M.; DESCHAMPS, C.; BIASI, L.A.; FONSECA, V.C. Controle de doenças foliares e de flores e qualidade pós-colheita do morangueiro tratado com *Saccharomyces cerevisiae*. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.4, p.527-533, 2009.

KÄMPF, A.N. **Substrato**. In: KÄMPF, A.N. Produção comercial de plantas ornamentais. 2. Ed. Guaíba: Agrolivros, p. 45-88, 2005.

McCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVIERA, V. OWENS, S. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytical Chemistry**, v.22, n.9, p.1156-1158, 1950.

MEDEIROS, C.A; 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 (Suplemento – CD Rom), S4827-4831, 2008.

PORTELA, I.P.; PEIL, R.M.N.; RODRIGUES, S.; CARINI, F. Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro "Camino Real" em hidroponia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.3, p. 792-798, 2012.

RADIN, B.; LISBOA, B.B.; WITTER, S.; BARNI, V.; REISSER JUNIOR, C.; MATZENAUER, R.; FERMINO, M.H. 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.

SERÇE, S.; HANCOCK, J.F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae**, v.103, p.167–177, 2005.

SILVA, A.F.; DIAS, M.S.C.; MARO, L.A.C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v.28, p.7-13, 2007.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Punnus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, p.63-68, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 954 p. 2013.

UC (University of California). **Aromas Strawberry Cultivar**. 2001. Disponível em <http://www.ucop.edu/ott/strawberry/Aromascultivar.htm>

WREGE, M.S.; REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L.E.C; OLIVEIRA, R.P. de; STEINMETZ, S.; HERTER, F.G.; GARRASTAZU, M.C.; MATZENAUER, R. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27p. (Documento 187).

4.RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO

Os trabalhos realizados no período do doutorado foram realizados na Embrapa Clima Temperado (unidade sede), Pelotas, RS. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação e os sistemas de fertirrigação automatizados (com uso de temporizadores digitais).

O início das atividades ocorreu em novembro de 2016, com o plantio das plantas matrizes de morangueiro em sistema de cultivo sem solo para formar as mudas a partir da produção de estolões. Em fevereiro de 2017, realizou-se a coleta dos estolões os quais foram colocados para enraizar em bandejas de poliestireno de 72 células. Estas mudas foram utilizadas para montar o experimento 1. Para o experimento 2 também se utilizou mudas produzidas na casa de vegetação (área de propagação) da Embrapa Clima Temperado, mas produzidas no ano seguinte (2018). As matrizes foram plantadas em novembro de 2017, as quais emitiram estolões no período do verão. No início de março de 2018, foi realizada a coleta dos estolões, os quais foram colocados para enraizar logo em seguida. Para o experimento 3 foram utilizadas mudas importadas da Argentina.

Experimento 1- Experimento que originou os Artigos 1 e 2, onde avaliou-se diferentes substratos e frequências de irrigação em mudas nacionais da cultivar Camarosa em sistema semi-hidropônico nos anos de 2017 e 2018. O plantio das mudas ocorreu em 25 de abril de 2017. As colheitas das frutas foram realizadas duas vezes por semana até o término do experimento, quando começou a emissão de estolões e diminuição da produção de frutas. Em março de 2018 foi realizada a poda drástica nas plantas, para renová-las para continuidade no segundo ciclo.

Foram avaliadas variáveis fenológicas das plantas: início e plena frutificação; estolonamento, após o plantio e após a poda drástica. A limpeza das plantas e coleta de folhas foi realizada mensalmente durante o período do experimento, retirando folhas velhas e com doenças.

A avaliação do tamanho de fruta foi realizada em setembro de 2017 e setembro 2018, e análises físico químicas foram realizadas em outubro de 2017 e outubro de 2018 (sólidos solúveis, pH, acidez titulável, compostos fenólicos, antocianinas, atividade antioxidante).

Em 24 outubro de 2018 foi encerrado o experimento, com a retirada das plantas, separadas em folhas e coroas. Posteriormente, analisou-se os substratos

para sua caracterização (porosidade, capacidade de retenção de água, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, altura dos slabs).

Experimento 2- Experimento que originou o Artigo 3, onde avaliou-se mudas nacionais das cultivares Aromas e Camarosa e concentrações de prohexadione cálcio aplicado na fase de produção de mudas (início do mês de abril de 2018).

As avaliações referentes às mudas foram realizadas 30 dias após a aplicação do regulador de crescimento. O plantio das mudas ocorreu em 28 de maio de 2018 em sistema sem solo com recirculação da solução nutritiva. As colheitas das frutas ocorreram de 20 de agosto de 2018 até 18 de março de 2019 quando realizou-se a poda drástica nas plantas. O segundo ciclo de avaliação na produção de frutas foi de 17 de junho de 2019 até 28 de novembro de 2019. A avaliação do tamanho de fruta ocorreu em setembro em 2018 e 2019.

Após o plantio das mudas e depois da poda drástica foram realizadas avaliações fenológicas das plantas (início e plena floração; início e plena frutificação; estolonamento; plantas mortas). Mensalmente foi realizada a limpeza das plantas e a coleta das folhas para contabilizar massa seca de parte aérea.

Em 28 novembro de 2019 foi encerrado o experimento, com a retirada das plantas, separadas em folhas e coroas, as quais foram secas em estufa a 65° C até peso constante.

Experimento 3- Experimento relacionado ao Artigo 4 e 5, onde avaliou-se mudas importadas da Argentina das cultivares Albion e San Andreas e soluções nutritivas em sistema sem solo recirculante nos anos de 2018 e 2019. Foram preparados galões com solução nutritiva concentrada para cada formulação testada. Semanalmente corrigiu-se a condutividade elétrica de acordo com a exportação de nutrientes pelas plantas.

O plantio das mudas ocorreu em 04 de julho de 2018, onde o período de colheita das frutas teve início em 24 de setembro de 2018 até 29 de novembro de 2019, realizado duas vezes por semana.

Foram avaliados início e plena floração; início e plena frutificação; estolonamento das plantas após plantio. Mensalmente fez-se a coleta de folhas através da limpeza das plantas.

Em outubro em 2018 e 2019 foi determinado o tamanho das frutas através da coleta de amostras dos tratamentos. Em dezembro de 2018 e julho de 2019 foram realizadas coleta de amostras de frutas e enviadas aos laboratórios do núcleo de

alimentos da Embrapa Clima Temperado para avaliações físico químicas das frutas como: sólidos solúveis, acidez titulável, pH, compostos fenólicos, antocianinas, atividade antioxidante.

Em julho de 2019, foi realizada a coleta de amostras de folhas de cada parcela, as quais foram enviadas ao Laboratório de análise foliar do departamento de solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel para a quantificação de macro e micronutrientes.

O término do experimento foi realizado em 28 novembro de 2019, com a retirada das plantas.

Imprevistos ocorreram durante o período de trabalho, como a lona de cobertura das estufas de dois experimentos que rasgaram devido a ventos fortes de temporais, ocasionando à exposição das plantas a chuvas e consequentemente sujeitas a incidência de doenças. A ocorrência e resistência de ácaros nos experimentos 2 e 3 no final de 2018 e início de 2019, ocasionando diminuição na produção de frutas nesse período. O furto dos temporizadores digitais no experimento 3, deixando as plantas sem fornecimento da fertirrigação durante um final de semana.

A oportunidade de poder falar dos experimentos para o público do evento de pequenas frutas da Embrapa Clima Temperado em novembro de 2018. Além do reconhecimento do trabalho apresentado no Encontro de Pós-Graduação da UFPel em outubro de 2019 como trabalho destaque.

De acordo com os trabalhos realizados durante o período do doutorado, foi possível redigir cinco artigos científicos, os quais resumem os principais resultados obtidos.

5. ARTIGO 1: Substratos e volumes de irrigação na produção de morangos em cultivo sem solo

Artigo a ser submetido para a Revista Brasileira de Fruticultura (ISSN 1806-9967)

Resumo: O cultivo do morangueiro em substratos vem crescendo no Brasil. Plantas de morangueiro sob déficit hídrico apresentam redução rápida na produtividade enquanto que a irrigação excessiva ocasiona a lixiviação de nutrientes, além de induzir várias doenças radiculares. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da cultivar de morangueiro Camarosa quanto à utilização de diferentes substratos e frequências de irrigação no sistema de produção sem solo a partir do uso de mudas nacionais. O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Pelotas-RS, em sistema de cultivo em substrato (slabs). Os slabs foram dispostos em bancadas de madeira a 85cm do solo, com mudas da cultivar Camarosa produzidas no matrizeiro da mesma instituição (mudas nacionais). Avaliaram-se início e plena frutificação, número de frutas por planta, produção de frutas (mensal e total), massa média de frutas, massa seca de folhas, coroas e estolões. Foi utilizado fatorial 4 x 3, quatro volumes de irrigação com base no controlador automático de irrigação, 52,5 mL, 87,5 mL e 122,5 mL diárias por planta, e três tipos de substratos, S1: com condutividade elétrica (CE) de $0,1 \text{ mS cm}^{-1}$ e pH: $5,5 \pm 0,5$, densidade seca (DS): 130 kg m^{-3} , capacidade de retenção de água (CRA): 30%; S2: CE de $0,4 \pm 0,3 \text{ mS cm}^{-1}$ e pH: $5,5 \pm 0,5$, DS: 155 kg m^{-3} , CRA: 55% e S3: CE de $0,8 \pm 0,3 \text{ mS cm}^{-1}$ e pH $5,8 \pm 0,2$, DS: 210 kg m^{-3} e CRA: 60%, com quatro repetições e cada parcela composta por 8 plantas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância no software Sisvar 5.6 e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Fornecer 122,5 mL de fertirrigação por dia para cada planta de morangueiro favorece maior produção de frutas por planta, e frutas com maior massa média. Com o uso dos substratos S1 e S2 se obtêm maior número e produção de frutas por planta em relação ao uso do substrato S3. O ganho de massa seca de coroa por planta com o uso do substrato S3 não diferiu entre os volumes de irrigação.

Termos de indexação: Camarosa, *Fragaria ananassa*, condutividade elétrica, produção, sem solo, mudas envasadas.

Substrates and volumes of irrigation in strawberry production in soilless cultivation

Abstract: The cultivation of strawberry on substrates has been growing in Brazil. Strawberry plants under water deficit show a rapid reduction in productivity while excessive irrigation causes the leaching of nutrients, in addition to inducing various root diseases. The objective of this work was to evaluate the behavior of the strawberry cultivar Camarosa regarding the use of different substrates and irrigation frequencies in the production system

without soil from the use of national seedlings. The experiment was carried out in a greenhouse at Embrapa Clima Temperado, located in the municipality of Pelotas-RS, using a substrate cultivation system (slabs). The slabs were placed on wooden benches 85 cm above the ground, with seedlings of the cultivar Camarosa produced in the matrix of the same institution (national seedlings). Initiation and full fruiting, number of fruits per plant, fruit production (monthly and total), average fruit weight, dry leaf weight, crowns and stolons. It was used a 4 x 3 factorial, four irrigation volumes based on the automatic irrigation controller, 52.5 mL, 87.5 mL and 122.5 mL daily per plant, and three types of substrates, S1: with electrical conductivity (CE) of 0,1 mS cm⁻¹ and pH: 5.5 ± 0.5, dry density (DS): 130 kg m⁻³, water holding capacity (CRA): 30%; S2: EC of 0.4 ± 0.3 mS cm⁻¹ and pH: 5.5 ± 0.5, DS: 155 kg m⁻³, CRA: 55% and S3: EC of 0.8 ± 0.3 mS cm⁻¹ and pH 5.8 ± 0.2, DS: 210 kg m⁻³ and CRA: 60%, with four replications and each plot composed of 8 plants. The data obtained were subjected to analysis of variance in the Sisvar 5.6 software and the treatment means were compared with the Tukey test at 5% probability of error. Providing 122.5mL of fertigation per day for each strawberry plant favors greater production of fruits per plant, and fruits with greater average mass. With the use of substrates S1 and S2, a greater number and fruit production per plant is obtained in relation to the use of substrate S3. The crown dry matter gain per plant using the substrate S3 did not differ between irrigation volumes.

Indexing terms: Camarosa, *Fragaria ananassa*, electrical conductivity, production, soilless, plugplant

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o cultivo do morangueiro (*Fragaria x ananassa*) no Brasil teve aumento de 25% de área cultivada e aumento de 50% na produção (FAGHERAZZI et al., 2017), tornando-se o maior produtor de morangos da América do Sul, com cerca 165.000 toneladas da fruta, obtidas em uma área de 4.500 hectares (ANTUNES et al., 2020). Esse aumento foi impulsionado por vários fatores como: uso de novas cultivares, especialmente de dias neutros, o aumento da área plantada em sistemas culturais sem solo e o uso de plantas saudáveis (FAGHERAZZI et al., 2017).

O uso do sistema sem solo no cultivo nacional do morangueiro tem ganhado grande importância, especialmente no Rio Grande do Sul, onde esta modalidade de cultivo vem substituindo o cultivo tradicional (GONÇALVES et al., 2016 a). Aliado a isso, é muito importante a inserção do uso de mudas nacionais de morangueiro para reduzir a dependência da importação de mudas e reduzir os custos de produção. O Rio Grande do Sul é o estado brasileiro com maior dependência em relação à importação de mudas, com maior

81 parte da área cultivada implantada com mudas importadas de viveiros da Argentina e do
82 Chile (GONÇALVES et al., 2016 b).

83 O desenvolvimento das plantas de morangueiro em sistemas semi-hidropônicos está
84 diretamente relacionado com o uso de substratos com características físicas ideais, que
85 forneçam suporte mecânico para as raízes, apresentem porosidade equilibrada e estável, a
86 fim de fornecer ar e água suficientes para os processos metabólicos das raízes e adequada
87 capacidade de retenção de água, a fim de evitar o estresse causado por déficit hídrico ou
88 hipoxia (DIEL et al., 2018).

89 O morangueiro é uma espécie adaptada para o cultivo sem solo exigindo substratos
90 de alta qualidade para o crescimento e caracteriza-se por apresentar frutificação rápida e
91 abundante, translocando grandes quantidades de água (TOZZI et al. 2020).

92 Contudo, as plantas de morangueiro no cultivo sem solo, com déficit hídrico
93 apresentam redução rápida na produtividade, principalmente pelo estresse osmótico
94 ocorrendo a redução nas taxas fotossintéticas devido ao fechamento estomático e declínio na
95 expansão das folhas (MOZAFARI et al., 2019). No entanto, a irrigação excessiva do
96 substrato pode levar ao aumento na produtividade do morango, mas a saturação prolongada
97 pode contribuir para a lixiviação de nutrientes além de induzir várias doenças radiculares
98 (WEBER et al., 2017).

99 Paralelamente, o fornecimento da dose adequada de fertilizantes e a forma de
100 aplicação ao longo do ciclo da cultura é fator de fundamental importância para não acarretar
101 em desperdícios e na salinização do substrato (OLIVEIRA et al., 2013).

102 Os agricultores geralmente usam sua experiência para determinar a quantidade de
103 água para irrigação, observando as condições climáticas e os indicadores visuais de estresse
104 das plantas. No entanto, eles tendem a fornecer água excessiva ou inadequadamente, o que
105 pode ter um impacto negativo sobre o crescimento e desenvolvimento da planta (KAPUR et
106 al., 2018). A quantidade de água aplicada durante o cultivo, afeta tanto o rendimento e a
107 parte vegetativa da planta quanto os parâmetros de qualidade da fruta relacionados ao sabor
108 e à saúde (WEBER et al., 2017).

109 Saber o volume de irrigação mais adequado para a cultura do morango em cultivo
110 sem solo é importante, uma vez que aliada ao tipo de substrato utilizado, é necessário para
111 determinar a produção da área e se reflete diretamente na rentabilidade do produtor. Diante
112 disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da cultivar de morangueiro Camarosa

113 quanto à utilização de diferentes substratos e volumes de irrigação no sistema aberto de
114 produção sem solo a partir do uso de mudas nacionais.

115

116 MATERIAL E MÉTODOS

117

118 O experimento foi conduzido em área pertencente à Embrapa Clima Temperado, em
119 Pelotas, RS, localizada à latitude de 31°40' sul e longitude 52°26' oeste, com 60 m de
120 altitude, durante os anos de 2017 e 2018. As médias mensais de temperatura e precipitação
121 no período de avaliação são apresentadas na figura 1.

122 Foram utilizadas mudas com torrão da cultivar Camarosa produzidas em sistema de
123 produção sem solo (matrizeiro da própria unidade experimental da Embrapa Clima
124 Temperado, em fevereiro de 2017).

125 O plantio das mudas ocorreu em 25 de abril de 2017, em “slabs”, com coloração
126 externa branca e interna preta, possuindo dimensões de 1,3 m x 0,3 m (comprimento x
127 largura) preenchidos com três diferentes substratos: substrato 1 (S1) composto por Turfa de
128 *Sphagnum*, vermiculita expandida, resíduo orgânico de agroindústria classe A, calcário
129 dolomítico, gesso agrícola e Fertilizantes NPK, condutividade elétrica (CE) de 0,1 mS cm⁻¹
130 e pH: 5,5 ± 0,5, densidade seca (DS): 130 kg m⁻³, capacidade de retenção de água (CRA):
131 30%. Substrato 2 (S2) composto por Turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, resíduo
132 orgânico de agroindústria classe A, calcário dolomítico, gesso agrícola e Fertilizantes NPK,
133 CE de 0,4 ± 0,3 mS cm⁻¹ e pH: 5,5 ± 0,5, DS: 155 kg m⁻³, CRA: 55%. E substrato 3 (S3)
134 composto por turfa, casca de arroz carbonizada aditivada e calcário calcítico, com CE de 0,8
135 ± 0,3 mS cm⁻¹ e pH 5,8 ± 0,2, DS: 210 kg m⁻³ e CRA: 60%.

136 Os slabs foram dispostos em bancadas de madeira construídas a uma altura de 85cm
137 do solo e as mudas espaçadas 15 cm (8 plantas por slab). Foi utilizado o sistema aberto e a
138 fertirrigação foi realizada por meio de fita gotejadora com solução nutritiva da empresa
139 Samo Fertilizantes® (Ferti base e Ferti morango).

140 O pH e a condutividade elétrica foram monitorados semanalmente com auxílio de
141 peagâmetro de bolso (pHep, Hanna) e condutímetro de bolso (EC Basic, AK51),
142 realizando-se a coleta da solução lixiviada em cada slab, buscando-se manter o pH entre 5,5
143 e 6,5 e a CE entre 1,2 e 1,5 dS m⁻¹. Conforme o aumento do pH fez-se o uso de ácido

144 sulfúrico (P.A.- A.C.S.-Synth) colocando mililitros até o pH da entrada da solução nutritiva
145 estar entorno de 5,0 (Figuras 1 e 2).

146 A fertirrigação foi fornecida diariamente, em quatro volumes de irrigação: de forma
147 automática, com o controlador autônomo de irrigação (CAI); 52,5 mL; 87,5 mL e 122,5 mL
148 diárias por planta. Nos tratamentos com o CAI, a motobomba era acionada automaticamente
149 com pulsos de 1 minuto ligada quando a tensão da água atingia potencial matricial de -
150 7KPa. O sistema com solução nutritiva era composto de uma moto bomba periférica de ½
151 CV de potência (BPV 375-Vonder) e um reservatório de polietileno de 310 L de capacidade
152 (Fortlev) para cada volume de irrigação.

153 O período de colheita das frutas teve início em 07 julho de 2017 e se estendeu, até 07
154 de março de 2018. No segundo ano iniciou em 21 de maio de 2018 e foi até 24 de outubro
155 de 2018. Entre os ciclos de colheita, realizou-se a poda drástica nas plantas em 15 de março
156 de 2018, objetivando renovar as plantas (emissão de folhas novas e sadias), para que as
157 plantas ao entrarem no período de outono (estação em que ocorre a diminuição do
158 fotoperíodo e da temperatura), para as gemas se diferenciar, e começar a emissão das flores.
159 A colheita das frutas foi realizada em ambos ciclos, duas vezes por semana, e padronizada
160 com base na coloração da epiderme das frutas, sendo colhidas quando apresentavam cerca
161 de 75% da epiderme de coloração vermelha ou mais.

162 Ao longo dos dois períodos, foram avaliados o número e a massa fresca de frutas por
163 planta e a massa média de fruta, sendo que imediatamente após as colheitas as frutas eram
164 contadas e pesadas em balança digital SF-400 (YD Tech). O número e massa de frutas por
165 planta foram obtidos através do somatório de todas as colheitas dividido mensalmente pelo
166 número de plantas vivas na unidade experimental e a massa média das frutas foi calculada
167 pela razão entre essas duas variáveis. Desta forma, foi possível contabilizar a massa de
168 frutas por mês. Foram consideradas apenas frutas comercializáveis, descartando-se aquelas
169 com defeitos graves e com massa inferior a 6 g.

170 Foram analisados, início e plena frutificação, expressos em dias após o plantio (DAP)
171 para o ciclo 2017 e dias após a poda (DP) para o ciclo 2018, fazendo-se o monitoramento
172 semanal de todas as plantas de cada parcela. O início da frutificação foi considerado quando
173 50% das plantas, dentro da parcela, apresentavam pelo menos uma fruta madura por planta.
174 E a plena frutificação foi considerada quando 100% das plantas, dentro da parcela,

175 apresentavam pelo menos uma fruta madura (mais de 75% da epiderme de coloração
176 vermelha) por planta.

177 Ao final do experimento todas as plantas de cada unidade experimental foram
178 fracionadas em coroas, folhas e estolões. As frações foram colocadas em estufa a 65°C com
179 circulação de ar forçada até obter massa constante. Todas as folhas velhas e doentes e os
180 estolões retirados ao decorrer do cultivo também foram avaliados e incorporados à fração
181 correspondente, sendo os resultados expressos em gramas por planta (g planta⁻¹). O controle
182 tanto de pragas como de doenças foram realizados de forma curativa e não preventiva,
183 sempre utilizando produtos registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e
184 indicados para a cultura.

185 Também ao final do experimento, foram avaliadas a altura dos slabs, mensurada com
186 uma régua graduada e expressa em cm. A condutividade elétrica, expressa em dS m⁻¹
187 mensurada com auxílio do condutivímetro de bolso EC Basic AK51 e o pH, mensurado com
188 auxílio de um peagâmetro de bolso (pHep, Hanna).

189 O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com parcelas
190 subdivididas, constituído de fatorial 4 x 3, quatro volumes de irrigação: controlador
191 autônomo de irrigação (CAI); 52,5 mL; 87,5 mL e 122,5 mL diárias por planta (parcela) e
192 três tipos de substratos (S1, S2 e S3) (subparcela), com quatro repetições e a unidade
193 experimental foi constituída de oito plantas. Os dados foram submetidos à análise de
194 variância pelo teste F, realizando-se o teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de
195 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas com o auxílio do programa
196 estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

197

198 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

199 Os substratos e os volumes de irrigação influenciaram no início e plena frutificação,
200 de forma isolada nos ciclos 2017 e 2018 (Tabela 1).

201 O início da frutificação em 2017 foi influenciado pelos volumes de irrigação, no qual
202 com o uso do CAI e 122,5 mL as plantas necessitaram de 90,5 e 87,25 dias,
203 respectivamente, para produzirem a primeira fruta madura (Tabela 1). A maior
204 disponibilidade de água e nutrientes fez as plantas apresentarem maior crescimento
205 vegetativo do que a emissão de flores e frutas em relação as menores frequências de
206 irrigação no mesmo período. Sob baixa disponibilidade de água segundo Akhatou et al.

207 (2016) as plantas buscam o equilíbrio iônico e osmótico da célula, evitando perdas de água
208 através da transpiração e desenvolvem vários ajustes fisiológicos e metabólicos, incluindo
209 diminuição da taxa de fotossíntese, alterações na translocação e distribuição de
210 fotoassimilados. Está relacionado com a translocação de fotoassimilados para emissão de
211 flores ao invés de produção de folhas sob menores volumes de irrigação.

212 No ciclo 2018, com o uso do substrato S3 foram necessários mais dias em relação aos
213 substratos S2 e S3 para os morangueiros atingirem o início (175,87 dias) e a plena
214 frutificação (189,44 dias) (Tabela 1). Resultados contrários foram obtidos por Diel et al.
215 (2017), os quais não observaram diferenças no início da frutificação ao avaliar os substratos,
216 misturas de casca de arroz carbonizada, Carolina Soil®, composto orgânico e resíduo da
217 cana de açúcar em mudas nacionais da cultivar Camarosa, de 75 a 81 dias após o plantio
218 para ter o início.

219 A distribuição da produção mensal foi analisada em dois ciclos, o primeiro de julho
220 de 2017 a março de 2018, mês no qual realizou-se a poda drástica nas plantas para renovar a
221 parte aérea em relação a possíveis folhas com doenças e devido às plantas estarem
222 vegetando mais que produzindo frutas. O segundo ciclo de produção foi avaliado de maio a
223 outubro de 2018. Nesse ciclo, nos meses de maio a julho, a produção ficou abaixo dos 20
224 gramas por planta para todos os tratamentos, pois foi o período de retomada das plantas até
225 todas emitirem flores e frutas e estarem vegetativamente equilibradas com a carga de frutas.
226 Nos meses de setembro e outubro ocorreu pico produtivo tanto para os substratos quanto
227 para os de irrigação (Figura 2 e 3). Com o aumento nas temperaturas e na taxa fotossintética
228 das plantas, a emissão de flores e frutas aumentou nesses meses de produção, o que é
229 normal no ciclo da cultura, pico de produção nos meses de setembro e outubro.

230 A retomada do crescimento no segundo ano é dependente dos carboidratos
231 armazenados nos órgãos de reserva devido à remoção das folhas no momento da poda.
232 Segundo Eshghi et al. (2007), o rendimento torna-se mais dependente da capacidade
233 fotossintética e da taxa de crescimento da planta a medida que a planta produz folhas novas.

234 Na maioria dos meses de produção, a produção por planta não foi influenciada pelos
235 volumes de irrigação, nem pelos substratos. Com exceção para os volumes de irrigação nos
236 meses de julho e setembro de 2017 (53,05 e 282,73 g, respectivamente), setembro e outubro
237 de 2018 (86,11 e 107,90 g, respectivamente), no qual o uso do CAI proporcionou menor
238 produção que 52,5, 87,5 e 122,5 mL ao dia (Figura 2). Nesses quatro meses, as temperaturas

239 ficaram abaixo dos 18°C e precipitação acima dos 100mm mensais (Figura 1), influenciando
240 na não ativação do CAI todos os dias, dificultando o pleno desenvolvimento das plantas e
241 diminuição na emissão de flores e frutas em relação a uma, duas e três irrigações ao dia, que
242 ativavam todos dias.

243 Para os substratos, nos meses de dezembro de 2017 e outubro de 2018 plantas sob o
244 substrato S2 apresentaram as maiores produções, 162,74 e 167,96 g, respectivamente, e nos
245 meses de janeiro, agosto e setembro de 2018, plantas sob o substrato S3 produziram as
246 menores produções, 22,99; 5,91 e 74,43 g, respectivamente (Figura 3).

247 Nos meses mais quentes (janeiro a março) houve diminuição na produção de frutas
248 por planta para todos tratamentos, passando em média de 140,19 e 140,18 g para substratos
249 e volumes de irrigação respectivamente no mês de dezembro de 2017 para 38,27 g planta⁻¹
250 no mês de janeiro de 2018 em ambos fatores. Essa diminuição na produção de frutas foi
251 inversamente proporcional ao aumento da produção vegetativa e emissão de estolões
252 (produzidos no período do verão). Segundo Assis e Canesin (2015), cultivares de dias
253 curtos, como por exemplo a Camarosa, quando submetidas a condições climáticas com
254 fotoperíodo longo e temperaturas elevadas emitem grande quantidade de estolões e sob
255 temperaturas inferiores a 15°C e fotoperíodo menor que 14 horas florescem.

256 As primeiras flores foram emitidas no início do mês de abril e a colheita das
257 primeiras frutas ocorreu no mês de maio (dois meses após a poda) para todos os
258 tratamentos. Entre maio e julho, as temperaturas mínimas ficaram entre 2 e 9°C,
259 influenciando na diferenciação das plantas e no início da produção, pois entre agosto e
260 outubro todos os tratamentos obtiveram o pico de produção (Figuras 2 e 3).

261 O número de frutas por planta foi superior com o uso dos substratos S1, 76,85 frutas
262 e S2, 78,07 frutas. Quanto aos volumes de irrigação, o número de frutas não diferiu entre
263 122,5 mL, 74,31 frutas planta⁻¹, 87,5 mL, com 71,87 frutas planta⁻¹, e 52,5 mL, com 72,09
264 frutas planta⁻¹. Com o uso do CAI as plantas produziram menor número, 65,66 frutas
265 (Tabela 2).

266 A produção de frutas (Tabela 2) alcançou mais de um quilograma por planta com os
267 substratos S1, 1011,71 g e S2, 1038,76 g, diferindo do substrato S3 com 771,36 g. Fornecer
268 122,5 mL por dia resultou em produção de 1010,70 g de frutas planta⁻¹, não diferindo de
269 87,5 mL (954,41 g) e 52,5 mL (942,47 g). Diel et al., (2018), avaliando mudas nacionais da
270 cultivar Camarosa e diferentes substratos, observaram maior produção com o substrato de

maior retenção de água, ao contrário do observado nesse trabalho. A menor produção com o substrato S3, está relacionado com maior compactação do substrato e menor altura dos slabs em relação aos substratos S1 e S2 (Tabela 4), o que interferiu diretamente no desenvolvimento das raízes, absorção de nutrientes e formação de frutas. Essa compactação ocorreu devido o período de avaliação ser de 18 meses e ocorrer a acomodação das partículas. O trabalho de Diel et al., (2018) foi realizado em 7 meses, essa diferença no período avaliado ajudou a contribuir na diferença dos resultados.

A massa média de frutas não sofreu influência dos substratos utilizados. No entanto, para o volume de irrigação, irrigar 122,5 mL ao dia proporcionou frutas com maior massa média 13,61 g diferindo dos demais volumes testados (Tabela 2). Os resultados corroboram com os resultados encontrados por Zorzeto et al. (2016), os quais observaram diferenças entre os volumes de irrigação na massa de frutas, quanto maior o volume de irrigação maior a massa de fruta, ao aumentar de duas para quatro vezes a irrigação por dia eles obtiveram um ganho de uma grama por fruta.

A emissão e produção de estolões (Tabela 2) foi menor com o substrato S3, 14,17 g planta⁻¹ em relação aos substratos S2 e S3, e com o volume de 52,5 mL ao dia, 15,68 g planta⁻¹, em relação aos demais volumes de irrigação. Oliveira et al. (2010) relatam que a disponibilidade de nutrientes minerais, pode interferir tanto no crescimento das plantas quanto no estolonamento. O que ocorreu com o substrato S3, a composição de nutrientes disponíveis nesse substrato influenciou na menor emissão de estolão por planta.

As variáveis massa seca de coroa e de folhas foram influenciadas pela interação entre os fatores substratos e volumes de irrigação. A massa seca de coroa de plantas cultivadas em substrato S3 não diferiu entre os volumes de irrigação. Com o uso do substrato S2, o maior acúmulo de massa seca de coroa foi obtido com o uso do CAI, 12,33 g, não diferindo de 122,5 mL, com 11,54 g e 52,5 mL, com 9,43 g (Tabela 3). Enquanto que com o substrato S1, a produção de coroas não diferiu entre 87,5 mL por dia (13,69 g), 122,5 mL (11,83 g) e CAI (9,71 g).

Os substratos S2 e S3 possuem maior retenção de água em relação ao substrato S1, por isso entre eles, não houve diferença entre os volumes de irrigação, incluindo os menores volumes, para acúmulo de massa seca de coroa. A maior quantidade de água retida nesses substratos, possibilitou o desenvolvimento das coroas de forma parecida entre os volumes. Enquanto que com o substrato 1 houve a necessidade de maior volume de água para as

303 plantas apresentarem maior crescimento vegetativo com maior acúmulo de coroa por planta.
304 Deaquiz et al. (2014) também observaram maior crescimento vegetativo, com acúmulo de
305 coroa, folhas e pecíolos, conforme o aumento no volume de irrigação fornecido. Segundo
306 eles, com um maior volume de irrigação aplicado, as folhas, coroa e pecíolos recebem mais
307 água e nutrientes, aumentando seu crescimento e, portanto, apresentando uma maior reserva
308 de fotoassimilados.

309 Em relação aos volumes de irrigação, com 87,5 mL ao dia, ocorreu maior acúmulo de
310 massa seca de coroa com o substrato S1 (13,69 g) diferindo dos demais substratos, com o S2
311 7,91 g e S3 7,45 g (Tabela 3). Para os demais volumes de irrigação, a massa seca de coroa
312 não diferiu entre os três substratos. O maior acúmulo de coroa por planta favorece melhor
313 desempenho da planta, essa estabilização entre os substratos quanto aos volumes de
314 irrigação fornecidos evidencia que todas as plantas tinham um acúmulo de reservas parecido
315 durante a fase de mudas. Pois mesmo sob diferentes substratos e volumes de irrigação, as
316 plantas conseguiram produzir quantidades próximas de coroas. Segundo Torres-Quezada et
317 al. (2015), têm papel importante no desenvolvimento das plantas de morangueiro, o
318 acúmulo e a mobilização de carboidratos que estão presentes na coroa, os quais, em grande
319 parte, são formados durante o desenvolvimento da muda.

320 A produção de folhas por planta foi maior quando as plantas eram submetidas a
321 122,5 mL ao dia com o substrato S1 (88,75 g), diferindo dos demais volumes de irrigação
322 em mais de 20 g planta⁻¹ (Tabela 3). Zorzeto et al. (2016) também obtiveram maior
323 acúmulo de massa seca de folhas com o maior volume de irrigação por dia (36,4 g planta⁻¹
324 com a irrigação de quatro vezes ao dia). Enquanto que com a menor volume (duas vezes
325 por dia) produziu a menor massa (31,2 g planta⁻¹). O fornecimento mais frequente da
326 fertirrigação pode disponibilizar mais nutrientes às plantas favorecendo o desenvolvimento
327 vegetativo.

328 Saber escolher o substrato e aliar ao volume de irrigação é fundamental para garantir
329 maior desenvolvimento vegetativo, pois a utilização do substrato S2 e 87,5 mL ao dia
330 proporcionou menor produção de folhas (65,10 g) e menor produção de coroas (7,91 g)
331 diferindo das demais irrigações (Tabela 3).

332 Com o substrato S3, a menor produção de folhas ocorreu com 52,5 mL ao dia (60,70
333 g planta⁻¹) e menor valor unitário de massa seca de coroas (6,81g), inferindo o menor
334 desenvolvimento das plantas nesse tratamento. O que pode estar relacionado com o menor

desenvolvimento radicular das plantas, pois os slabs apresentavam maior compactação, menor altura do slab (9,37 cm) (Tabela 4). Franco et al. (2017) relatam que o maior crescimento radicular em função da profundidade do substrato possibilita melhor absorção de água e nutrientes essenciais, sendo determinantes no crescimento e desenvolvimento das plantas.

A maior capacidade de retenção de água e menor altura do slab (substrato S3) reflete na maior compactação do substrato, o que dificulta o desenvolvimento das raízes das plantas, limitando a absorção de água e nutrientes, pois as plantas nesse substrato apresentaram menor massa de coroa por planta como menor produção de frutas.

Segundo Zorzeto et al. (2014) a porosidade total do substrato diminui devido à acomodação das partículas ao longo do tempo. Por isso o manejo do substrato deve ser realizado com cautela, pois a baixa porosidade aliada à alta capacidade de retenção de água pode trazer problemas como falta de oxigênio para o desenvolvimento das raízes, para a infiltração de água e para a drenagem. Como ocorreu com o substrato S3, sua maior compactação ao longo do período produtivo, dificultou o desenvolvimento das plantas que refletiu em menor produção obtida.

Os valores da CE foram influenciados pelos substratos e pelos volumes de irrigação (Tabela 4). Em relação aos substratos, verificou-se o menor valor com o substrato S3, 1,36 dS cm⁻¹, podendo estar relacionado com a maior retenção de água, pois ao realizar uma nova irrigação, os nutrientes da solução nutritiva eram lixiviados por saturar o slab mais rapidamente que os demais tratamentos. Para os substratos S1 e S2, os valores de CE foram maiores, 1,54 e 1,60 dS cm⁻¹ diferindo de S3, mas encontram-se dentro da faixa aceitável para a cultura, e com esses substratos que foi produzido maior produção de frutas por planta. Portela et al., (2012), relatam que em sistema de cultivo sem solo, a CE na faixa entre 1,2 e 1,5 dS m⁻¹ favorece o crescimento da planta e a produtividade das frutas de morangueiro, e que essas, diminuem quando a CE encontra-se abaixo ou acima dos valores no intervalo entre 0,7 e 2,7 dS m⁻¹.

Quanto aos volumes de irrigação, a CE não diferiu entre os volumes 52,5; 87,5 e 122,5 mL, com valores 1,67; 1,55 e 1,49 dS m⁻¹ respectivamente. Com a utilização do CAI, a CE final obtida foi de 1,29 dS m⁻¹, diferindo dos demais volumes (Tabela 4).

Nos valores de pH ao final do ciclo de avaliação, apenas os substratos influenciaram nessa variável (Tabela 4). O maior valor foi obtido com o substrato 2, de 7,57, diferindo do

substrato 1 e 3. Para todos os substratos, os resultados ficaram acima da faixa ideal para a cultura (5,5 a 6,5), quando os nutrientes encontram-se disponíveis para a absorção, não influenciando na produção de frutas por planta, mostrando certa tolerância do morangueiro a essas faixas de pH. Pois foi com o substrato 2 que obteve-se uma das maiores produções por planta. Segundo Passos e Trani (2013), o morangueiro é sensível à acidez muito elevada, devendo ser cultivado com pH acima de 5,5, como ocorreu no presente trabalho.

CONCLUSÕES

Fornecer 122,5 mL de irrigação ao dia em plantas da cultivar Camarosa possibilitam maior produção e frutas com maior massa média. Com a utilização do substrato S3 se obtêm menor número e produção de frutas em relação aos substratos S1 e S2. Cultivar plantas com o uso dos substratos S1 e S2 se obtêm maior produção de estolões por planta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Embrapa Clima Temperado pelo apoio em infraestrutura para a execução deste estudo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHATOU, I.; DOMÍNGUEZ, R.G.; RECAMALES, A.F. Investigation of the effect of genotype and agronomic conditions on metabolomic profiles of selected strawberry cultivars with different sensitivity to environmental stress. **Plant Physiology And Biochemistry**, v.101, p.14-22, 2016.

ANTUNES, L.E.C.; BONOW, S.; JUNIOR, C.R. Morango, crescimento constante em área e produção. **Campo & Negócios**, Anuário HF 2020, n.1, p.88-93, 2020.

ASSIS, T.L.; CANESIN, R.C.F.S. Características fisiológicas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido em Cassilândia/MS. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.24, n.3, p.235-244, 2015.

- 399 DEQUIZ, Y.A.; ÁLVAREZ-HERRERA, J.G.; PINZÓN-GÓMEZ, L.P. Efeito de
400 diferentes folhas de irrigação na produção e qualidade do morango (*Fragaria* sp.). **Revista**
401 **Colombiana de Ciências da Horticultura**, v.8, n.2, p.192-205, 2014.
- 402
- 403 DIEL, M.I.; PINHEIRO, M.V.M.; COCCO, C.; FONTANA, D.C.; CARON, B.O.; PAULA,
404 G.M.; PRETTO, M.M., THIESEN, L.A.; SCHMIDT, D. Phyllochron and phenology of
405 strawberry cultivars from different origins cultivated in organic substrates. **Scientia**
406 **Horticulturae**, Amsterdam, v.220, p.226-232, 2017.
- 407
- 408 DIEL, M.I.; PINHEIRO, M.V.M.; THIESEN, L.A.; ALTÍSSIMO, B.S.; HOLZ, E.;
409 SCHMIDT, D. Cultivation of strawberry in substrate: Productivity and fruit quality are
410 affected by the cultivar origin and substrates. **Ciência e**
411 **agrotecnologia**, Lavras, v.42, n.3, p.229-239, 2018.
- 412
- 413 ESHGHI, S.; TAFAZOLI, E.; DOKHANI, S.; RAHEMI, M.; EMAM, Y. Changes in
414 carbohydrate contents in shoot tips, leaves and roots of strawberry (*Fragaria*
415 *xananassa* Duch.) during flower-bud differentiation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.
416 113, n.3, p.255-260, 2007.
- 417
- 418 FAGHERAZZI, A.F.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A.A.; MOLINA, A.R.;
419 GONÇALVES, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; BARUZZI, G.; RUFATO, L. Strawberry
420 production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.1156, p.937-940, 2017.
- 421
- 422 FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons.
423 **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.38, p.109-112, 2014.
- 424
- 425 FRANCO, E.O.; ULIANA, C.; LIMA, C.S.M. Características físicas e químicas de
426 morango 'San Andreas' submetido a diferentes posicionamentos de slab, densidades de
427 plantio e meses de avaliação. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**,
428 México, v.18, n.2, 2017.
- 429
- 430 GONÇALVES, M.A.; VIGNOLO, G.K.; ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.
431 **Produção de morango fora do solo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (Documentos
432 410), 32p., 2016 a.
- 433
- 434 GONÇALVES, M. A.; COCCO, C.; VIGNOLO, G. K.; PICCOLOTTO, L.; ANTUNES, L.
435 E. C. Comportamento produtivo de cultivares de morangueiro estabelecidos a partir de
436 mudas com Torrão. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, Porto Alegre, v.2, n.3,
437 p.277-283, 2016 b.
- 438
- 439 KAPUR, B.; SARIDAS, M.A.; ÇELIKTOPUZ, E.; KAFKAS, E.; KARGI, S.P. Health and
440 taste related compounds in strawberries under various irrigation regimes and bio-stimulant
441 application. **Food Chemistry**, Washington, v. 263, p.67-73, 2018.
- 442
- 443 MOZAFARI, A.; GHADERI, N.; HAVAS, F.; DEDEJANI, S. Comparative investigation of
444 structural relationships among morpho-physiological and biochemical properties of
445 strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) under drought and salinity stresses: A study based
446 on in vitro culture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.256, p.108601-108613, 2019.

OLIVEIRA, C.S.; COCCO, C.; ANDRIOLO, J.L.; BISOGNIN, D.A.; ERPEN, L.; FRANQUEZ, G.G. Produção e qualidade de propágulos de morangueiro em diferentes concentrações de nitrogênio no cultivo sem solo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.4, p.554-559, 2010.

OLIVEIRA, F.A.; DUARTE, S.N.; MEDEIROS, J.F.; DIAS, N.S.; SILVA, R.C.P.; LIMA, C.J.G.S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.11, p.1152-1159, 2013.

PASSOS, F. A., TRANI, P. E. **Calagem e adubação do morangueiro**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico de Campinas, 16 p, 2013.

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**, Brasília, v.30, n.2, p.266-273, 2012.

TORRES-QUEZADA, E.A.; ZOTARELLI, L.; WHITAKER, V.M.; SANTOS, B.M.; HERNANDEZ-OCHOA, E. Initial Crown Diameter of Strawberry Bare-root Transplants Affects Early and Total Fruit Yield. **Horttechnology**, Alexandria, v.25, n.2, p.203-208, 2015.

TOZZI, F.; BUBBA, M.D.; PETRUCCI, W.A.; PECCHIOLI, S.; MACCI, C.; GARCIA, F.H.; NICOLAS, J.J.M.; GIORDANI, E. Use of a remediated dredged marine sediment as a substrate for food crop cultivation: Sediment characterization and assessment of fruit safety and quality using strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) as model species of contamination transfer. **Chemosphere**, v.238, p.124651-124660, 2020.

WEBER, N., ZUPANC, V., JAKOPIC, J., VEBERIC, R., MIKULIC-PETKOVSEK, M.; STAMPAR, F. Influence of deficit irrigation on strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.97, p.849–857, 2017.

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M.F.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v.73, n.3, p.300-311, 2014.

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

TABELAS

Tabela 1. Início e plena frutificação, em dias após o plantio (DAP) no ciclo 2017 e em dias após a poda (DP) no ciclo 2018, de plantas de morangueiro da cultivar Camarosa estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Substrato	Início da frutificação		Plena Frutificação	
	Ciclo 2017 (DAP)	Ciclo 2018 (DP)	Ciclo 2017 (DAP)	Ciclo 2018 (DP)
Substrato 1	86,00 ^{ns}	163,44 b	100,12 ^{ns}	182,44 b
Substrato 2	86,37	164,87 b	101,12	182,69 b
Substrato 3	86,19	175,87 a	99,87	189,44 a
Volume de Irrigação				
CAI	90,50 a	164,83 ^{ns}	102,50 ^{ns}	186,17 ^{ns}
52,5 mL	84,17 bc	169,17	103	184,42
87,5 mL	82,83 c	173,92	98,25	187,58
122,5 mL	87,25 ab	164,33	97,75	181,25
Média Geral	86,19	168,06	100,37	184,85
CV a (%)	3,71	5,3	10,58	5,32
CV b (%)	3,16	4,66	8,05	3,37

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro. CAI: controlador automático de irrigação; ^{ns}: não significativo, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 2. Número total de frutas por planta, produção total de frutas por planta, massa média de fruta e massa seca de estolão por planta de morangueiro da cultivar Camarosa estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação nos ciclos 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Substrato	Número total de frutas por planta (frutas planta ⁻¹)	Produção total de frutas (g planta ⁻¹)	Massa Média de fruta (g fruta ⁻¹)	Massa Seca de estolão (g planta ⁻¹)
Substrato 1	76,85 a	1011,71 a	13,16 ^{ns}	23,30 a
Substrato 2	78,07 a	1038,76 a	13,28	27,85 a
Substrato 3	58,03 b	771,36 b	13,28	14,17 b
Volume de Irrigação				
CAI	65,66 b	855,04 b	12,99 b	23,98 a
52,5 mL	72,09 ab	942,47 ab	13,09 b	15,68 b
87,5 mL	71,87 ab	954,41 ab	13,26 b	23,09 a
122,5 mL	74,31 a	1010,70 a	13,61 a	24,35 a
Média Geral	70,98	940,6	13,24	21,78
CV a (%)	9,03	9,75	1,78	14,33
CV b (%)	9,33	10,68	5,32	34,28

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro. CAI: controlador automático de irrigação; ^{ns}: não significativo, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 3. Produção de massa seca de coroa e folhas de plantas de morangueiro da cultivar Camarosa, estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação nos ciclos 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Volume de Irrigação	MASSA SECA DE COROA (gramas planta ⁻¹)			MASSA SECA DE FOLHAS (gramas planta ⁻¹)		
	Substrato			Substrato		
	Substrato 1	Substrato 2	Substrato 3	Substrato 1	Substrato 2	Substrato 3
CAI	9,71 ab A	12,33 a A	9,27 a A	66,36 b A	69,96 ab A	70,79 a A
52,5 mL	9,01 b A	9,43 ab A	6,81 a A	62,42 b A	68,48 ab A	60,70 b A
87,5 mL	13,69 a A	7,91 b B	7,45 a B	64,24 b A	65,10 b A	65,53 a A
122,5 mL	11,83 ab A	11,54 ab A	9,25 a A	88,75 a A	85,15 a A	71,55 a B
Média Geral	9,85			69,92		
CV a (%)	23,76			16,07		
CV b (%)	22,81			10,13		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro. CAI: controlador automático de irrigação; CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 4. Potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e altura do slab ao final do experimento, com plantas da cultivar Camarosa estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Substrato	CE (dS m⁻¹)	Ph	Altura do Slab (cm)
Substrato 1	1,54 a	7,23 b	12,06 a
Substrato 2	1,60 a	7,57 a	11,68 a
Substrato 3	1,36 b	6,91 b	9,37 b
Volume de Irrigação			
CAI	1,29 b	7,05 ^{ns}	11,00 ^{ns}
52,5 mL	1,67 a	7,27	10,58
87,5 ML	1,55 a	7,37	11
122,5 mL	1,49 ab	7,26	11,58
Média Geral	1,50	7,23	11,04
CV a (%)	11,93	7,19	14,24
CV b (%)	8,99	5,23	11,22

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro. CAI: controlador automático de irrigação; ^{ns}: não significativo, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

FIGURAS

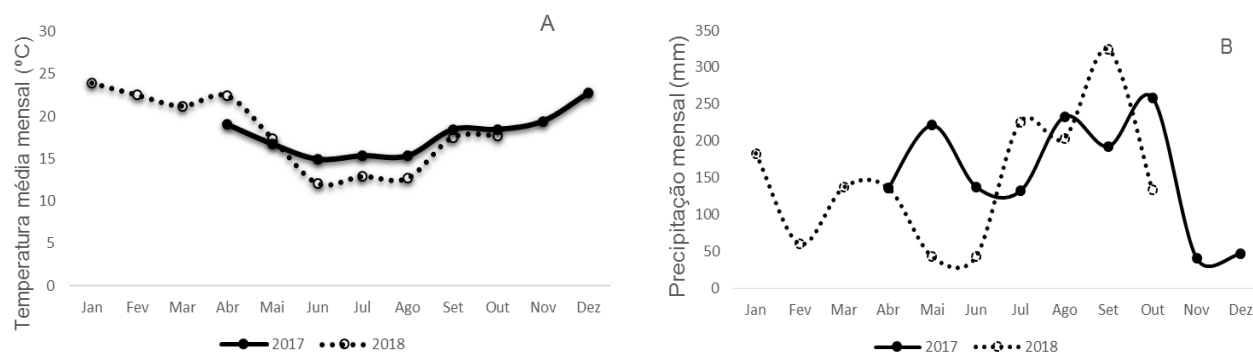
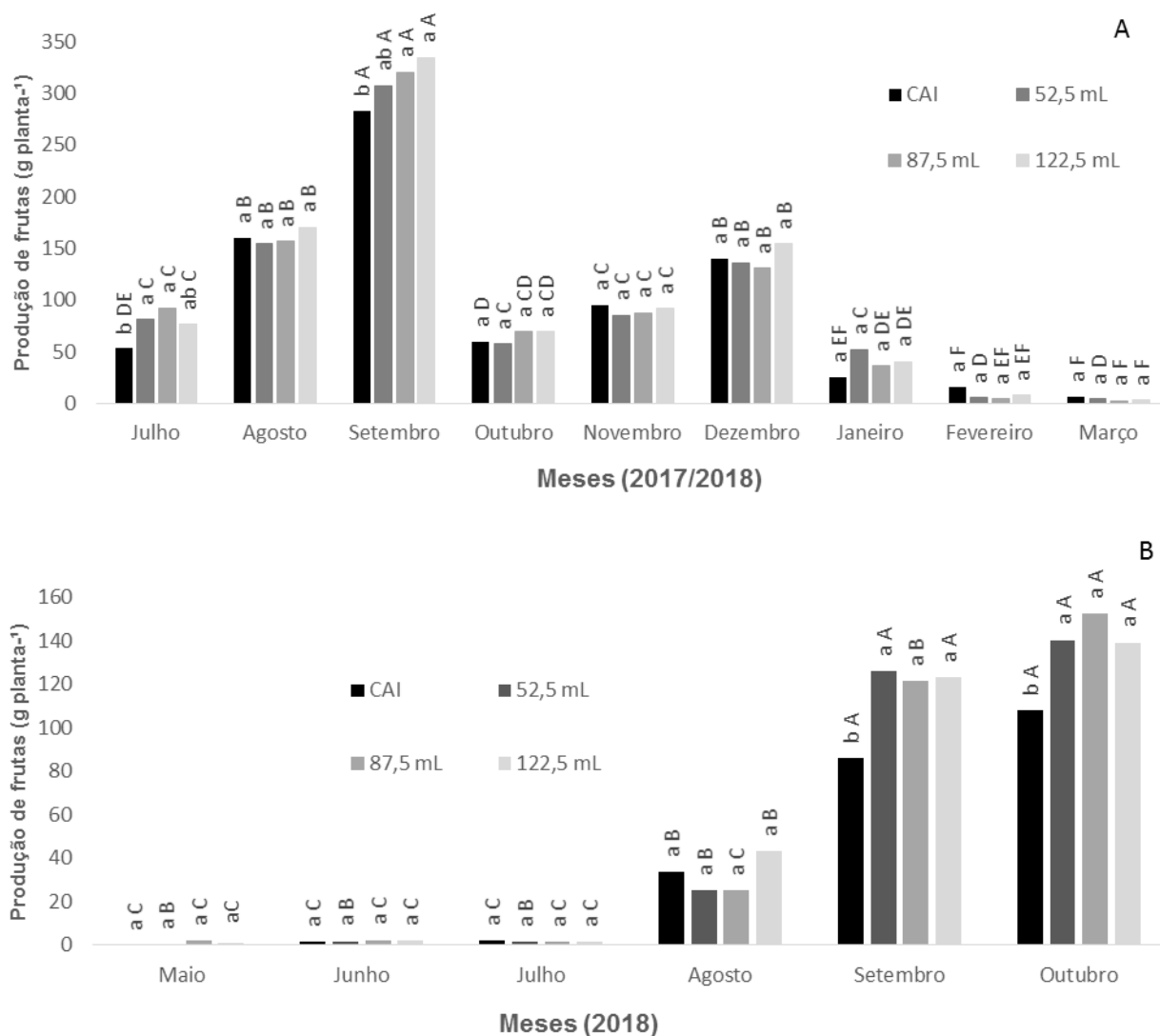
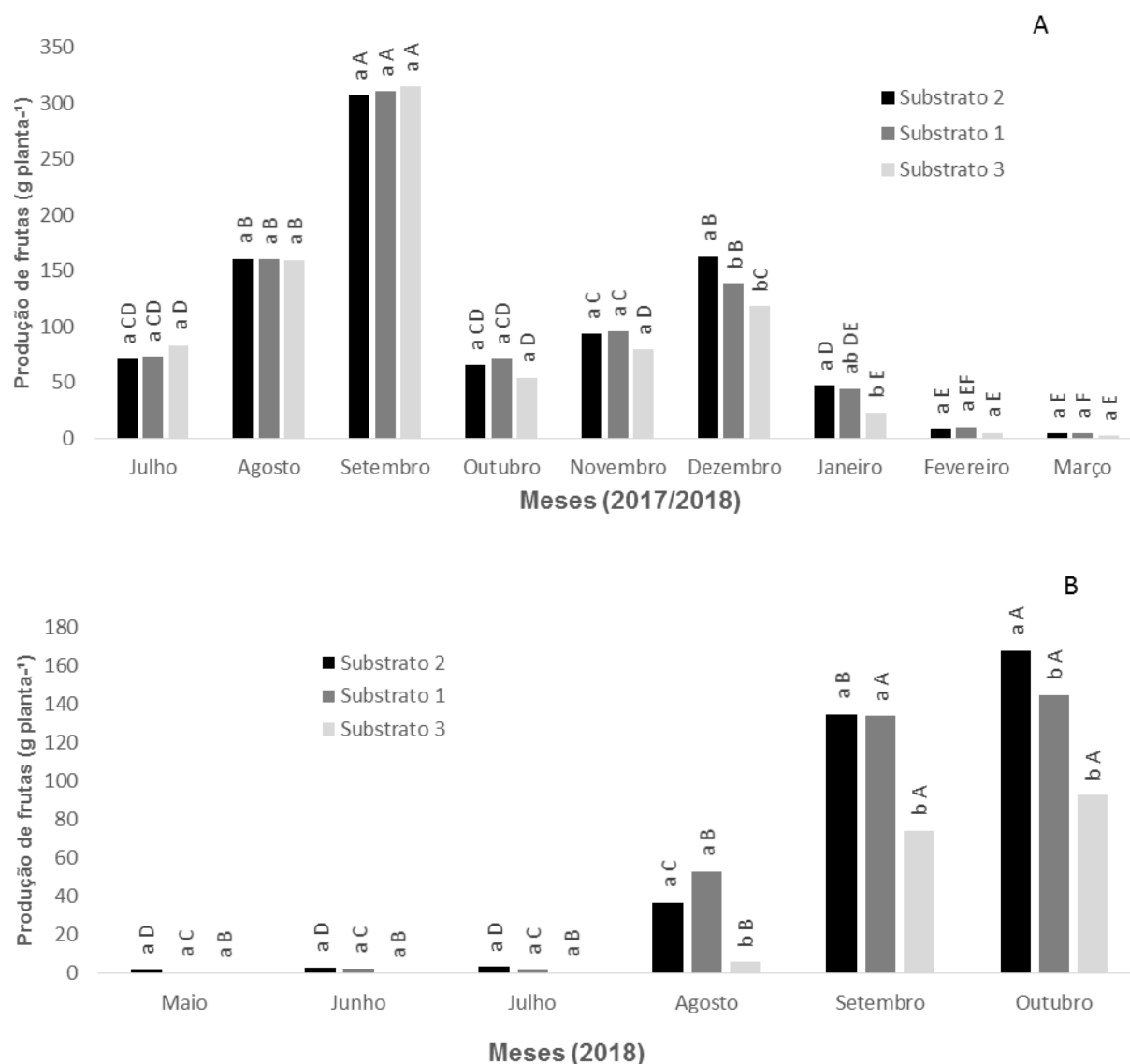


Figura 1. Médias mensais de temperatura (A) e precipitação (B) nos anos de 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. Letras minúsculas comparam os volumes de irrigação para um mesmo mês e letras maiúsculas, comparam os meses para uma mesma frequência de irrigação.

Figura 2. Produção mensal de frutas de morangueiro da cultivar Camarosa quanto aos volumes de irrigação durante os nove meses de colheita durante o ciclo 2017/2018 (A) e seis meses de colheita durante o ciclo 2018 (B). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rs, 2020.



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. Letras minúsculas comparam os substratos para um mesmo mês e letras maiúsculas, comparam os meses para uma mesmo substrato.

Figura 3. Produção mensal de frutas de morangueiro da cultivar Camarosa quanto os substratos durante os nove meses de colheita durante o ciclo 2017/2018 (A) e seis meses de colheita durante o ciclo 2018 (B). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rs, 2020.

6. ARTIGO 2: Qualidade de morangos oriundos de sistema de produção sem solo: efeito de substratos e volumes de irrigação a partir de mudas nacionais

Artigo a ser submetido para a Revista Brasileira de Fruticultura (ISSN 1806-9967)

Resumo: A qualidade das frutas de morangueiro e a otimização do trabalho são algumas das vantagens do cultivo em substrato em sistema semi hidropônico. Objetivou-se, neste trabalho, verificar se substratos e frequências de irrigação influenciam nas propriedades físico-químicas e fitoquímicas do morango. O experimento foi realizado em casa de vegetação, pertencente a Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, em sistema de cultivo em substrato (slabs), com mudas da cultivar Camarosa oriundas do matrizeiro da mesma instituição (mudas nacionais), durante dois ciclos de cultivo (2017-2018). Avaliou-se os atributos físico-químicos (diâmetro e comprimento de fruta, coloração, firmeza de polpa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável) e quantificou-se os compostos fenólicos, atividade antioxidante e antocianinas totais. Foi utilizado fatorial 4 x 3, quatro volumes de irrigação com base no controlador automático de irrigação (CAI), 52,5 mL, 87,5 mL e 122,5 mL diárias por planta, e três tipos de substratos, S1: com condutividade elétrica (CE) de 0,1 mS cm⁻¹ e pH: 5,5 ± 0,5, densidade seca (DS): 130 kg m⁻³, capacidade de retenção de água (CRA): 30%; S2: CE de 0,4 ± 0,3 mS cm⁻¹ e pH: 5,5 ± 0,5, DS: 155 kg m⁻³, CRA: 55% e S3: CE de 0,8 ± 0,3 mS cm⁻¹ e pH 5,8 ± 0,2, DS: 210 kg m⁻³ e CRA: 60%, com quatro repetições e cada parcela composta por 8 plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância no software Sisvar 5.6 e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As características físico-químicas e fitoquímicas das frutas de morangueiro cultivar Camarosa variam conforme a interação entre o substrato e o volume de irrigação utilizado. O teor de sólidos solúveis não varia quanto aos substratos utilizados. Utilizar o CAI ou 52,5 mL diárias, possibilita obter frutas com maior teor de sólidos solúveis. Os substratos S1 e S2, e 122,5 mL diárias de irrigação, proporcionam frutas com maior diâmetro e comprimento.

Termos de indexação: Compostos bioativos, *Fragaria ananassa*, pós-colheita, Camarosa, físico-químicas, muda envasada.

Quality of strawberries from soilless a production system: effect of substrates and volumes of irrigation from potted seedlings

Abstract: The quality of strawberry fruits and the optimization of work are some of the advantages of growing in substrate in a semi hydroponic system. The objective of this work was to verify if substrates and irrigation frequencies influence the physicochemical and phytochemical properties of strawberries. The experiment was carried out in a greenhouse, belonging to Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, in a system of cultivation in substrate (slabs), with seedlings of the cultivar Camarosa from the matrix of the same institution (national seedlings), during two cultivation cycles (2017-2018). The physicochemical

attributes (fruit diameter and length, color, pulp firmness, soluble solids, pH, titratable acidity, soluble solids / titratable acidity ratio) were evaluated and the phenolic compounds, antioxidant activity and total anthocyanins were quantified. It was used a 4 x 3 factorial, four irrigation volumes based on the automatic irrigation controller (CAI), 52.5 mL, 87.5 mL and 122.5 mL daily per plant, and three types of substrates, S1: with electrical conductivity (CE) of 0.1 mS cm^{-1} and pH: 5.5 ± 0.5 , dry density (DS): 130 kg m^{-3} , water holding capacity (CRA): 30%; S2: EC of $0.4 \pm 0.3 \text{ mS cm}^{-1}$ and pH: 5.5 ± 0.5 , DS: 155 kg m^{-3} , CRA: 55% and S3: EC of $0.8 \pm 0.3 \text{ mS cm}^{-1}$ and pH 5.8 ± 0.2 , DS: 210 kg m^{-3} and CRA: 60%, with four replications and each plot composed of 8 plants. The data were subjected to analysis of variance in the Sisvar 5.6 software and the treatment means were compared with the Tukey test at 5% probability of error. The physicochemical and phytochemical characteristics of strawberry fruits cultivar Camarosa vary according to the interaction between the substrate and the volume of irrigation used. The content of soluble solids does not vary according to the substrates used. Using the CAI or 52.5 mL daily, it is possible to obtain fruits with a higher content of soluble solids. The substrates S1 and S2, and 122.5 mL of daily irrigation, provide fruits with greater diameter and length.

Indexing terms: Bioactive compounds, *Fragaria ananassa*, postharvest, Camarosa, physicochemical, plugplant.

INTRODUÇÃO

Considerado um alimento funcional devido a suas atividades biológicas notáveis e benefícios potenciais à saúde, o morango (*Fragaria x ananassa*) é uma das frutas mais populares e apreciadas no mundo (YANG; KORTESNIEMI, 2015; CHAVES et al. 2017).

A qualidade sensorial do morango é alterada pela presença dos ácidos orgânicos, que estão envolvidos no sabor, textura, pH e coloração da fruta (ORNELAS-PAZ et al., 2013). Entre os ácidos orgânicos, o ácido cítrico, é o principal componente representado pela acidez titulável, cujo conteúdo é em torno de 90% em morangos. Ele regula o pH celular, influencia na estabilidade das antocianinas e, conseqüentemente, na coloração dos morangos (CORDENUNSI et al., 2003; MUSA, 2017).

A aceitação da fruta pelos consumidores depende da sua coloração e firmeza (DIEL et al., 2018), além das características físico-químicas (ŠAMEC et al., 2016). Sistemas de produção e técnicas para controlar fatores ambientais, como o cultivo em ambiente protegido e o volume de irrigação, podem modificar essas propriedades das frutas (KRÜGER et al., 2012; DIEL et al., 2018).

O metabolismo dos açúcares e o transporte de carboidratos é afetado pelo déficit hídrico (WEBER et al., 2017). Em resposta ao estresse, para proteger as plantas, são

79 produzidos níveis elevados de metabólitos secundários, compostos fenólicos por exemplo,
80 que representam um benefício importante para a saúde do consumidor, ao prevenir e
81 controlar o desenvolvimento de doenças (WEBER et al., 2013). Por isso, para melhorar a
82 qualidade da fruta do morangueiro, a irrigação deficitória tem sido sugerida como
83 alternativa (KUMAR e DEV, 2010; WEBER et al., 2017). Mas o déficit hídrico no substrato
84 tem resposta visível rápida nas plantas de morangueiro, por inibir o crescimento e reduzir a
85 produtividade, devido ao fechamento estomático e baixa taxa fotossintética (MOZAFARI et
86 al., 2019).

87 Por outro lado, a irrigação excessiva é utilizada para aumentar a produtividade do
88 morangueiro, mas a saturação prolongada do substrato pode induzir várias doenças
89 radiculares e contribuir para a lixiviação de nutrientes (WEBER et al., 2017). Portanto,
90 adequar o volume de irrigação para o melhor desempenho das plantas sem prejudicar a
91 produção e a qualidade das frutas é necessário, minimizando o desperdício de água e a
92 lixiviação de nutrientes (SANTOS et al., 2018).

93 Além do volume de água fornecido as plantas, a qualidade final da fruta do
94 morangueiro é influenciada pelo tipo de substrato utilizado. No sistema semi-hidropônico, a
95 disponibilidade de substratos é um dos maiores obstáculos, pois apresenta custo elevado
96 para o produtor (DIEL et al., 2016). O interesse por sistemas que utilizam substratos tem
97 aumentado nos últimos anos, por obter maior produtividade e a fruta de maior qualidade
98 durante um ciclo de produção que pode se estender durante o ano inteiro (ANDRIOLO et
99 al., 2009).

100 O uso de substratos aliado a fertirrigação proporciona ambiente favorável para o
101 crescimento das raízes das plantas de morangueiro por fornecer água e nutrientes em
102 quantidade adequada à cultura, torna-se um método eficiente (DIEL et al., 2016). Uma vez
103 que, durante seu ciclo de produção, as plantas de morangueiro requerem grandes
104 quantidades de água e nutrientes, o volume de irrigação deve ser ajustado, para não se ter
105 excesso ou deficit de irrigação (MARTÍNEZ-FERRI et al., 2016).

106 Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar se os substratos e os volumes de
107 irrigação utilizados no cultivo de morangueiro em sistema semi-hidropônico influenciam as
108 propriedades físico-químicas e fitoquímicas do morango produzido.

109

110

MATERIAL E MÉTODOS

As frutas utilizadas no experimento foram provenientes de plantas cultivadas em casa de vegetação com dimensões de 17m de comprimento e 5m de largura, na área experimental pertencente à Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, latitude de 31°40' Sul e longitude 52°26' Oeste, com 60 m de altitude. A casa de vegetação estava coberta com filme polietileno transparente de baixa densidade (150 μm de espessura) e possuía cortinas laterais (dispostas nos 17m de comprimento). As temperaturas e precipitações médias mensais durante o período de condução do experimento são apresentadas na figura 1.

As plantas utilizadas foram originadas de mudas nacionais da cultivar Camarosa produzidas em sistema sem solo, provenientes do matrizeiro da própria unidade da Embrapa Clima Temperado em fevereiro de 2017. O plantio das mudas ocorreu em 25 de abril de 2017, em sacos de polietileno chamados de “slabs”, com coloração externa branca e interna preta, possuindo dimensões de 1,3 m x 0,3 m (comprimento x largura) preenchidos com três diferentes substratos: substrato 1 (S1) composto por Turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, resíduo orgânico de agroindústria classe A, calcário dolomítico, gesso agrícola e Fertilizantes NPK, condutividade elétrica (CE) de 0,1 mS cm^{-1} e pH: $5,5 \pm 0,5$, densidade seca (DS): 130 kg m^{-3} , capacidade de retenção de água (CRA): 30%. Substrato 2 (S2) composto por Turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, resíduo orgânico de agroindústria classe A, calcário dolomítico, gesso agrícola e Fertilizantes NPK, CE de $0,4 \pm 0,3 \text{ mS cm}^{-1}$ e pH: $5,5 \pm 0,5$, DS: 155 kg m^{-3} , CRA: 55%. E substrato 3 (S3) composto por turfa, casca de arroz carbonizada aditivada e calcário calcítico, com CE de $0,8 \pm 0,3 \text{ mS cm}^{-1}$ e pH $5,8 \pm 0,2$, DS: 210 kg m^{-3} e CRA: 60%.

Os slabs foram dispostos em bancadas de madeira construídas a uma altura de 85cm do solo e as mudas espaçadas 15 cm (8 plantas por slab). Foi utilizado sistema aberto e a fertirrigação foi realizada por meio de fita gotejadora com solução nutritiva da empresa Samo Fertilizantes® (Ferti base e Ferti morango). O pH e a condutividade elétrica foram monitorados semanalmente, sendo o pH mantido entre 5,5 e 6,5 e a condutividade elétrica entre 1,2 e 1,5 dS m^{-1} .

A fertirrigação foi fornecida diariamente, em quatro volumes de irrigação: de forma automática, com o controlador autônomo de irrigação (CAI); 52,5 mL; 87,5 mL e 122,5 mL diárias por planta. Nos tratamentos com o CAI, a motobomba era acionada automaticamente

143 com pulsos de 1 minuto ligada quando a tensão da água atingia potencial matricial de -7
144 KPa.

145 Mensalmente retirava-se folhas secas e doentes para redução de possíveis inóculos
146 de doenças e para melhorar a circulação de ar no interior da planta. Utilizou-se o controle
147 químico para problemas fitossanitários de forma curativa sempre utilizando produtos
148 registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e indicados para a cultura.

149 As frutas foram colhidas maduras (com no mínimo 75% da epiderme com a
150 coloração vermelha) e levadas ao laboratório de fisiologia da pós-colheita para realizar
151 análises físico-químicas e ao laboratório Ciência e Tecnologia de Alimentos para realizar
152 análises quanto a presença de compostos bioativos.

153 Visando determinar o tamanho das frutas, uma amostra composta por dez frutas por
154 parcela colhidas no mês de setembro de 2017 e 2018, foi utilizada para determinar o
155 diâmetro e a comprimento das frutas, mensurados com auxílio de um paquímetro digital
156 150mm mt^x, e os resultados expressos em milímetros (mm).

157 Para as demais avaliações, amostras compostas por 10 frutas por subparcela foram
158 coletadas no experimento, no mês de outubro de 2017 e outubro de 2018, respectivamente,
159 referentes ao primeiro e ao segundo ciclo de avaliação. Para determinação dos compostos
160 fenólicos totais, da atividade antioxidante total e das antocianinas totais das frutas
161 produzidas, as amostras foram armazenadas em sacos de polietileno e congeladas (-18°C)
162 até o momento da análise.

163 O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado com auxílio de um refratômetro
164 digital (ATAGO Palette PR-101-α), resultados expressos em °Brix. Acidez titulável (AT),
165 avaliada por titulometria, utilizando-se 2 mL de suco diluídos em 90 mL de água destilada,
166 cuja diluição foi titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1, e os resultados
167 expressos em porcentagem de ácido cítrico. Relação SS/AT foi calculada através da razão
168 entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

169 A coloração da epiderme foi obtida através de duas leituras em faces opostas da
170 região equatorial da superfície das frutas, utilizando o colorímetro Minolta 450, com
171 iluminante D65, e abertura de 8 mm, por meio do sistema CIE-Lab, utilizando os
172 parâmetros L* a* b*. Os valores a* e b* foram utilizados para calcular o ângulo Hue ou
173 matiz ($^{\circ}h^* = \tan^{-1} b^* \cdot a^{*-1}$).

174 A firmeza de polpa foi mensurada com o penetrômetro eletrônico TA-TX plus
175 (Stable Micro Systems Texture Technologies, Scarsdale NY) equipado com uma ponteira
176 P2 (2 mm), duas leituras foram realizadas em faces opostas, na porção mediana da fruta,
177 com os resultados expressos em Newton (N).

178 A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada através do método
179 adaptado de Swain e Hillis (1959), utilizando o reagente Folin-Ciocalteau e as leituras
180 realizadas por meio de espectrometria no comprimento de onda de 725 nm, utilizou-se o
181 ácido clorogênico como padrão para a curva de calibração. Sendo o resultado expresso em
182 mg de ácido clorogênico por 100 g de amostra.

183 A determinação da atividade antioxidante total foi realizada através do método
184 adaptado de Brand-Williams et al. (1995), utilizando a solução do radical estável DPPH
185 (2,2-difenil-1-picrilhidrazil). A absorbância foi medida em espectrofotômetro no
186 comprimento de onda de 515 nm. O padrão Trolox foi utilizado para a curva de calibração e
187 os resultados foram expressos em µg de equivalente trolox por 100 g de amostra.

188 A quantificação das antocianinas totais foi realizada através do método adaptado de
189 Fuleki e Francis (1968). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a uma absorbância de
190 535 nm e 700 nm. Cianidina-3-glicosídeo foi usado como padrão para a curva de calibração
191 e os resultados foram expressos em µg de equivalente cianidina-3-glicosídeo por 100 g de
192 amostra.

193 O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com parcelas
194 subdivididas, constituído de fatorial 4 x 3, quatro volumes de irrigação: controlador
195 autônomo de irrigação (CAI); 52,5 mL; 87,5 mL e 122,5 mL diárias por planta (parcela) e
196 três tipos de substratos (S1, S2 e S3) (subparcela), com quatro repetições e amostra de 10
197 frutas em cada. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, realizando-se
198 o teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade de erro. As
199 análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA,
200 2014).

201

202 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

203

204 As variáveis referentes ao tamanho de fruta (diâmetro e comprimento) foram
205 influenciadas pelos fatores substratos e volumes de irrigação isoladamente. Para diâmetro de

206 fruta (2017 e 2018) e comprimento de fruta (2017), os resultados quanto aos volumes de
207 irrigação não foram significativos (Tabela 1).

208 Frutas com maior diâmetro e o comprimento foram obtidas com o uso dos substratos
209 S1 e S2 nos dois ciclos de avaliação. Com o substrato S3, os valores do diâmetro e do
210 comprimento ficaram abaixo da média para os dois ciclos. Plantas sobre esse substrato
211 apresentaram menor desenvolvimento vegetativo (tanto das folhas quanto da coroa) e menor
212 número e tamanho de frutas, devido os slabs com esse substrato apresentarem maior
213 compactação ao longo do ciclo de cultivo, dificultando o desenvolvimento das raízes,
214 influenciando a absorção de água e nutrientes.

215 A compactação do substrato devido à acomodação de partículas menores entre as
216 maiores e a diminuição da porosidade segundo Zorzeto et al. (2014) pode ocasionar a falta
217 de oxigênio para o desenvolvimento das raízes e dificultar a movimentação de água,
218 implicando negativamente na produção e no tamanho das frutas. Como ocorreu com o uso
219 do substrato S3 nesse trabalho.

220 O comprimento de fruta em 2018 foi maior em plantas sob 122,5 mL diárias
221 45,49mm diferindo dos demais volumes de irrigação avaliados. Zorzeto et al. (2016),
222 aumentando a frequência de irrigação de duas para quatro vezes ao dia teve aumento no
223 tamanho de fruta, chegando a 15,4 g fruta⁻¹. Já Rannu et al. (2018), ao avaliar o efeito da
224 irrigação no rendimento e no uso da água no morango, verificaram a diminuição no
225 tamanho da fruta conforme a diminuição no fornecimento de água às plantas. Diminuindo o
226 comprimento de 46,40 mm para 38,90 mm e o diâmetro de fruta de 31,20 mm para 28,80
227 mm. Segundo estes autores, o aumento da frequência de irrigação causa a expansão celular
228 da fruta e aumenta a massa.

229 Os valores do teor de sólidos solúveis nas frutas nos dois ciclos não foram
230 influenciados pelos substratos, mas pelos volumes de irrigação. Com o CAI e 52,5 mL
231 diários, as frutas apresentaram maior teor de sólidos solúveis nos dois ciclos, 9,14 e 9,58
232 °Brix respectivamente em 2017 e 9,89 e 9,04 °Brix em 2018 (Tabela 2). O estresse hídrico
233 nas plantas estimulou o maior acúmulo de açúcares nas frutas, conforme o aumento no
234 volume de irrigação diário, houve redução do acúmulo de açúcares nas frutas. Os resultados
235 corroboram aos encontrados por Gomes et al. (2015), que conforme aumento da lamina de
236 água de 152 para 384 mm ciclo⁻¹, observaram a diminuição no teor de sólidos solúveis de

237 8,0 para 7,0 °Brix. Segundo Rahman et al. (2014), o sistema de cultivo e a irrigação causam
238 grande impacto na variação do teor de sólidos solúveis em morangos.

239 Em relação ao pH em 2017, o volume de irrigação não influenciou nos resultados. No
240 ciclo 2018, 87,5 mL diários proporcionaram frutas com maior valor de pH (3,61), diferindo
241 dos demais volumes de irrigação (Tabela 2). A menor quantidade de chuvas em 2018 no
242 mês de outubro (133 mm), contribuiu para que os volumes de irrigação diferissem nos
243 resultados. Em 2017, no mesmo mês, choveu 258,2 mm, onde o acúmulo de ácidos
244 orgânicos nas frutas ocorresse de forma igualitária entre os tratamentos.

245 Com o substrato S3, as frutas produzidas apresentaram maior valor de pH nos dois
246 ciclos (3,67 em 2017 e 3,69 em 2018), sendo que o valor no ciclo de 2017 não diferiu do
247 substrato S2 (3,66) (Tabela 2). Os valores são superiores aos encontrados por Kirinus et al.
248 (2018) ao trabalhar com a cultivar Camarosa e diferentes tratamentos com torta de mamona
249 para o controle de fitopatógenos, observaram valores de pH variando de 3,26 a 3,43. Os
250 resultados em ambos trabalhos mostram que as características do genótipo influenciam nos
251 valores de pH obtidos nas frutas, pois a cultivar Camarosa apresentou resultados acima ou
252 próximos a 3,0 e superiores quando submetido a diferentes tratamentos. Costa et al. (2019)
253 relata que os valores de pH são primariamente dependentes dos fatores genéticos e após das
254 condições climáticas.

255 Houve interação entre os fatores substratos e volumes de irrigação para as variáveis,
256 acidez titulável (AT) e relação SS/AT (Tabela 3), firmeza de polpa e coloração da epiderme
257 (Tabela 5) nos anos de 2017 e 2018.

258 A acidez titulável (AT) no ciclo 2017 não diferiu entre os substratos nos volumes de
259 irrigação (CAI, 52,5 mL e 87,5 mL). Com 122,5 mL, o substrato S3 favoreceu a formação
260 de frutas com menor acidez titulável (0,68% ácido cítrico) (Tabela 3). No ciclo 2018 frutas
261 de plantas sob o substrato S3 apresentaram menor acidez titulável independente do volume
262 de irrigação utilizada, com os resultados ficando abaixo da média (Tabela 3). Diel et al.
263 (2018) ao avaliar substratos e origem das mudas na qualidade das frutas, observaram que o
264 substrato com maior retenção de água formou frutas com menor acidez titulável para
265 cultivar Camarosa de origem importada (1,17) e para cultivar Albion de origem nacional
266 (1,27). O maior acúmulo de água no interior da fruta, devido maior retenção de água no
267 substrato, pode ter influenciado na maior formação de ácidos orgânicos, elevando a acidez
268 da fruta.

269 O uso do CAI e 52,5 mL com os S1 e S2 no ciclo 2018, proporcionou os maiores
270 valores de acidez titulável, ficando acima de 1% de ácido cítrico. Para o CAI, as frutas
271 apresentaram 1,08% de ácido cítrico com o S1 e 1,10% de ácido cítrico com o S2. Enquanto
272 que com 52,5 mL diários, as frutas apresentaram 1,04% de ácido cítrico com S1 e 1,02% de
273 ácido cítrico com S2 (Tabela 3). Diel et al. (2018) trabalhando com a cultivar Camarosa e
274 diferentes substratos, observaram valores de acidez titulável acima dos 1,07% para todos
275 tratamentos. Diferenças nas características dos substratos e volume de irrigação aliado as
276 condições ambientais de cultivo, determinam as diferenças encontradas nos valores da
277 acidez titulável.

278 Segundo Cao et al. (2015), a acidez titulável juntamente com o teor de sólidos
279 solúveis define o aroma do morango os quais são diretamente influenciados por fatores
280 genéticos, manejo da água e nutrientes, além das condições ambientais.

281 Nos dois ciclos de avaliação, frutas de plantas sob o substrato S3 apresentaram
282 valores da relação SS/AT acima de 10,00 independente do volume de irrigação utilizado
283 (Tabela 3). Conferindo ao substrato a possibilidade de proporcionar frutas com melhor
284 equilíbrio açúcar e acidez. Os resultados obtidos demonstram que a relação SS/AT na
285 cultura do morangueiro é dependente também dos fatores climáticos em que as plantas estão
286 expostas, além dos substratos utilizados como meio de cultivo e a quantidade de água e
287 nutrientes fornecidos durante o cultivo.

288 Em um ciclo um volume de irrigação favoreceu os valores mais altos para os
289 substratos e no ciclo seguinte, esse mesmo volume proporcionou o contrário, valores mais
290 baixos. Por exemplo, com 122,5 mL diários, em 2017, obteve-se um dos valores mais altos
291 para o substrato S1 (10,91) e S3 (12,76) e mais baixos para o substrato S2 (10,09). Já em
292 2018, com esse mesmo volume, ocorreu o contrário, obteve-se um dos valores mais baixos
293 para o substrato S1 (9,88) e S3 (11,05) e mais altos para o substrato S2 (10,26) (Tabela 3).

294 Segundo Costa et al. (2019) os ácidos presentes nas frutas e a relação sólidos
295 solúveis/ acidez titulável variam de acordo com o fator genético, condições de clima e
296 práticas culturais. Concordando com os resultados obtidos neste trabalho, o manejo no
297 volume de água e nutrientes fornecidos aliado as diferentes condições climáticas de um ano
298 para o outro proporcionou diferenças na relação SS/AT.

299 Akhtar e Rab (2015) ao verificarem o efeito de intervalos de irrigação na qualidade
300 de morangos, observaram que a relação SS/AT varia conforme o intervalo sem irrigar. Os

301 maiores valores foram obtidos com intervalo de 12 e 10 dias (6,41 e 6,22, respectivamente)
302 enquanto que intervalo de 4 dias resultou em 5,61. Segundo eles, a relação açúcar/ácido
303 geralmente aumenta com o avanço da maturação das frutas sendo influenciada
304 positivamente pelo déficit de irrigação.

305 A firmeza de polpa das frutas de plantas com o substrato S2 não diferiu entre os
306 volumes de irrigação nos dois ciclos, assim como de frutas de plantas com substrato S3 no
307 ciclo 2018 (Tabela 4).

308 Nos dois ciclos de avaliação, plantas sob 52,5 e 122,5 mL diários produziram frutas
309 com firmeza de polpa que não diferiram entre os substratos utilizados e entre si. Os
310 resultados não concordam aos encontrados por Adak et al. (2017), que observaram a
311 diminuição na firmeza das frutas da cultivar Camarosa conforme a diminuição da
312 disponibilidade hídrica, passando de 6,86 N em plantas no tratamento controle para 2,94 N
313 em plantas sob déficit hídrico. No presente estudo, a diminuição na disponibilidade hídrica
314 manteve a firmeza das frutas independente do substrato utilizado. O fator genético da
315 cultivar aliado as diferenças climáticas entre as regiões de estudo favoreceu essa diferença
316 na firmeza de polpa das frutas conforme alteração da disponibilidade hídrica.

317 A coloração da epiderme de frutas com o substrato S2 e S3 não diferiu quanto aos
318 volumes de irrigação. Com o uso do substrato S1 e 122,5 mL diários, obteve-se frutas com
319 coloração vermelha mais intensa no ano de 2017 (27,18°Hue) (Tabela 4).

320 Entre os substratos, a coloração da epiderme diferiu apenas quando se utilizou o
321 volume de 52,5 mL ao dia. Frutas com maior coloração vermelha foram obtidas com o
322 substrato S2 (28,01 °Hue) não diferindo do substrato S3 (29,10 °Hue) (Tabela 4). Para as
323 demais irrigações, a coloração das frutas não foi influenciada pelos substratos. Adak et al.
324 (2017) não observaram influência da irrigação na coloração de frutas da cultivar Camarosa
325 no tratamento controle (31,57 °Hue) e sob déficit hídrico (32,41 °Hue). Os resultados
326 contrários estão relacionados com os diferentes substratos utilizados sob baixa
327 disponibilidade hídrica. No trabalho de Adak et al. (2017), eles utilizaram apenas um tipo de
328 substrato, nesse trabalho foram três substratos, dos quais, a maior coloração da epiderme foi
329 obtida nos substratos com maior retenção de água. Essa maior retenção de água favoreceu
330 maior formação de pigmentos responsáveis pela cor em frutas de plantas sob baixa
331 disponibilidade hídrica.

332 Segundo Castricini et al. (2017) a diferença de coloração das frutas é uma
333 característica genética, influenciada por fatores climáticos e culturais. O que explica a
334 variabilidade de resultados quanto aos fatores estudados, cultivares, volume de irrigação,
335 substratos.

336 Houve interação entre os fatores estudados nas análises fitoquímicas das frutas, no
337 ciclo 2017. No ciclo 2018, os substratos e volumes de irrigação atuaram isoladamente sobre
338 os resultados.

339 O teor dos compostos fenólicos não diferiu entre os substratos utilizados com volume
340 de 122,5 mL. Para o substrato S1 os maiores valores foram obtidos com 52,5 mL (355,76
341 mg do equivalente ácido clorogênico 100 g⁻¹ massa fresca) e 87,5 mL (312,99 mg do
342 equivalente ácido clorogênico 100 g⁻¹ massa fresca). Para o substrato S2 foram obtidos os
343 maiores valores com 52,5 mL, CAI e 122,5 mL (340,24; 326,71 e 285,69 mg do equivalente
344 ácido clorogênico 100 g⁻¹ massa fresca, respectivamente). Enquanto que para o substrato S3,
345 os maiores valores foram obtidos com o CAI e 87,5 mL (337,34 e 284,00 mg do equivalente
346 ácido clorogênico 100 g⁻¹ massa fresca, respectivamente) (Tabela 5). As variações nos
347 resultados dos compostos fenólicos no ciclo 2017 demonstram que os valores são
348 dependentes da interação entre os substratos e os volumes de irrigação utilizadas no
349 momento da maturação da fruta. Onde, substratos com maior retenção de água ajudam a
350 manter o acúmulo no teor dos compostos fenólicos em frutas de plantas com menor
351 disponibilidade de água.

352 Weber et al. (2016) observaram aumento no conteúdo de compostos fenólicos nos
353 morangos quando o déficit de irrigação era aumentado para as plantas. Assim como Adak et
354 al. (2017), no qual plantas no tratamento controle produziram frutas com 4490,70 mg
355 equivalentes de ácido gálico kg⁻¹ e plantas sob déficit hídrico produziram frutas com
356 10158,0 mg equivalentes de ácido gálico kg⁻¹. Segundo Portela et al. (2012), os compostos
357 fenólicos são sintetizados em resposta a fatores abióticos (temperatura, luz, disponibilidade
358 de água), aumentando em condições de estresse.

359 No ciclo 2017 para as antocianinas totais as diferenças foram não significativas para
360 todas interações entre os substratos e os volumes de irrigação (Tabela 5). A atividade
361 antioxidante presente nas frutas não diferiram entre os substratos com o uso 122,5 mL.
362 Maior quantidade de água e nutrientes fornecidos as plantas favorecem a formação de frutas
363 com maior atividade antioxidante independente do substrato utilizado.

364 Adak et al. (2017) verificaram aumento no conteúdo de antocianinas totais para
365 cultivar Camarosa sob estresse hídrico. Plantas sob o tratamento controle apresentaram
366 12,69 mg equivalente cianidina-3-glicosídeo kg^{-1} enquanto as sob déficit hídrico
367 apresentaram 18,32 mg equivalente cianidina-3-glicosídeo kg^{-1} .

368 Com o uso do substrato S1, o uso de 52,5 mL favoreceu maior atividade
369 antioxidante, 895,29 μg equivalente trolox g^{-1} massa fresca, diferindo dos demais volumes
370 de irrigação. Plantas com o substrato S2 com o CAI e 52,5 mL diários formou frutas com
371 maior atividade antioxidante, 879,68 e 794,28 μg equivalente trolox g^{-1} massa fresca,
372 respectivamente. Já com a utilização do substrato S3 e CAI, as frutas apresentaram
373 atividade antioxidante de 858,96 μg equivalente trolox g^{-1} massa fresca, superior aos demais
374 volumes de irrigação.

375 Alsmairat et al. (2018) avaliando a composição de substratos na fisiologia e
376 qualidade da fruta de duas cultivares de morangueiro, observaram variações de 41,0 a
377 49,3% de inibição da DPPH para a atividade antioxidante, onde o maior valor foi obtido em
378 frutas cultivadas com substrato (turfa de Coco-perlita 4:1).

379 Sendo Vizzotto et al. (2012) as propriedades antioxidantes estão muito relacionadas
380 ao tipo de fruta: cultivares dentro da mesma espécie, às condições de cultivo das plantas,
381 como ambiente e técnicas de manejo (irrigação e fertirrigação), além do grau de maturidade
382 na colheita, sendo menor o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante
383 quanto mais maduras as frutas.

384 No ciclo 2018, os fatores estudados não afetaram o conteúdo de compostos fenólicos
385 e antocianinas totais presentes nos morangos (Tabela 6).

386 O valor dos compostos fenólicos nas frutas foi maior com o uso do CAI, 377,25 mg
387 do equivalente ácido clorogênico 100g^{-1} massa fresca não diferindo de 122,5 mL diários
388 363,20 mg do equivalente ácido clorogênico 100g^{-1} massa fresca (Tabela 6). Ao contrário
389 dos resultados obtidos por Weber et al. (2016) com a cultivar Flamenco ao testar déficits
390 hídricos na qualidade do morango. Observaram que conforme aumenta o déficit hídrico
391 aumenta o valor dos compostos fenólicos nas frutas, passando de 8,73 g kg^{-1} amostra fresca
392 (-12 kPa, limite superior da capacidade de campo) para 10,11 g kg^{-1} amostra fresca (-70kPa
393 irrigação por déficit). Pode-se inferir que o genótipo aliado aos déficits hídricos utilizados,
394 contribui para os valores dos compostos fenólicos obtidos, onde o grau de resistência das
395 cultivares a falta de água, interfere no valor obtido.

A atividade antioxidante teve seus maiores valores em frutas oriundas de plantas cultivadas em substrato S3 1246,73 µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca e S1 1178,56 µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca (Tabela 6).

Vignolo et al. (2012) não observaram diferenças na capacidade antioxidante entre as cultivares estudadas, onde Camarosa apresentou 4465,67 µg equivalente trolox g⁻¹ amostra fresca. Segundo os autores, a maior contribuição para a atividade antioxidante total de frutas se deve à composição de compostos fitoquímicos. Os maiores valores observados por eles com a cultivar Camarosa em relação aos nossos resultados pode estar relacionado com o sistema de cultivo, no qual, realizaram no sistema convencional.

CONCLUSÃO

As características físico-químicas e fitoquímicas das frutas de morangueiro cultivar Camarosa variam conforme a interação entre o substrato e o volume de irrigação utilizado. O manejo com o equipamento CAI ou 52,5 mL de irrigação ao dia, possibilita obter frutas com maior teor de sólidos solúveis. O teor de sólidos solúveis não varia quanto aos substratos utilizados. Dependendo da retenção do substrato utilizado, a firmeza de polpa da fruta se mantém mesmo com a diminuição da disponibilidade hídrica. Os substratos S1 e S2, e 122,5 mL diárias de irrigação, proporcionam frutas com maior diâmetro e comprimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes e ao CNPq pela concessão de bolsas de estudo e a Embrapa Clima Temperado pelo apoio em infraestrutura para a execução deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ADAK, N.; GUBBUK, H.; TETIK, N. Yield, quality and biochemical properties of various strawberry cultivars under water stress. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v.98, n.1, p.304-311, 2017.
- AKHTAR, I.; RAB, A. Effect of irrigation intervals on the quality and storage performance of strawberry fruit. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v.25, n.3, p. 669-678, 2015.
- ALSMAIRAT, N.G.; AL-AJLOUNI, M.G.; AYAD, J.Y.; OTHMAN, Y.A.; HILAIRE, R.S. Composition of soilless substrates affect the physiology and fruit quality of two strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.41, n.18, p.2356-2364, 2018.

- ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; VAZ, M.A.B.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.3, p. 684-690, 2009.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidante activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London, v. 28, p. 25-30, 1995.
- CAO, F.; GUAN, C.; DAI, H.; LI, X.; ZHANG, Z. Soluble solids content is positively correlated with phosphorus content in ripening strawberry fruits. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.195, p.183-187, 2015.
- CASTRICINI, A.; DIAS, M.S.C.; MARTINS, R.N.; SANTOS, L.O. Morangos produzidos no semiárido de Minas Gerais: qualidade do fruto e da polpa congelados. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.20, e2016149, 2017.
- CHAVES, V.C.; CALVETE, E.; REGINATTO, F.H. Quality properties and antioxidant activity of seven strawberry (*Fragaria x ananassa* duch) cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.225, p.293-298, 2017.
- CORDENUNSI, B.R.; NASCIMENTO, J.R.O.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, Philadelphia, v.83, p.167-173, 2003.
- COSTA, S.I.; FERREIRA, L.V.; BENATI, J.A.; CANTILLANO, R.F.F.; ANTUNES, L.E.C. Parâmetros qualitativos de morangueiros de dias neutros produzidos em cultivo sem solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.27, n.6, p.481-489, 2019.
- DIEL, M.I.; SCHMIDT, D.; OLIVOTO, T.; ALTISSIMO, C.S.; PRETTO, M.M.; PINHEIRO, M.V.M.; SOUZA, V.Q.; CARON, B.O.; STOLZLE, J. Efficiency of Water use for Strawberries Cultivated in different Semi-Hydroponic Substrates. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.10, n.8, p.31-37, 2016.
- DIEL, M.I.; PINHEIRO, M.V.M.; THIESEN, L.A.; ALTÍSSIMO, B.S.; HOLZ, E.; SCHMIDT, D. Cultivation of strawberry in substrate: Productivity and fruit quality are affected by the cultivar origin and substrates. **Ciência e agrotecnologia**, v.42, n.3, p.229-239, 2018.
- FERREIRA, D.F. 2014. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, p.109-112.
- FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 33, n. 1, p. 72-77, 1968.

- GOMES, E. R.; BROETTO, F.; QUELUZ, J.G.T.; BRESSAN, D.F. Efeito da fertirrigação com potássio sobre o solo e produtividade do morangueiro. **IRRIGA: Brazilian journal of irrigation and dainage**, v.1, n.1, 2015.
- KIRINUS, M.B.M; BARRETO, C.F.; SILVA, P.S.; KROLOW, A.C.R.; GOMES, C.B.; MALGARIM, M.B. Uso da torta de mamona na produção orgânica de morangos cv. Camarosa. **Agrarian**, Dourados, v.11, n.39, p.1-5, 2018.
- KRÜGER, E. JOSUTTIS, M.; NESTBY, R.; TOLDAM-ANDERSEN, TORBEN BO; CARLEN, C.; MEZZETTI, B. Influence of growing conditions at different latitudes of Europe on strawberry growth performance, yield and quality. **Journal of Berry Research**, v.2, n.3, p.143-157, 2012.
- KUMAR, S.; DEV, P. Effect of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water use efficiency and yield of strawberry. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.127, p.318-324, 2010.
- MARTÍNEZ-FERRI, E.; SORIA, C.; ARIZA, M.T.; MEDINA, J.J.; MIRANDA, L.; DOMÍGUEZ P.; MURIEL, J.L. Water Relations, Growth and Physiological Response of Seven Strawberry Cultivars (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) to Different Water Availability. **Agricultural Water Management**, Enhancing plant water use efficiency to meet future food production, v.164, n.1, p.73-82, 2016.
- MOZAFARI, A.; GHADERI, N.; HAVAS, F.; DEDEJANI, S. Comparative investigation of structural relationships among morpho-physiological and biochemical properties of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) under drought and salinity stresses: A study based on in vitro culture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.256, p.108601-108613, 2019.
- MUSA, C.I. Caracterização físico-química de morangos de diferentes cultivares em sistemas de cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS. **Tese** (Doutorado) – Universidade do Vale do Taquari, Lageado, 2017. 160 f.
- ORNELAS-PAZ, J.J.; YAHIA, E.M.; BUSTAMANTE, N.R.; MARTÍNEZ, J.D.P.; MINAKATA, M.P.E.; JUNQUERA, V.I.; MUÑIZ, C.A.; PRIETO, V.G.; REYES, E.O. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chemistry**, v.138, n.1, p.372-381, 2013.
- 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**, Brasília, v.30, n.2, p.266-273, 2012.
- RAHMAN, M.M.; RAHMAN, M.M.; HOSSAIN, M.M.; KHALIQ, Q.A.; MONIRUZZAMAN, M. Effect of planting time and genotypes growth: yield and quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.167, p.56-62, 2014.

RANNU, R.P.; AHMED, R.; SIDDIKY, A.; SALEH, M.D., A.; ALI, Y.; MURAD, K.F.I.; SARKAR, P.K.. Effect of Irrigation and Mulch on the Yield and Water Use of Strawberry. **International Journal Of Agronomy**, v.2018, p.1-10, 2018.

ŠAMEC, D. MARETIC, M.; LUGARIC, I.; MEŠIC, A.; SONDI, B.S.; DURALIJA, B. Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. **Food Chemistry**, v.194, p.828-834, 2016.

SANTOS, G.O.; VANSELA, L.S.; FARIA, R.T. Manejo da água na agricultura irrigada. **Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.1, n.1, 2018.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of Science and Food Agriculture**. Washington, v. 10, n.1, p. 63-68, 1959.

VIGNOLO, G.K.; ARAUJO, V.F.; ANTUNES, L.E.C.; PICOLOTTO, L.; VIZZOTTO, M.; FERNANDES, A. Produção de frutos e compostos funcionais de quatro cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, S3470-S3476, 2012.

VIZZOTTO, M.; RASEIRA, M.C.B.; PEREIRA, M.C.; FETTER, M.R. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em diferentes genótipos de amoreira-preta (*Rubus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.3, p.853-858, 2012.

WEBER, N.; SCHMITZER, V.; JAKOPIC, J.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; STAMPAR, F.; KORON, D.; VEBERIC, R. Influence of *Colletotrichum simmondsii* R.G. Shives Y.P. Tan infection on selected primary and secondary metabolites in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit and runners. **European Journal of Plant Pathology**, v.136, p.281-290, 2013.

WEBER, N., ZUPANC, V., JAKOPIC, J., VEBERIC, R.; PETKOVSEK, M.M.; STAMPAR, F. Influence of deficit irrigation on strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.97, n.3, p.849-857, 2017.

YANG, B.; KORTESNIEMI, M. Clinical evidence on potential health benefits of berries. **Current Opinion in Food Science**. v.2, p.36–42, 2015.

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M.F.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v.73, n.3, p.300-311, 2014.

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

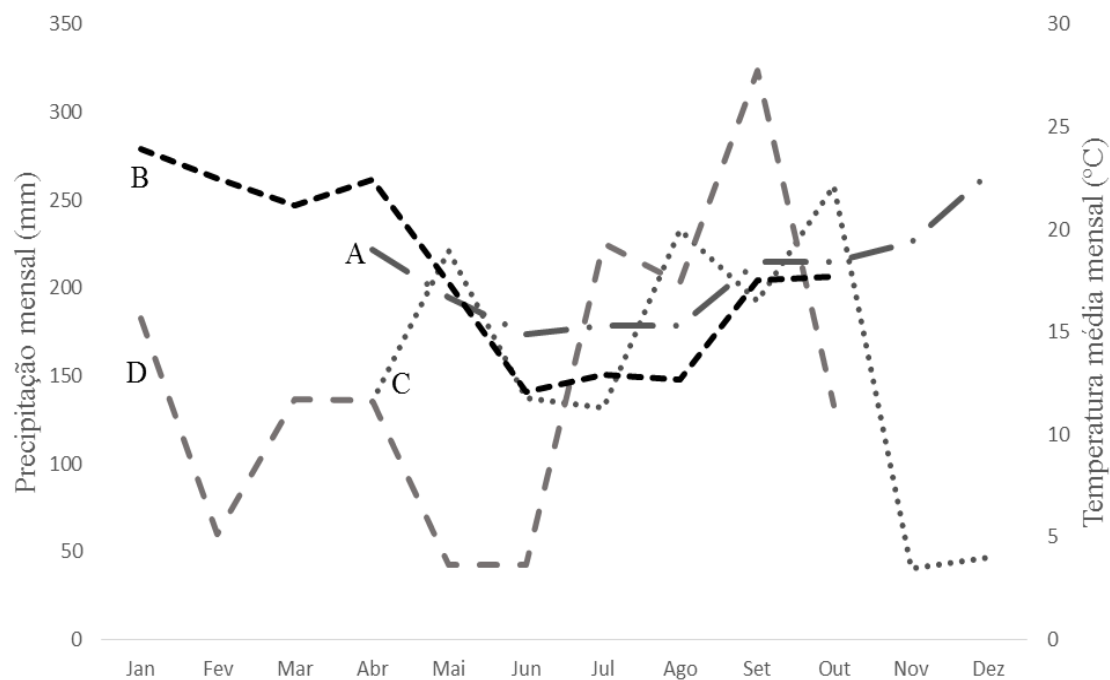
571 **FIGURAS**

Figura 1. Médias mensais de temperatura (A) e precipitação (C) em 2017 e temperatura (B) e precipitação (D) em 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

TABELAS

Tabela 1. Diâmetro e comprimento de frutas de morangueiro da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Substratos	Diâmetro de fruta (mm)		Comprimento de fruta (mm)	
	Ciclo 2017	Ciclo 2018	Ciclo 2017	Ciclo 2018
Substrato 1	33,51 ab	30,66 ab	43,00 a	43,55 a
Substrato 2	34,15 a	32,53 a	42,36 a	45,38 a
Substrato 3	31,67 b	30,11 b	37,67 b	40,34 b
Volumes de Irrigação				
CAI	32,81 ^{ns}	30,36 ^{ns}	40,34 ^{ns}	42,11 b
52,5 mL	32,50	31,14	40,41	42,14 b
87,5 mL	33,18	30,68	40,65	42,63 b
122,5 mL	33,95	32,22	42,63	45,49 a
Média	33,11	31,10	41,01	43,09
CV a (%)	7,91	5,06	10,71	6,77
CV b (%)	6,61	8,36	11,09	5,84

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo; mm: milímetros, CAI: controlador automático de irrigação, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 2. Sólidos solúveis (SS) e potencial hidrogeniônico (pH), de frutas da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Substratos	SS (°Brix)		pH	
	Ciclo 2017	Ciclo 2018	Ciclo 2017	Ciclo 2018
Substrato 1	8,97 ^{ns}	9,34 ^{ns}	3,55 b	3,47 b
Substrato 2	9,10	8,79	3,66 a	3,39 c
Substrato 3	9,08	9,41	3,67 a	3,69 a
Volume de Irrigação				
CAI	9,14 ab	9,89 a	3,61 ^{ns}	3,50 b
52,5 mL	9,58 a	9,04 ab	3,67	3,50 b
87,5 mL	8,59 b	8,84 b	3,61	3,61 a
122,5 mL	8,89 b	8,94 b	3,62	3,47 b
Média	9,05	9,18	3,63	3,52
CV a (%)	4,25	4,83	1,49	1,24
CV b (%)	5,47	8,24	2,71	1,67

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo, CAI: controlador automático de irrigação, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 3. Acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de frutas da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Ciclo 2017	AT (% ácido cítrico)			SS/AT		
	Substrato			Substrato		
Volume de Irrigação	S1	S2	S3	S1	S2	S3
CAI	0,80 a A	0,76 a AB	0,83 a A	10,67 a A	11,27 a AB	10,46 a B
52,5 mL	0,81 a A	0,72 a B	0,75 a A	11,55 b A	14,17 a A	12,58 ab A
87,5 mL	0,84 a A	0,81 a AB	0,78 a A	10,86 a A	10,86 a B	12,53 a A
122,5 mL	0,82 ab A	0,91 a A	0,68 b A	10,91 ab A	10,09 b B	12,76 a A
Média Geral	0,79			11,56		
CV a (%)	7,55			8,95		
CV b (%)	10,41			13,37		

Ciclo 2018	AT (% ácido cítrico)			SS/AT		
	Substrato			Substrato		
Volume de Irrigação	S1	S2	S3	S1	S2	S3
CAI	1,08 a A	1,10 a A	0,77 b A	9,08 b B	8,74 b AB	13,51 a A
52,5 mL	1,04 a AB	1,02 a AB	0,63 b B	9,02 b B	8,14 b B	15,16 a A
87,5 mL	0,78 ab C	0,87 a C	0,70 b AB	11,48 a A	9,45 b AB	13,24 a A
122,5 mL	0,93 a B	0,89 ab BC	0,77 b A	9,88 a AB	10,26 a A	11,05 a B
Média Geral	0,88			10,75		
CV a (%)	6,84			6,97		
CV b (%)	7,12			9,24		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo, CAI: controlador automático de irrigação, S1 (substrato 1), S2 (substrato 2), S3 (substrato 3); CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 4. Firmeza de polpa e coloração da epiderme (Cor) de frutas da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Ciclo 2017	FIRMEZA DE POLPA (N)			COR (°Hue)		
	Substrato			Substrato		
Volume de Irrigação	S1	S2	S3	S1	S2	S3
CAI	0,34 b B	0,37 b A	0,51 a A	28,20 a AB	27,72 a A	29,24 a A
52,5 mL	0,40 a B	0,42 a A	0,37 a B	31,31 a A	28,01 b A	29,10 ab A
87,5 mL	0,48 a A	0,41 b A	0,38 b B	29,64 a AB	29,56 a A	28,55 a A
122,5 mL	0,40 a B	0,41 a A	0,41 a B	27,18 a B	28,87 a A	27,90 a A
Média Geral	0,41			28,77		
CV a (%)	13,03			5,32		
CV b (%)	14,29			5,41		

Ciclo 2018	FIRMEZA DE POLPA (N)			COR (°Hue)		
	Substrato			Substrato		
Volume de Irrigação	S1	S2	S3	S1	S2	S3
CAI	0,55 a A	0,54 a A	0,56 a A	25,25 ^{ns}	25,83 ^{ns}	24,61 ^{ns}
52,5 mL	0,51 a AB	0,55 a A	0,43 a A	29,25	26,93	22,88
87,5 mL	0,40 a B	0,52 a A	0,49 a A	24,41	25,55	25,05
122,5 mL	0,55 a A	0,44 a A	0,53 a A	24,22	24,77	24,12
Média Geral	0,5			25,24		
CV a (%)	13,72			11,75		
CV b (%)	12,54			8,77		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo, N: Newton, CAI: controlador automático de irrigação; S1 (substrato 1), S2 (substrato 2), S3 (substrato 3); CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

696 **Tabela 5.** Compostos fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante total de frutas de
 697 morangueiro da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob
 698 diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2017. Embrapa Clima Temperado, Pelotas,
 699 RS, 2020.

COMPOSTOS FENÓLICOS ¹			
	Substrato		
Volume de Irrigação	Substrato 1	Substrato 2	Substrato 3
CAI	268,96 b B	326,71 a A	337,34 a A
52,5 mL	355,76 a A	340,24 a A	265,88 b B
87,5 mL	312,99 a AB	261,08 b B	284,00 ab AB
122,5 mL	292,49 a B	285,69 a AB	255,24 a B
Média Geral	298,86		
CV a (%)	17,20		
CV b (%)	12,17		
ANTOCIANINAS TOTAIS ²			
	Substrato		
Volume de Irrigação	Substrato 1	Substrato 2	Substrato 3
CAI	80,24 ^{ns}	81,43 ^{ns}	88,75 ^{ns}
52,5 mL	57,22	75,23	81,52
87,5 mL	59,15	76,8	72,96
122,5 mL	73,67	80,56	72,63
Média Geral	75,01		
CV a (%)	24,30		
CV b (%)	22,74		
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE ³			
	Substrato		
Frequência de Irrigação	Substrato 1	Substrato 2	Substrato 3
CAI	728,78 b B	879,68 a A	858,96 a A
52,5 mL	895,29 a A	794,28 b AB	657,75 c B
87,5 mL	720,31 a B	547,91 b C	698,20 a B
122,5 mL	734,99 a B	715,11 a B	729,43 a B
Média Geral	746,72		
CV a (%)	12,22		
CV b (%)	12,54		

700 ¹Compostos fenólicos totais expressos em mg do equivalente ácido clorogênico 100g⁻¹ massa
 701 fresca; ²Antocianinas totais expressas em mg equivalente cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ massa
 702 fresca; ³Atividade antioxidante total expressa em µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca. Médias
 703 seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem
 704 estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo, CV a:
 705 Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela, CAI: controlador
 706 automático de irrigação.
 707

Tabela 6. Compostos fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante total de frutas de morangueiro da cultivar Camarosa, de plantas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes substratos e volumes de irrigação no ciclo 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Substratos	Compostos fenólicos ¹	Antocianinas totais ²	Atividade antioxidante ³
Substrato 1	335,76 ^{ns}	77,7 ^{ns}	1178,56 ab
Substrato 2	345,21	88,52	1129,49 b
Substrato 3	350,36	88,07	1246,73 a
Volume de Irrigação			
CAI	377,25 a	92,89 ^{ns}	1229,11 ^{ns}
52,5 mL	318,70 bc	74,24	1158,88
87,5 mL	315,95 c	82,28	1136,97
122,5 mL	363,20 ab	89,65	1214,74
Média	343,77	84,77	1184,93
CV a (%)	9,80	23,23	8,86
CV b (%)	12,54	26,35	11,90

¹Compostos fenólicos totais expressos em mg do equivalente ácido clorogênico 100g⁻¹ massa fresca; ²Antocianinas totais expressas em mg equivalente cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ massa fresca; ³Atividade antioxidante total expressa em µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela, CAI: controlador automático de irrigação.

720

7. ARTIGO 3: Productive behavior of strawberry from potted seedlings produced with application of prohexadione calcium in soilless cultivation

Artigo aceito em 28 de março de 2020.

Emirates Journal of Food and Agriculture, Vol. 32, no. 4, Apr. 2020, pp. 309-18,

doi:<https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i4.2097>.

Tais Barbosa Becker¹, Andressa Vighi Schiavon¹, Eloi Evandro Delazeri¹, Caroline Farias Barreto¹,

Luis Eduardo Correa Antunes²

¹Federal University of Pelotas, Mailbox 354, Pelotas, RS, Brazil. taisbarbosabecker@hotmail.com; andressa.vighi@gmail.com; eloidelazeri@gmail.com; carol_fariasb@hotmail.com

²Embrapa Clima Temperado. Rodovia BR-392, Km 78, Mailbox 403, Pelotas, RS, Brazil. luis.antunes@embrapa.br

Abstract: Use of national strawberry seedlings, produced in a system without soil, is an alternative to reduce the dependence of producers on using imported seedlings. The objective of this work was to evaluate the effect of applying different concentrations of prohexadione calcium (ProCa) in the growth control of strawberry seedlings and the productive behavior after planting these seedlings. The experiment was carried out in a greenhouse, with a 4 x 2 factorial scheme, four concentrations of prohexadione calcium (0, 150, 300 and 600 mg L⁻¹) and two cultivars (Aromas and Camarosa). In the seedling phase, a completely randomized design was used, with 4 replications, with the experimental unit consisting of 12 seedlings. In the post-planting phase, a completely randomized design was used, with 5 replications and the experimental unit consisted of 4 plants. In the seedlings, the following were evaluated: number of leaves, crown diameter, petiole length, leaf area, chlorophyll content and dry matter of the aerial part. The parameters evaluated in the strawberry plants were: full bloom and fruiting, number of fruits per plant, average fruit weight, total fruit weight, length and diameter of fruit, dry weight of leaves and crowns. The application of 150, 300 and 600 mg L⁻¹ of ProCa decreased the leaf area and petiole length for both cultivars, thus reduced the vegetative growth of the seedlings. On the other hand the chlorophyll a, b and total contents

were increased in relation to the absence of ProCa for the two cultivars evaluated. The ProCa concentrations did not influence the number of fruits and the fruit mass per plant, and the results were related to the cultivar factor, where the cv Camarosa had the higher values.

Keywords: *Fragaria ananassa*, fruiting, national seedlings, plant regulator, propagation.

INTRODUCTION

Brazil has become the largest strawberry producer (*Fragaria x ananassa* Duch.) In South America, with about 4.300 hectares cultivated with the crop and where around 155.000 tons of fruit are produced (Antunes et al., 2017), resulting in an average yield of 36 t ha⁻¹ (Zeist and Resende, 2019). The expansion of the cultivation area, with the exchange of seedlings and new plantings, demands a large number of seedlings per year. It is estimated that the annual demand of the main strawberry producing regions in the country is around 175.000.000 seedlings (Antunes and Peres, 2013).

Expenditure on importing seedlings and payment of royalties from property rights contracts, dependence on genetic materials and foreign nurseries results in increased costs of strawberry production in Brazil (Fagherazzi et al., 2017). The obtaining of seedlings is the main limiting factor in the culture, since most of the seedlings used in Brazil are imported from Argentina, Chile and Spain (Gonçalves et al., 2016; Barreto et al., 2018).

In addition, the delay for seedlings to arrive in Brazil and delivery to the producer, makes planning and planting difficult, where in some producing regions, climatic conditions would allow the harvests to start in March, in addition to the risks associated with the possibility of introduction of pathogens and pests to seedlings (Zeist and Resende, 2019).

In this context, the production of national strawberry seedlings in an out-of-soil system allows the obtaining of seedlings with high vigor, in addition to the strict control of sanitary and nutritional quality, which are essential prerequisites for obtaining high fruit yields (Cocco et al., 2011; Gonçalves et al., 2016).

In the soilless system, it is possible to anticipate planting, as it allows the supply of seedlings to be staggered (Antunes et al., 2015), in addition to maintaining sanitary and physiological quality (by eliminating the incidence of soil pathogens) throughout the period of planting (March-July) (Pereira et al., 2016), which is a demand in the most diverse producing regions of the country.

On the other hand, these seedlings will be produced at the beginning of the summer and planted only at the end of this season or in the autumn of the following year, being necessary to control their growth so that the consumption of reserves does not occur before planting (Pereira et al., 2016; Barreto et al., 2018). As there is an excessive vegetative growth of the aerial part with the decrease of the accumulation of reserves in the crown and roots during this period due to the favorable environmental conditions, reducing the quality of the seedlings (Cocco et al., 2015; Pereira et al. 2016).

In order to guarantee the productivity of the orchards and to improve the quality of the fruit, it is essential in fruit plants to control vegetative growth (Carra et al., 2017), which can be carried out with the use of growth regulators, among them calcium prohexadione (calcium 3-oxide – 4-propionyl-5 – oxo-3-cyclohexane carboxylate), which has already been used in several crops, such as apple and pear, in the vegetative and productive control of plants (Pasa and Einhornet, 2017), in the production phase of mango (Mouco et al., 2010) and strawberry (Pereira et al., 2016) seedlings, in the flowering of the avocado to control production and fruit size (Brogio et al., 2018) for inhibiting the final stages of gibberellin biosynthesis, as it is a co-substrate of the dioxygenases that catalyze the hydroxylations involved in biosynthesis (Mouco et al., 2010; Kim et al., 2019).

The phyto regulator inhibiting the biosynthesis of gibberellins prohexadione calcium (ProCa) belonging to the class of acylcyclohexanediones, which are plant hormones that regulate the plant height. Its levels are generally related to the length of the stem, but they also play an important role in other physiological phenomena, such as in floral initiation and fruit establishment (Taiz et al., 2017).

According to Kim et al. (2019), the control of vegetative growth occurs due to the prohexadione calcium acting on 3 β -hydroxylase, an enzyme that primarily catalyzes the conversion of inactive GA 20 / GA 9 into highly active GA 1 / GA 4. The application of ProCa, in addition to reducing the plant height, provides an increase in the quality and yield of fruit, in addition to reducing space and labor (by reducing the size of the plants, it reduces the time to carry out maintenance pruning) (Ito et al., 2016; Kim et al., 2019).

ProCa delays the vegetative growth of plants, but does not compromise the production of strawberry fruits after planting. Because its short duration allows flexibility to manipulate growth as needed (Reekie et al., 2005a). Thus, the objective of this work was to evaluate whether the effect of different concentrations of prohexadione calcium in the production phase of strawberry seedlings influences the quality of seedlings and the productive behavior of cultivars Aromas and Camarosa after planting.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out in an experimental area belonging to Embrapa Clima Temperado, in Pelotas, RS, Brazil (31°40' S, 52°26' W, altitude 60 m) , during the years 2018 and 2019. Seedlings with clod (roots surrounded by substrate) of the cultivars Aromas and Camarosa produced in a production system soilless were used.

The propagules of the stolons were placed in 72-cell polystyrene trays (internal volume of 124 mL), containing commercial substrate Carolina Soil® (compound based on Sphagno peat, expanded vermiculite, dolomitic limestone, agricultural plaster and NPK fertilizer, with pH: 5.5 $\pm$ 0.5; electrical conductivity: 0.4 $\pm$ 0.3 mS cm⁻¹; density: 145 kg m⁻³; water holding capacity: 55% and maximum humidity: 50%) in March 2th, 2018.

The seedlings remained for 10 days in a misting chamber (irrigation frequency of 10 seconds every 10 minutes with an average flow rate of 36 L hour⁻¹), in the initial rooting period. Subsequently, they were transferred to the acclimatization chamber, where they were maintained for 20 days, under controlled irrigation (irrigation frequency of 10 seconds every hour, with an average

104 flow rate of 36 L h⁻¹) (development period). At 30 days after planting, the seedlings were subjected
105 to treatments with ProCa (prohexadione calcium) (Viviful® with 27.5% ingredient active) for
106 growth control. The application of the product was carried out by spraying with a manual sprayer (1
107 L capacity), using a 3 mL syrup volume per seedling.

108 At 60 days after planting the seedling petiole length and the crown diameter were measured
109 in millimeters (mm) with a 150mm digital caliper (MTX). The fresh leaves were dehydrated in a
110 drying oven at 65 °C until obtaining a constant weight (dry mass) measured with a SF-400 digital
111 scale (YD Tech), expressed in grams per seedling (g seedling⁻¹).

112 The number of leaves per seedling in each plot was determined . The leaf area of the
113 strawberry seedlings was measured with a portable LI-3100C device (LI-COR®, Inc. Nebraska,
114 USA), expressed in square centimeters per plant (cm² plant⁻¹). The chlorophyll content a, b and total
115 were measured with a portable CFL1030 ClorofiLOG device (Falker, RS, Brazil).

116 Seedlings were planted on May 28th, 2018. Average monthly temperatures during the
117 experiment period were between 12 and 25 °C. 7-L plastic pots containing substrate and drip
118 irrigation tape with a spacing of 20 cm between drippers on the pots were used. The substrate used
119 was carbonized rice husk (CAC). Two seedlings were placed per pot, spaced 10cm apart. The pots
120 were supported on metal tables 90 cm above the ground.

121 The plants were managed in a closed soil cultivation system (with nutrient solution
122 recirculation and use of water and nutrients), using a commercial solution from the company Samo®
123 With nutrient composition in mg L⁻¹: 132.3 nitrogen, 92.3 phosphorus, 36.9 sulfur, 212.2 potassium,
124 78.0 calcium and 18.5 magnesium. The pH and electrical conductivity were monitored weekly
125 during the evaluation period, with the pH maintained between 5.5 and 6.5 and the electrical
126 conductivity between 1.2 and 1.5 dS m⁻¹.

127 Fertigation was provided to the plants daily using a Bivolt Exatron digital timer in five daily
128 pulses of ten minutes each with intervals of three hours (carried out from 8 am to 8 pm). The

129 nutrient solution system consisted of a ½ CV motor peripheral pump (BPV 375-Vonder) and a 310
130 L polyethylene reservoir (Fortlev).

131 The fruit harvesting period began on August 20th, 2018 until March 18th, 2019, when
132 drastic pruning was carried out on the plants. The second cycle started on June 17th, 2019 until
133 November 28th, 2019. It was carried out in both cycles, twice a week and standardized based on the
134 color of the fruit's epidermis, being harvested when they had about 75% of the skin's epidermis. red
135 coloring or more.

136 The number and mass of fruits per plant and the average mass of fruits were evaluated,
137 immediately after the harvest the fruits were weighed on a SF-400 digital scale (YD Tech) and
138 counted. The number and mass of fruits per plant were obtained from the sum of all harvests and
139 divided by the number of live plants in the experimental unit and the average fruit mass was
140 calculated by the ratio between these two variables. Only marketable fruits were considered,
141 discarding those with serious defects and with a mass less than 6 g.

142 Full flowering and full fruiting, expressed in days after planting (DAP) in 2018 and days
143 after pruning (DP) in 2019, with weekly monitoring of all plants in each plot. They were considered
144 when 100% of the plants, within the plot, had at least one open flower, or a ripe fruit (more than
145 75% of the red colored epidermis) per plant, respectively.

146 A sample consisting of 10 fruits per plot in the month of each year was collected, aiming to
147 determine the average fruit size (diameter and length of fruits), measured with the aid of a 150mm
148 digital caliper (MTX), and the results expressed in millimeters (mm).

149 At the end of the experiment, all plants in each experimental unit were divided into crowns
150 and leaves, placed in an oven at 65°C with forced air circulation until constant mass was obtained.
151 All old and diseased leaves, removed during the cultivation, were evaluated as dry leaf mass, the
152 results being expressed in grams per plant (g plant⁻¹).

153 The experimental design used in the seedling phase was completely randomized, constituted
154 by a factorial 4 x 2, four concentrations of prohexadione calcium (0; 150; 300 and 600 mg L⁻¹) and

155 two cultivars (Aromas and Camarosa), with 4 replications, being the experimental unit consisting of
156 12 seedlings. In the post-planting phase, the experimental design used was in randomized blocks,
157 with the same factorial array used in the seedling phase, with five replications and the experimental
158 unit consisted of four plants.

159 The data were subjected to analysis of variance by the F test, when the effect was
160 significant, the Tukey test was performed at the level of 5% probability and the variables with
161 significant effect for the quantitative factor were subjected to polynomial regression analysis by the
162 software statistical Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014).

163 RESULTS AND DISCUSSION

164 The crown diameter, number of leaves and shoot dry matter were influenced only by the
165 cultivar factor. The concentrations of prohexadione calcium (ProCa) did not modify significantly (P
166 ≤ 0.05) these variables (Table 1). The cultivar Aromas had a larger crown diameter of the seedlings
167 (10.15 mm) and a higher number of leaves per plant (7.27) than the cultivar Camarosa (Table 1).
168 The seedlings used in the work were clod seedlings, for which we still do not have a
169 recommendation for the appropriate crown diameter. For both cultivars, the crown diameter was
170 above 8.0 mm, which according to Cocco et al. (2011), is recommended for bare root strawberry
171 seedlings. It can be inferred that the seedlings were ready for transplant and with accumulation of
172 reserves for post-planting development.

173 Pereira et al. (2016) working with the cultivar Camarosa, obtained a crown diameter greater
174 than 8 mm only with the application of the 200 mg L⁻¹ concentration of prohexadione calcium. With
175 concentrations 400 and 800 mg L⁻¹, the crown diameter was below of 7.2 mm. In the present study,
176 the results were higher for all concentrations evaluated, which may be related to the time of
177 application of the growth regulator, which was applied at 30 days. In the work by Pereira et al.
178 (2016) the application occurred 12 days after planting in relation to this research, where the
179 seedlings may have translocated crown reserves for the emission of roots and leaves, presenting
180 lower values of crown diameter at the time of evaluation.

181 The shoot dry mass was higher with the seedlings of cultivar Camarosa (7.70 g), while the
 182 seedlings of cultivar Aromas had 6.01 g of shoot dry mass (Table 1). Barreto et al. (2018) when
 183 evaluating concentrations and times of application of prohexadione calcium in the growth of
 184 strawberry seedlings, verified with the cultivar Aromas and Camarosa, a reduction in the dry mass
 185 of aerial parts of 45.07 and 31.74%, respectively, with the use of the 400 mg L⁻¹ concentration of
 186 prohexadione calcium. It is evident that the cultivar Aromas presented a greater reduction of the
 187 aerial part in relation to cultivar Camarosa with the use of growth regulator, the genetic
 188 characteristics were decisive when the regulator was used.

189 The leaf area and the petiole length for both cultivars decreased with increasing ProCa
 190 concentration. For the Aromas cultivar, there was a reduction of 40.71% in the leaf area and 40.55%
 191 in the petiole length using 600 mg L⁻¹ of ProCa in relation to the control treatment (Figure 1). In the
 192 cultivar Camarosa there was a reduction of 38.92% in the leaf area and 40.02% in the petiole length
 193 using 600 mg L⁻¹ of ProCa in relation to the absence of the phyto regulator.

194 During transplantation, seedlings that have a smaller leaf area reduce leaf transpiration, as
 195 they are shorter (smaller leaf area and petiole length) suffer less injuries. Minimizing transplant
 196 stress, which combined with a good root system of strawberry seedlings and ideal growth
 197 conditions help to obtain maximum fruit yield (Reekie et al., 2007).

198 The cultivar Camarosa showed seedlings with greater vegetative growth than aromas, where
 199 in the control treatment they were 8.07 cm in length of the petiole and 208.6 cm² per total leaf area
 200 change. While the seedlings of the cultivar Aromas in the control treatment were 6.56 cm in the
 201 petiole length and 154.17 cm² per change in the leaf area.

202 The reduction in the aerial part of the leaves observed in the seedlings with the application
 203 of ProCa, where the greatest reductions occurred with the application of the highest concentration
 204 (600 mg L⁻¹), possibly occurred due to the hormonal regulation exercised by ProCa. That is, when
 205 applied to plants, this phyto regulator inhibits cell elongation and leaf growth by inducing a
 206 reduction in the levels of active gibberellins (Barreto et al., 2018).

207 The cultivars and ProCa concentrations influenced the levels of chlorophyll a, b and total.
 208 With the increase in the application of concentrations, there was an increase in the accumulation of
 209 chlorophyll in the leaves. The total chlorophyll content of the seedlings of the control treatment to
 210 600 mg L⁻¹ of ProCa (higher concentration) increased from 51.26 to 56.99 µg cm⁻² in the cultivar
 211 Aromas and from 54.75 to 62.32 µg cm⁻² in the cultivar Camarosa (Figure 2). Pereira et al. (2016)
 212 also found a linear increase in the content of chlorophyll a, b and total in strawberry seedlings in
 213 response to the application of ProCa. According to them, the effect of ProCa on the chlorophyll
 214 content indicates that in addition to the morphological changes in strawberry leaves, physiological
 215 changes also occur.

216 Chlorophyll a is the pigment used to carry out the photochemical phase (the first stage of the
 217 photosynthetic process), present in all organisms that perform oxygenic photosynthesis, while
 218 chlorophyll b together with other pigments, helps in the absorption of light and the transfer of
 219 radiant energy for the reaction centers, and therefore they are called accessory pigments (Taiz et al.,
 220 2017).

221 Pereira et al. (2016) when evaluating the growth of 'Camarosa' strawberry seedlings grown
 222 on a commercial substrate with application of prohexadione calcium, found that the chlorophyll
 223 content (a, b and total) increased linearly in response to the application of ProCa.

224 As the increase in the applied ProCa concentrations there was a need for a greater number of
 225 days for the plants to reach full bloom in 2018. The cultivar Aromas showed a difference of 10
 226 more days for full bloom with the concentration 600 mg L⁻¹ in relation to the control. While
 227 'Camarosa' showed a difference of 5 more days (Figure 3A).

228 Full fruiting in 2018 as well as full flowering took more days for all plants to produce ripe
 229 fruit as the ProCa concentrations increased. Control treatment plants required 106.20 and 103.60
 230 days (Aromas and Camarosa, respectively) to achieve full fruiting while plants subjected to 600 mg
 231 L⁻¹ concentration of ProCa required 120.40 and 115.40 days (Aromas and Camarosa, respectively),
 232 that is, a difference of 17 and 12 days between treatments for cultivars (Figure 3C).

233 Methods that inactivate gibberellin (GA) receptors, such as the use of ProCa, impair GA
 234 signaling and greatly reduce the delay of GA biosynthesis at flowering. In the process of
 235 inactivating gibberellins, changes in the expression of specific microRNAs that represent
 236 endogenous flowering pathways may occur, where integrating genes are not transported to the peak
 237 of sprouting, where it promotes transcriptional reprogramming of the meristem to initiate flowering
 238 (Andrés et al., 2014).

239 In 2019, the concentrations of ProCa 150 and 300 mg L⁻¹ for 'Aromas' and 600 mg L⁻¹ for
 240 'Camarosa' meant that the plants needed fewer days to reach full fruiting compared to the plants
 241 control treatment, resuming production faster (Figure 3D). According to Reekie et al., (2005 b)
 242 ProCa has a short effect on plants, after some time, vegetative growth can be resumed and the
 243 treated strawberry seedlings can grow quickly.

244 Tenreira et al. (2017) when evaluating the role of the enzyme GA20 oxidase with
 245 application of GA 3 and prohexadione calcium in the stolonation and flowering in strawberry
 246 plants, they verified the resumption of plant growth and the resumption of production of stolons at
 247 the normal level, five weeks after treatment with application of prohexadione calcium.

248 In relation to the cultivar factor, with plants of the control treatment, full fruiting in 2019
 249 occurred first in the cultivar Camarosa (141.20 days) and in Aromas around 5 days later (146.20
 250 days) (Figure 3D). This resumption of plants in the emission of flowers and fruits after the summer
 251 period (with high temperatures that favor vegetation and emission of stolons) is extremely
 252 important for the producer. The sooner the emission of stolons occurs, the better, as it allows the
 253 production of fruit in periods when there is an appreciation of the kilo of fruit. According to
 254 Oliveira et al. (2017), the strawberry is subject to the different prices of the seasonality of
 255 marketing, which is concentrated in the last months of the year and in this period the prices paid to
 256 the producer are lower.

257 ProCa concentrations did not influence the number of fruits per plant, average fruit mass and
 258 fruit mass per plant. These variables were affected only by the cultivar factor (Table 2). The

259 regulator's temporary action meant that until the beginning of fruit production, it no longer had an
260 effect on these variables. For Reekie et al. (2005a), the short duration of ProCa does not
261 compromise the production of strawberry fruits after planting, it only delays the vegetative growth
262 of the seedlings.

263 The number of inflorescences produced in strawberry plants was not affected by the
264 application of ProCa in the work developed by Tenreira et al. (2017), where the role of the enzyme
265 GA20 oxidase with application of GA 3 and prohexadione calcium in stolonation and flowering in
266 strawberry plants was evaluated. However, they observed a negative effect, the decrease in the
267 production of inflorescences with the application of GA3 (active gibberellin).

268 According to these authors, the application of bioactive GAs under conditions of long days
269 (photoperiod greater than 12 h), inhibit flowering, but increase the production of stolons. While the
270 inhibition of GA biosynthesis (prohexadione calcium) has the opposite effect. According to them,
271 the precursors of bioactive GAs synthesized in the leaves change to the axillary meristem to
272 promote stolon induction and when there is inhibition of GA biosynthesis, flowering induction
273 occurs.

274 The cultivar Camarosa stood out for presenting 74.52 fruits per plant, with an average mass
275 of 18.65 g per fruit and production of 812.60 g per plant (Table 2). These results demonstrate the
276 greater adaptability of this cultivar in relation to Aromas as to the application of concentrations of
277 ProCa, during the seedling phase and in the resumption of growth and production after planting.
278 'Camarosa' produced 60% more than 'Aromas', producing less than 500 g.

279 Vignolo et al. (2012), when evaluating the production of fruits and functional compounds of
280 four strawberry cultivars in the conventional system (in the soil, with mulching) in Pelotas,
281 observed greater fruit production with the cultivar Aromas (634.90 g and 34.5 fruits per plant) in
282 relation to cultivating Camarosa with (519.20 g and 26.4 fruits per plant). The divergence in the
283 results of the two studies reveals the adaptability of the cultivar with the environment (different
284 cultivation system and climatic conditions), indicating with which each one adapts.

For both cycles, the cultivar Camarosa showed fruits that were longer than 'Aromas' with all the concentrations used (Figure 4C, 4D). Indicating the adaptability of the cultivar Camarosa to the seedling system that was carried out and the resumption in plant growth after treatment with the application of ProCa, with more vigorous plants and longer fruits in relation to cultivating Aromas. It is important for producers when choosing a cultivar, to know which one best adapts to the management and climatic conditions of the planting site (Antunes and Peres, 2013).

The fruit length for 'Aromas' in 2018 decreased with the increase in ProCa concentrations, from 35.08 mm with the control to 30.04 mm with 600 mg L⁻¹ (Figure 4C). In 2019 there was an increase in the length of the fruits with the increase of the concentrations, going from 30.10 mm with the control to 36.78 mm with 600 mg L⁻¹ (Figure 4D). With 'Camarosa there were also variations in fruit length from one year to the next. These values reflect an interaction of the cultivars with the ProCa concentrations and the climatic conditions of each year.

Zhang and Whiting (2011) working with foliar application of ProCa and gibberellins to improve the quality and shelf life of 'Bing' sweet cherry, observed a decrease in fruit size, from 26.13 mm (control) to 24.75 mm (treatment with ProCa). Dong et al., (2019), when verifying the cooperative effects of calcium and gibberellic acid on the calcium content in the tissue, in the quality attributes and in relation to post-harvest disorders of sweet cherry, observed that the combined treatment in the cultivar Lapins resulted in an increase in fruit size, improved fruit quality, but delayed ripening. According to them, this increase in the size of the fruit occurred due to the greater amount of Ca absorbed by the fruit, which caused elongation of the cell wall and increased demand for Ca in order to synthesize new cell walls.

Thus, the results related to the length of fruit such as the diameter and the quality of the same will depend on the concentrations that will be used for ProCa, the frequency that will be applied (once or in installments), the cultivation system, the cultivars that are used and the environmental conditions of the cultivation cycle. It is important to identify which combination will be best for the variable being evaluated.

311 The fruit diameter was greater in the two years evaluated in the cultivar Camarosa, with the
 312 control treatment, 36.88 mm in 2018 (Figure 4A). and 31.12 mm in 2019 (Figure 4B). Becker et al.
 313 (2017) when evaluating the characterization of strawberry fruits of Italian genotypes, they observed
 314 fruits of the cultivar Camarosa with larger diameter (34.64 mm) in relation to the Italian genotypes
 315 Garda (28.90 mm), Pircinque (33.81 mm) and PIR 2 (27.66 mm). This shows that plants from the
 316 Camarosa cultivars tend to produce larger fruits, regardless of whether or not they use products or
 317 hormones to increase fruit size, being a genetic characteristic of the cultivar.

318 The cultivar Aromas presented fruits with a diameter below 30 mm with the application of
 319 concentrations of ProCa (Figure 4A, 4B), values below that obtained with the control treatment.
 320 Silveira (2015) observed a decrease in the diameter of apple fruits in relation to the use of
 321 prohexadione calcium in the quality of the fruits. Where the diameter went from 78.5 mm in the
 322 control treatment to 73.1 mm with the application of 495 mg L⁻¹ of prohexadione calcium.
 323 According to this author, higher doses of ProCa more pronouncedly reduce the levels of active GAs
 324 in fruits, compromising the effect of GAs in increasing the size of cells in the apical and median
 325 cortical tissue of fruits.

326 The results of leaf dry matter and crown dry matter were influenced by the factors cultivar
 327 and concentrations of ProCa (Figure 5A, 5B).

328 Plants, when subjected to the application of some concentration of ProCa, produce a greater
 329 crown mass when compared to those without the application. But the increase in concentration may
 330 end up decreasing this crown production with the cultivar Camarosa. The concentration of 300 mg
 331 L⁻¹ of ProCa helped in the production of 47.60 g of dry mass of crowns and with 600 mg L⁻¹ of
 332 ProCa the production decreased to 34.60 g of dry mass of crowns (Figure 5A). This indicates that if
 333 the concentration is increased beyond 600 mg L⁻¹ of ProCa, the plants may produce less crowns or
 334 even stop growth and have not recovered after planting. Therefore, the importance of identifying the
 335 ideal concentration of ProCa to be applied during the seedling phase.

336 Hytönen et al. (2008) also obtained an increase in the formation of the number of crowns
 337 with plants treated with prohexadione calcium in relation to the plants of the control treatment. The
 338 dose of 100 mg L⁻¹ doubled and the dose of 200 mg L⁻¹ even tripled the number of crowns of
 339 branches compared to the control plants.

340 Hytönen et al. (2009), when studying gibberellin in the differentiation of vegetative
 341 meristems in strawberries, found that the treatment with 50 mg L⁻¹ of ProCa, quickly reduced the
 342 lengthening of stolons and petioles and greatly improved the branching of the crowns compared to
 343 the control plants. When GA 3 (active gibberellin) was used, stolons were formed.

344 The inhibition of GA biosynthesis leads to the formation of the crown branching, and if the
 345 activity of GAs in plants is regulated, the induction of cell division in the subapical tissues of the
 346 axillary shoots can be controlled, being one of the signals that determine the fate of the shoots.
 347 (vegetative or floral).

348 The plants of cultivar Camarosa had greater vegetative growth than those of cultivar
 349 Aromas, being exposed to the genetic characteristics of each cultivar. For example with the control
 350 treatment, dry leaf mass was 153.93 g with 'Camarosa' plants and 66.02 g with 'Aromas' plants
 351 (Figure 5B), and the crown dry matter 34.80 g with 'Camarosa' and 20.20 g with 'Aromas' (Figure
 352 5A).

353 Strassburger et al. (2011) when evaluating the growth of the strawberry plant in the face of
 354 the influence of the cultivar and the position of the plant in the bed, observed results that
 355 corroborate those found in this work. The authors found greater vegetative growth (crown and
 356 leaves) in the cultivar Camarosa (27.5 and 62.3 g, respectively) compared to cultivars Albion (16.7
 357 and 35.6 g), Aromas (15.0 and 32.6 g) and Camino Real (15.0 and 32.1 g).

358 This confirms the superiority of the cultivar Camarosa in gains in dry vegetative mass in
 359 relation to the other cultivars. Her genetic characteristics in interaction with the environment enable
 360 more vigorous plants with greater leaf production, regardless of the cultivation system used. For in

the work of Strassburger et al. (2011), evaluated the plants in the soil organic system, and in this work in soilless system.

Vignolo et al. (2011) also observed greater vigor of cultivar Camarosa in relation to cultivar Camino Real, when producing strawberries from alternative fertilizers in pre-planting. They found a dry matter production of the aerial part for cultivar Camarosa of 66.1 g plant⁻¹, higher than the 49.6 g plant⁻¹ presented by cv. 'Camino Real'.

The higher production of dry matter of 'Camarosa' according to Strassburger (2010), may be associated with the greater capacity of expansion of the photosynthetic apparatus, with greater interception of solar radiation and greater production of photoassimilates.

CONCLUSIONS

The application of 150, 300 and 600 mg L⁻¹ of ProCa in strawberry seedlings favors the reduction of the total leaf area and petiole length of the cultivars Aromas and Camarosa, reducing their vegetative growth. The content of chlorophyll a, b and total of the strawberry leaves of the cultivars increases with applications of ProCa. The cultivar Camarosa is more productive and has a larger fruit size than the cultivar Aromas.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

All authors designed the study. Tais, Andressa, Caroline and Eloi performed the experiment and the data collection. Tais performed the data analysis. Tais, Andressa and Luis Eduardo wrote the manuscript.

REFERENCES

Andrés, F., A. Porri, S. Torti, J. Mateos, M. Romera-Branchat, J. L. García-Martínez, F. Fornara, V. Gregis, M. M. Kater and J. Coupland. 2014. Short vegetative phase reduces gibberellin biosynthesis at the Arabidopsis shoot apex to regulate the floral transition. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 111: 2760-2769.

- 387 Antunes, L. E. C. and N. A. Peres. 2013. Strawberry Production in Brazil and South America. *Int. J.*
388 *of Fruit Sci.*, 13: 156-161.
- 389 Antunes, L. E. C., C. Reisser Junior, G. K. Vignolo and M. A. Gonçalves. 2015. Morangos do jeito
390 que o consumidor gosta. *Campo & Lavoura*, Anuário HF, 1: 64-72.
- 391 Antunes, L. E. C., A. F. Fagherazzi and G. K. Vignolo. 2017. Morangos tem produção crescente.
392 *Campo & Lavoura*, Anuário HF 2017, 1: 96-102.
- 393 Barreto, C. F., L. V. Ferreira, S. I. Costa, A. V. Schiavon, T. B. Becker, G. K. Vignolo and L. E. C.
394 Antunes. 2018. Concentration and periods of application of prohexadione calcium in the growth of
395 strawberry seedlings. *Semina: Ciências Agrárias*, 39: 1937-1944.
- 396 Becker, T. B., M. A. Gonçalves, S. R. Gomes, G. Baruzzi and L. E. C. Antunes. 2017.
397 Caracterização de frutas de morangueiro de genótipos italianos na região de Pelotas-RS. In M.
398 Vizzotto, R. C. Franzon and L. E. C. Antunes (Eds.), *Anais do VII Encontro sobre Pequenas Frutas*
399 *e Frutas do Mercosul*, Pelotas, pp. 12-15,
- 400 Brogio, B. A., S. R. Silva, T. Cantuarias-Avilés, S. F. Angolini, E. G. Baptista and R. V. Ribeiro.
401 2018. Influence of gibberellin inhibitors applied during flowering of non irrigated 'Hass' avocado
402 trees. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, 53: 918-923.
- 403 Carra, B., J. C. Fachinello, E. S. Abreu, M. S. Pasa, D. Spagnol, M. A. Giovanaz and C. P. Silva.
404 2017. Control of the vegetative growth of 'Shinseiki' pear trees by prohexadione calcium and root
405 pruning. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, 52:177-185.
- 406 Cocco, C., J. L. Andriolo, F. L. Cardoso, L. Erpen and O. J. Schmitt. 2011. Crown size and
407 transplant type on the strawberry yield. *Sci. Agri.*, 68: 489-493.
- 408 Cocco, C., M. A Gonçalves, L. Picolotto, L. V. Ferreira and L. E. C. Antunes. 2015. Crescimento,
409 desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com diferentes volumes de torrão.
410 *Rev. Bras. Frutic.*, 37: 961-969.

- 411 Dong, Y., H. Zhi and Y. Wang. 2019. Cooperative effects of pre-harvest calcium and gibberellic
 412 acid on tissue calcium content, quality attributes, and in relation to postharvest disorders of late-
 413 maturing sweet cherry. *Sci. Hortic-Amsterdam*, 246: 123-128.
- 414 Fagherazzi, A. F., A. J. Bortolini, D. S. Zanin, L. Bisol, A. M. Santos, F. Grimaldi, A. A.
 415 Kretzschmar, G. Baruzzi, W. Faedi, P. Lucchi and L. Rufato, L. 2017. New strawberry cultivars and
 416 breeding activities in Brazil. *Acta Hortic.*, 1156: 167-170.
- 417 Ferreira, D. F. 2014 Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Cienc.*
 418 *Agrotec.*, Lavras, 38: 109-112.
- 419 Gonçalves, M. A., C. Cocco, G. K. Vignolo, L. Picolotto and L. E. C. Antunes. 2016.
 420 Comportamento produtivo de cultivares de morangueiro estabelecidos a partir de mudas com
 421 Torção. *Rev. Elet. Cient. da UERGS*, 2: 277-283.
- 422 Hytönen, T., K. Mouhu, I. Koivu, P. Elomaa and O. Junttila. 2008. Prohexadione-calcium enhances
 423 the cropping potential and yield of strawberry. *Eur. J. Hortic. Sci.*, 73: 210-215.
- 424 Hytönen, T., P. Elomaa, T. Moritz and O. Junttila. 2009. Gibberellin mediates daylength-controlled
 425 differentiation of vegetative meristems in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch). *BMC Plant*
 426 *Biol.*, 9: 18.
- 427 Ito, A., D. Sakamoto, A. Itai, T. Nishijima, N. Oyama-Okudo, Y. Nakamura, T. Moriguchi and I.
 428 Nakajima. 2016. Effects of GA₃₊₄ and GA₄₊₇ application either alone or combined with
 429 prohexadione-Ca on fruit development of Japanese pear 'Kosui'. *Hort. J.*, 85: 201-208.
- 430 Kim, H. M., H. R. Lee, H. J. Kang and S. J. Hwang. 2019. Prohexadione-Calcium application
 431 during vegetative growth affects growth of mother plants, runners, and runner plants of Maehyang
 432 strawberry. *Agronomy*, 9: 155-166.
- 433 Mouco, M. A. C., E. O. Ono and J. D. Rodrigues. 2010. Inibidores de síntese de giberelinas e
 434 crescimento de mudas de mangueira 'Tommy Atkins'. *Cienc. Rural*, 40: 273-279.
- 435 Oliveira, I. P., L. C. Belarmino and A. J. Belarmino. 2017. Viabilidade da produção de morango no
 436 sistema semi-hidropônico recirculante. *Cust. Agronegocio*, 13: 315-332.

- 437 Pasa, M. S. and T. C. Einhornet. 2017. Prohexadione calcium on shoot growth of 'Starkrimson' pear
438 trees. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, 52: 75-83.
- 439 Pereira, I. S., M. A. Gonçalves, L. Picolotto, G. K. Vignolo and L. E. C. Antunes. 2016. Controle
440 do crescimento de mudas de morangueiro 'Camarosa' cultivadas em substrato comercial pela
441 aplicação de proexadione cálcio. *Rev. Ciênc. Agrár.*, 59: 93-98.
- 442 Reekie, J. Y., P. R. Hicklenton and P. C. Struik. 2005a. Prohexadione-calcium modifies growth and
443 increases photosynthesis in strawberry nursery plants. *Can. J. Plant Sci.*, 85: 671-677.
- 444 Reekie, J. Y., P. R. Hicklenton, J. R. Duval, C. Chandler and P. C. Struik. 2005b. Leaf removal and
445 prohexadione-calcium can modify 'Camarosa' strawberry nursery plant morphology for
446 plasticulture fruit production. *Can. J. Plant Sci.*, 85: 665-670.
- 447 Reekie, J. Y., P. C. Struik, P. R. Hicklenton and J. R. Duval. 2007. Dry matter partitioning in a
448 nursery and a plasticulture fruit field of strawberry cultivars 'Sweet Charlie' and 'Camarosa' as
449 affected by prohexadione-calcium and partial leaf removal. *Eur. J. Hortic. Sci.*, 72: 122-129.
- 450 Silveira, J. P. G. 2015. Qualidade e distúrbios fisiológicos de maçãs em resposta a giberelinas e
451 proexadione-cálcio. (Doctoral dissertation), Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
452 Ciências Agroveterinárias, Lages, SC, Brazil.
- 453 Strassburger, A. S. 2010. Crescimento, partição de massa seca e produtividade do morangueiro em
454 sistema de cultivo orgânico. (Doctoral dissertation), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas,
455 Brazil.
- 456 Strassburger, A. S., R. M. N. Peil, J. E. Schwengber, D. S. Martins and C. A. B. Medeiros. 2011.
457 Crescimento do morangueiro: influência da cultivar e da posição da planta no canteiro. *Cienc.*
458 *Rural*, 41: 223-226.
- 459 Taiz, L., E. Zeiger, I. Moller and A. Murphy. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto
460 Alegre: Artmed.

461 Tenreira, T., M. J. P. Lange, T. Lange, C. Bres, M. Labadie, A. Monfort, M. Hernould, C. Rothan
462 and B. Denoyes. 2017. A Specific Gibberellin 20-Oxidase Dictates the Flowering-Runnering
463 Decision in Diploid Strawberry. *Plant Cell*, 29: 2168-2182.

464 Vignolo, G. K., V. F. Araújo, R. J. Kunde, C. A. P. Silveira and L. E. C. Antunes. 2011. Produção
465 de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. *Cienc. Rural*, 41: 1755-1761.

466 Vignolo, G. K., V. F. Araújo, L. E. C. Antunes, L. Picolotto, M. Vizzotto and A. Fernandes. 2012.
467 Produção de frutos e compostos funcionais de quatro cultivares de morangueiro. *Hortic. Bras.*, 30:
468 S3470-S3476.

469 Zhang, C. and M. Whiting. 2011. Pre-harvest foliar application of Prohexadione-Ca and
470 gibberellins modify canopy source-sink relations and improve quality and shelf-life of ‘Bing’ sweet
471 cherry. *Plant Growth Regul.*, 65: 145-156.

472 Zeist, A. R. and J. T. V. Resende. 2019. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and
473 perspectives. *Hortic. Bras.*, 37: 7-16.

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

TABLES

Table 1. Crown diameter, number of leaves and shoot dry weight of strawberry seedlings of the cultivars Aromas and Camarosa established in the soilless cultivation system under different concentrations of Prohexadione Calcium in 2018.

ProCa ¹ concentrations (mg L ⁻¹)	Crown diameter (mm)	Number of leaves per seedling	Dry mass of aerial part (g seedling ⁻¹)
0	9,29 ^{ns}	7,08 ^{ns}	7,63 ^{ns}
150	9,82	6,81	6,78
300	9,95	6,45	6,74
600	9,94	6,85	6,28
Cultivar			
Aromas	10,15 a	7,27 a	6,01 b
Camarosa	9,35 b	6,43 b	7,70 a
Mean	9,75	6,84	6,86
CV (%)	8,33	8,97	18,79

Means followed by the same letter in the columns, do not differ statistically from each other by the Tukey test at 5% probability of error. ns: not significant, CV: Coefficient of variation; ¹ ProCa: Prohexadione Calcium.

Table 2. Total number of fruits per plant, average fruit mass and total fruit mass per strawberry plant of the cultivars Aromas and Camarosa established in the soilless cultivation system under different concentrations of Prohexadione Calcium in the cycles 2018 and 2019.

ProCa ¹ concentrations (mg L ⁻¹)	Total number of fruits per plant	Average fruit mass (g fruit ⁻¹)	Total fruit mass (g plant ⁻¹)
0	61,82 ^{ns}	18,63 ^{ns}	652,14 ^{ns}
150	64,76	17,09	674,92
300	66,2	16,92	692,34
600	57,37	17,1	587,15
Cultivar			
Aromas	50,56 b	16,22 b	490,68 b
Camarosa	74,52 a	18,65 a	812,60 a
Mean	62,54	17,47	651,64
CV (%)	19,82	12,4	20,12

Means followed by the same letter in the columns, do not differ statistically from each other by the Tukey test at 5% probability of error. ns: not significant, CV: Coefficient of variation; ¹ ProCa: Prohexadione Calcium.

FIGURES

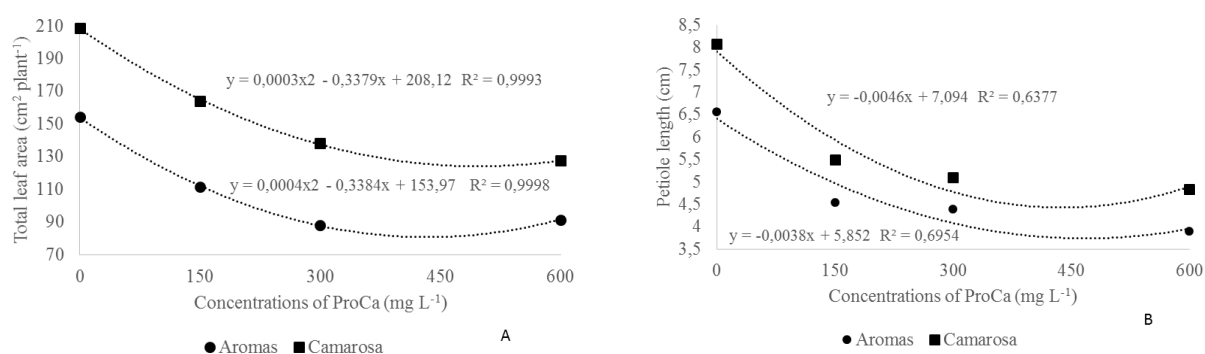
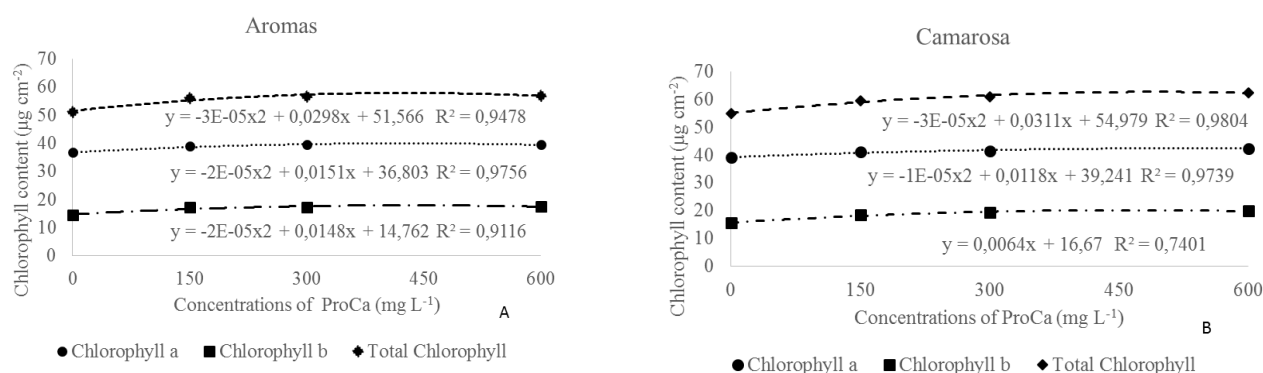
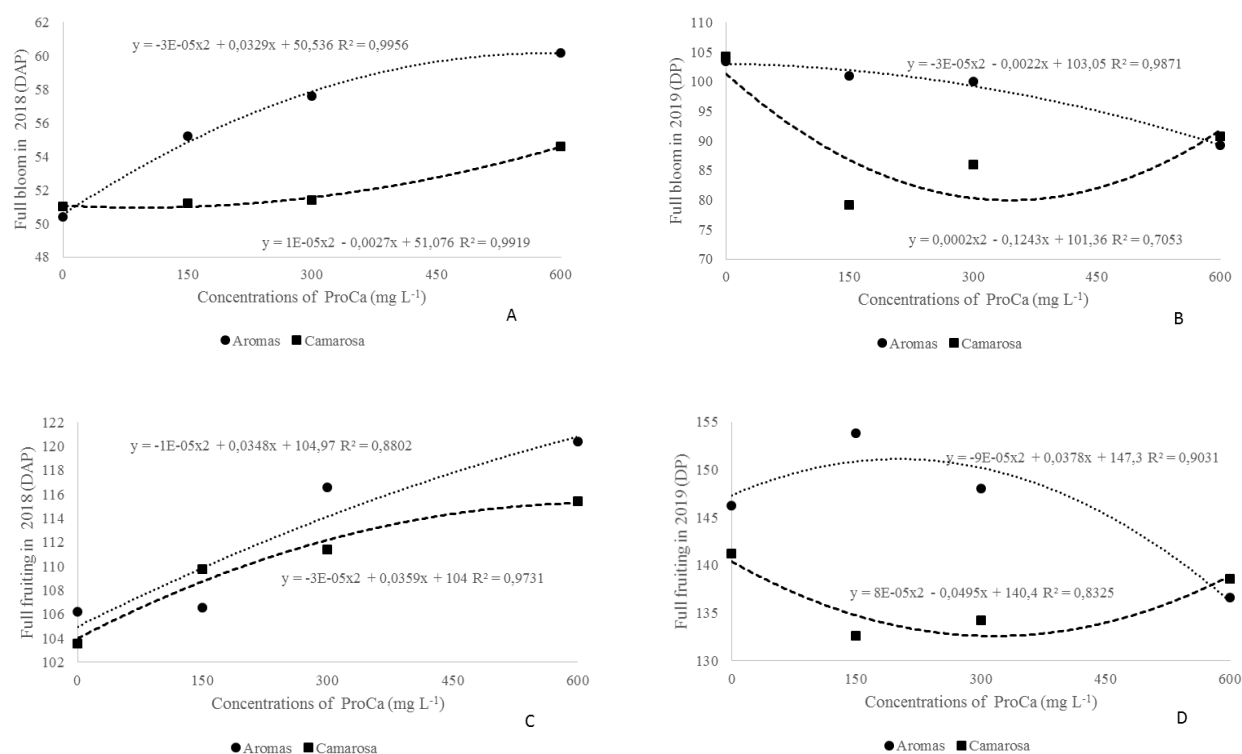


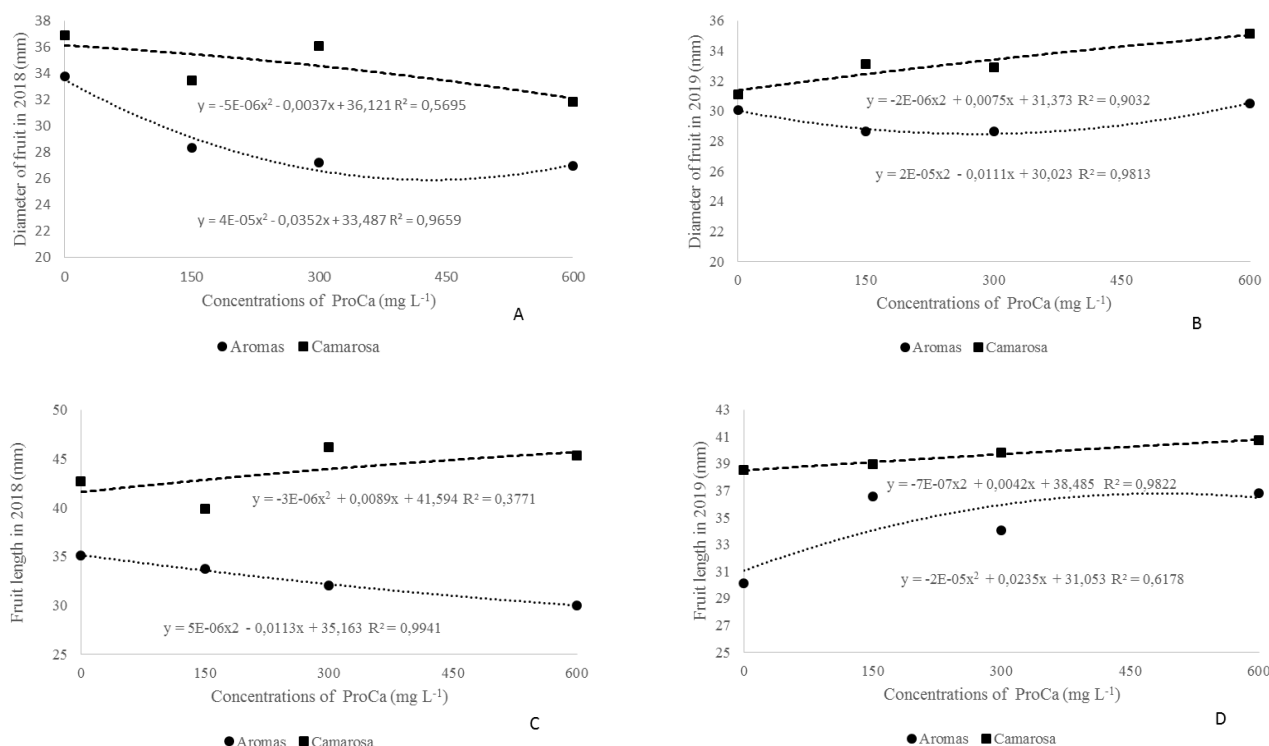
Figure 1. Total leaf area (A) and petiole length (B) of strawberry seedlings of the cultivars Aromas and Camarosa under different concentrations of prohexadione calcium in 2018.



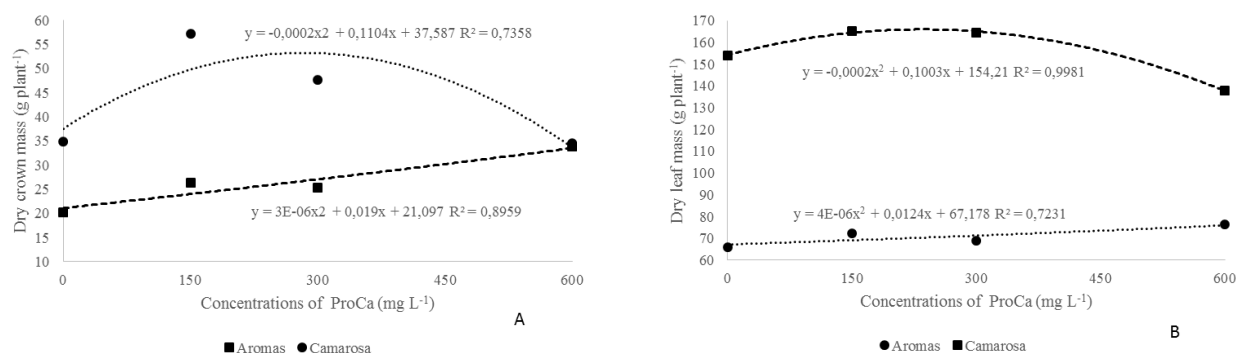
519 **Figure 2.** Content of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll in strawberry seedlings of
 520 the cultivars Aromas (A) and Camarosa (B) under different concentrations of prohexadione calcium
 521 in 2018.



523 **Figure 3.** Full bloom (A) and fruiting (C) in 2018, in days after planting (DAP) and full bloom (B)
 524 and fruiting (D) in 2019, in days after planting (DP), of plants of strawberry from the Aromas and
 525 Camarosa cultivars established in the soilless cultivation system under different concentrations of
 526 Prohexadione Calcium.



528 **Figure 4.** Fruit diameter in 2018 (A) and 2019 (B) and fruit length in 2018 (C) and 2019 (D) of
 529 strawberries from the Aromas and Camarosa cultivars established in the soilless cultivation system
 530 under different concentrations of Prohexadione Calcium.



532 **Figure 5.** Crown dry weight (A) and leaf dry weight (B) of strawberry plants cv Aromas and
 533 Camarosa established in the soilless cultivation system under different concentrations of
 534 Prohexadione Calcium.

8. ARTIGO 4: Produção de cultivares de morangueiro sob diferentes concentrações de soluções nutritivas em cultivo sem solo

Artigo a ser submetido para para a Revista Comunicata Scientiae (ISSN 2177-5133)

Resumo: O cultivo do morangueiro em sistema sem solo com recirculação de solução nutritiva apresenta vantagens como prolongar o período de colheita e produzir frutas fora de época. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento produtivo de diferentes cultivares de morangueiro quanto à utilização de diferentes concentrações de soluções nutritivas no sistema de produção sem solo. O experimento foi realizado na Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, com plantas das cultivares Albion e San Andreas. Avaliaram-se início e plena (floração e frutificação), número de frutas por planta, massa de frutas por planta (mensal e total), massa média de frutas, massa seca de folhas e de coroa, teor de macro e micronutrientes nas folhas das plantas. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com fatorial 4 x 2, quatro soluções nutritivas (1,2,3 e 4) e duas cultivares (Albion e San Andreas), com quatro repetições e cada subparcela com 15 plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. As plantas da cultivar Albion são mais precoces que as de San Andreas para atingirem a plena frutificação. A cultivar San Andreas produz maior número de frutas e maior massa de frutas por planta. Com a utilização das soluções nutritivas 2,3 e 4, as plantas precisam de menos dias para o início da frutificação e produzem maior massa de frutas por planta.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, frutas, genótipo, nutrição

26

27 **INTRODUÇÃO**

28 No Brasil, o cultivo do morangueiro em sua maioria é no solo (Fagherazzi et
29 al., 2017 a). No Rio Grande do Sul, o cultivo do morangueiro é caracterizado pela
30 diversificação das técnicas de cultivo, onde cerca de 45% da superfície cultivada
31 com morango é praticada em sistemas fora do solo (Fagherazzi et al, 2017b).

32 A substituição do cultivo no solo por sistemas sem solo tem vantagens
33 importantes, tais como: a redução das necessidades de água, diminuição da
34 perda de nutrientes, e melhoria da qualidade da fruta (Akhatou & Recamales,
35 2013). Além de prolongar o período da colheita, permitir a produção fora de
36 época e aumentar o rendimento da produção de frutas (Cecatto et al., 2013).
37 Para conseguir prolongar o período de colheita no sistema de plantio sem solo,
38 recomenda-se a utilização de cultivares de dias neutros (por exemplo Albion e
39 San Andreas), pois as mesmas têm como principal característica não responder
40 ao fotoperíodo (Gonçalves et al., 2016).

41 As principais cultivares de morango utilizadas no Brasil são provenientes de
42 programas de melhoramento dos Estados Unidos, como: 'Oso Grande',
43 'Camarosa', 'Caminho Real', 'Albion', Monterey' e 'San Andreas' (Zeist &
44 Resende, 2019).

45 A cultivar Albion, lançada pela Universidade da Califórnia em 2006, as
46 plantas são pouco vigorosas e as frutas possuem coloração vermelha intensa
47 (Shaw & Larson, 2006; D'Anna, 2008; Fagherazzi et al, 2017b).

48 A cultivar San Andreas está sendo a mais procurada pelos produtores
49 (Fagherazzi et al., 2017b), por apresentar potencial produtivo em sistemas de

50 cultivo fora do solo e se adaptar bem ao cultivo de segundo ano. Lançada pela
51 Universidade da Califórnia em 2009, possui frutas grandes, e epiderme de
52 coloração vermelha (mais claro em relação a Albion), o que torna a fruta muito
53 atraente perante os consumidores (Shaw & Larson, 2009; Ruan et al., 2013).

54 O crescimento das plantas de morangueiro é influenciado pela
55 condutividade elétrica (CE), que é a concentração de nutrientes da solução
56 nutritiva. O morangueiro não tolera valores superiores a $1,4 \text{ dS m}^{-1}$, sendo
57 considerado uma planta sensível a elevadas CE (Schmitt et al., 2016).

58 O efeito da concentração da solução nutritiva, aliado às condições
59 ambientais (temperatura e umidade) influencia no crescimento da planta e na
60 produtividade. A concentração elevada agrava os efeitos negativos do estresse
61 hídrico sobre o crescimento e a produtividade por dificultar a absorção de água
62 pelas plantas (Lorenzo et al., 2003; Andriolo et al., 2009). Enquanto que em baixas
63 concentrações, diminui a qualidade da produção e o teor de massa seca
64 (Portela et al. 2012).

65 Trabalhos avaliando concentrações de soluções nutritivas no cultivo do
66 morangueiro já foram realizados, como Andriolo et al. (2009) em cultivo em
67 substrato com sistema fechado, Portela et al. (2012) cultivo em sistema
68 hidropônico NFT. Os resultados divergem um pouco entre os sistemas, mas o
69 crescimento da planta e a produtividade de frutas diminuem quando a
70 concentração da solução nutritiva aumenta no intervalo entre $0,7$ e $3,7 \text{ dS m}^{-1}$
71 para ambos os sistemas.

72 A diferença quanto ao uso de cultivares, substratos e sistema de cultivo,
73 influencia nos resultados quanto as concentrações utilizadas. Assim, o objetivo do
74 trabalho foi avaliar o comportamento produtivo de cultivares de morangueiro sob

75 diferentes concentrações de soluções nutritivas em sistema de produção sem
76 solo.

77

78 **MATERIAIS E MÉTODOS**

79

80 O experimento foi conduzido nos anos de 2018 e 2019 em casa de
81 vegetação com dimensões de 17 m de comprimento e 5m de largura, com altura
82 máxima de 3,5m (altura do pé direito de 2,0m) na área experimental pertencente
83 à Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, latitude de 31°40' Sul e longitude 52°26'
84 Oeste, com 60 m de altitude.

85 A casa de vegetação era coberta com filme polietileno transparente
86 densidade (150 µm de espessura). As temperaturas médias mensais durante todo
87 o período de condução do experimento ficaram entre 12 e 25 ° C.

88 Foram utilizadas mudas de raiz nua das cultivares Albion e San Andreas
89 oriundas da Argentina.

90 Antes do plantio, realizou-se avaliação das mudas para identificar as
91 características de cada cultivar, o armazenamento de reservas e o reflexo no
92 desenvolvimento e produção pós plantio. Foi mensurado o diâmetro de coroa,
93 com auxílio de paquímetro digital 150mm mt^x®, expresso em mm, massa seca de
94 coroa e massa seca de raiz por muda, fazendo a secagem das coroas e raízes
95 em estufa a 65°C até atingirem massa constante, e a pesagem com balança
96 analítica Gehaka AG 200, expressa em gramas por muda. Para essas avaliações
97 utilizou-se seis mudas por unidade amostral e quatro repetições.

98 O transplante ocorreu em 04 de julho de 2018. O sistema adotado foi cultivo
99 sem solo recirculante, com coleta e reutilização da solução drenada, com calhas

de madeira como leito de cultivo, medindo 7 m de comprimento, 0,2 m de largura e 0,15 m de altura. As calhas foram mantidas a 1 m de altura do nível do solo e apoiadas em estacas de madeira, com uma declividade de 3%, visando à drenagem da solução nutritiva e retorno para o reservatório.

As calhas foram revestidas com filme de polietileno de baixa densidade, 200 µm de espessura. Os canais de cultivo foram preenchidos com casca de arroz carbonizada, sobre a qual, colocou-se uma fita gotejadora com espaçamento de 0,3 m entre gotejadores, na proporção de uma fita gotejadora para cada leito de cultivo. Após, colocou-se novamente o plástico.

As mudas foram dispostas na distância 0,2 m entre plantas, em linhas simples. O sistema com recirculação da solução nutritiva era composto de uma bomba de ½ CV de potência e um reservatório de 500 L de capacidade.

A fertirrigação foi fornecida diariamente às plantas com o uso de temporizador digital Bivolt Exatron em seis pulsos diários de sete minutos com intervalos de três horas, realizado das 6h da manhã até as 21h da noite. As soluções nutritivas utilizadas estão descritas na Tabela 1.

116

Tabela 1. Composição de macronutrientes das diferentes soluções nutritivas utilizadas durante a fase de produção de frutas de morangueiro, nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Solução nutritiva	Composição de nutrientes (mmol L ⁻¹)						
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
SN 1	3,05	2,94	2,36	0,28	5,23	1,38	1,22
SN 2	9,98	1,50	1,00	0,53	5,66	2,65	1,0
SN 3	9,99	1,28	2,48	0,75	5,98	2,92	1,83
SN 4	8,94	2,97	1,15	3,36	5,43	1,95	0,76

120

121 A solução um (SN 1) foi formulada com base em uma das soluções
122 utilizadas por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de
123 Pelotas-RS, a solução dois (SN 2) com base na solução proposta por Furlani e
124 Fernandes Junior (2004), a solução três (SN 3) com base na solução proposta por
125 Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018) e a solução quatro (SN
126 4), é uma solução comercial utilizada na região de Pelotas. O conteúdo de
127 micronutrientes foi padronizado para as soluções nutritivas 1, 2 e 3, com a
128 seguinte composição em (mg L^{-1}): 1,44 de Fe; 0,5 de Mn; 0,68 de Zn; 0,42 de B;
129 0,72 de Cu; 0,007 de Mo; e a solução quatro, possui em sua composição os
130 micronutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura, porém não são
131 especificados no rótulo do produto as quantidades utilizadas de cada
132 micronutriente, mas a quantidade de micronutrientes geralmente é baixa e não
133 costuma variar muito entre as soluções.

134 O pH e a condutividade elétrica foram monitorados semanalmente durante
135 o período de condução do experimento. O controle do pH foi realizado com o
136 uso de ácido sulfúrico (P.A.- A.C.S.-Synth), colocando mililitros até o valor estar
137 entre 5,5 e 6,5 em cada solução nutritiva. A condutividade elétrica foi mantida
138 entre 1,2 e 1,5 dS m^{-1} . Com a diminuição na concentração, era adicionado
139 solução concentrada até chegar no valor de 1,2 a 1,5 dS m^{-1} , para cada solução.

140 O período de colheita das frutas teve início em 24 de setembro de 2018 até
141 29 de novembro de 2019 (15 meses de colheita). Foi realizada duas vezes por
142 semana e padronizada com base na coloração da epiderme das frutas, sendo
143 colhidas quando apresentavam no mínimo 75% da epiderme de coloração
144 vermelha.

145 Ao longo do período de colheita foram avaliados o número e a massa de
146 frutas por planta e a massa média de fruta, imediatamente após as colheitas as
147 frutas eram contadas e pesadas em balança digital SF-400 (YD Tech). O número e
148 massa de frutas por planta foram obtidos através do somatório de todas as
149 colheitas e divididas pelo número de plantas vivas na unidade experimental e a
150 massa média das frutas foi calculada pela razão entre essas duas variáveis. Sendo
151 possível assim contabilizar a massa de frutas por mês. Foram consideradas apenas
152 frutas comercializáveis, descartando-se aquelas com defeitos graves e com
153 massa inferior a 6g.

154 Foram analisadas as seguintes variáveis fenológicas: início e plena (floração
155 e frutificação), expressos em dias após o plantio (DAP), fazendo-se o
156 monitoramento semanal de todas as plantas de cada parcela. O início da
157 floração e frutificação foram considerados quando 50% das plantas, dentro da
158 subparcela, apresentavam pelo menos uma flor aberta, ou uma fruta madura
159 (mais de 75% da epiderme de coloração vermelha), respectivamente. E a plena
160 floração e frutificação foram considerados quando 100% das plantas, dentro da
161 parcela, apresentavam pelo menos uma flor aberta, ou uma fruta madura,
162 respectivamente.

163 Ao final do experimento todas as plantas de cada unidade experimental,
164 foram fracionadas em coroas e folhas, colocadas em estufa a 65°C com
165 circulação de ar forçada até obter massa constante. Todas as folhas velhas e
166 doentes retiradas no decorrer do cultivo, também foram avaliadas e
167 incorporadas à fração correspondente, sendo os resultados expressos g.planta⁻¹.
168 O controle tanto de pragas como de doenças foram realizados de forma

169 curativa e não preventiva, sempre utilizando produtos registrados no Ministério da
170 Agricultura e Pecuária (MAPA) e indicados para a cultura.

171 Em julho de 2019, foi realizada a coleta de amostras de folhas de cada
172 subparcela, terceira e quarta folha recém desenvolvidas, e enviadas ao
173 Laboratório de análise foliar do departamento de solos da Faculdade de
174 Agronomia Eliseu Maciel para realizar a quantificação de macronutrientes
175 (expressos em g.Kg⁻¹) e micronutrientes (expressos mg.Kg⁻¹).

176 O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com
177 parcelas subdivididas, constituído de fatorial 4 x 2, quatro soluções nutritivas (SN 1,
178 SN 2, SN 3 e SN 4) (parcela) e duas cultivares (Albion e San Andreas) (subparcela),
179 com quatro repetições e cada unidade experimental constituída de quinze
180 plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F,
181 realizando-se o teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5 % de
182 probabilidade de erro. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do
183 programa estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014).

184

185 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

186 O diâmetro de coroa não foi influenciado pelo fator cultivar, as mudas
187 apresentaram coroas com 14,39mm em média (Tabela 2). Corrobora ao valor
188 médio encontrado por Cocco (2014), 15,13mm em mudas produzidas na
189 Argentina. O diâmetro da coroa do morangueiro está relacionado com a
190 quantidade de carboidratos armazenados durante o período de crescimento das
191 mudas em viveiro (Palencia et al., 2013). Segundo Cocco (2014), viveiros
192 argentinos produzem de 35 a 50 mudas por m² enquanto que viveiros nacionais

193 produzem em média 100mudas por m², o que afeta diretamente no diâmetro de
194 coroa. Aumenta a competição por água, luz e nutrientes conforme maior
195 densidade de mudas por área, afetando negativamente o crescimento,
196 resultando em coroas menores.

197 A cultivar Albion apresentou maior massa seca de coroa por muda (2,27g)
198 enquanto que a 'San Andreas' apresentou 1,75g (Tabela 2). Observou-se que o
199 maior vigor nas mudas, maior armazenamento de carboidratos na coroa, no
200 momento do transplante, influencia positivamente no seu desempenho até a
201 maturação da fruta. Segundo Torres-Quezada et al., (2015) parte da produção é
202 dependente das reservas acumuladas durante o crescimento da muda.
203 Confirmado pela cultivar Albion, as mudas com maior vigor em relação a San
204 Andreas, necessitaram menor número de dias até todas plantas produzirem frutas.

205 Em contrapartida, as mudas de 'San Andreas' apresentavam raízes
206 maiores, com diferença de 0,79g por muda em relação a 'Albion' (Tabela 2).
207 Huang et al. (2011), relatam que quanto maior a massa radicular, maior a
208 quantidade de reservas disponíveis para o crescimento no intervalo entre o
209 transplante e a formação de novas raízes, favorecendo o enraizamento.

210

211

212

213

214

215

216 **Tabela 2.** Diâmetro de coroa, massa seca de raiz e massa seca de coroa em mudas de
 217 morangueiro das cultivares Albion e San Andreas em 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas,
 218 RS, 2020.

Cultivares	Diâmetro de coroa (mm)	Massa seca de raiz (g)	Massa seca de coroa (g)
Albion	13,92 ^{ns}	1,37 b	2,27 a
San Andreas	14,86	2,16 a	1,75 b
Média	14,39	1,77	2,01
C.V. (%)	6,91	12,93	14,81

219 Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de
 220 Tukey a 5% probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo; C.V.: Coeficiente de variação.

221

222 As cultivares e as soluções nutritivas não influenciaram no início e plena
 223 floração, com médias de 67,06 e 98,50 dias após o plantio, respectivamente
 224 (Tabela 3). Plantas com a utilização da SN 4 precisaram de menor número de dias
 225 para atingirem o início da frutificação (89,62 dias), não diferindo da SN 2 (92,37
 226 dias) e da SN 3 (90,87 dias).

227 A plena frutificação foi influenciada pelas cultivares, na qual 'San Andreas'
 228 necessitou de 8 dias a mais que 'Albion' para as plantas atingirem uma fruta
 229 madura (Tabela 3). Tazzo et al. (2015) ao verificarem a exigência térmica de duas
 230 seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense
 231 observaram que entre todos materiais analisados, as cultivares Albion e San
 232 Andreas mostraram-se mais precoces, precisando de menor número de dias
 233 desde o transplante até o início da frutificação (114 e 102 dias, respectivamente).
 234 Ficando essa diferença ligada ao local de realização dos trabalhos e às
 235 condições climáticas de cada local. A exposição das plantas a diferentes

condições de temperatura e umidade modificou o tempo necessário para cada cultivar sofrer diferenciação e entrar em período reprodutivo.

238

Tabela 3. Início e plena floração em dias após o plantio (DAP), início e plena frutificação em dias após o plantio (DAP) de plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas em 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Cultivares	Início da floração (DAP)	Plena floração (DAP)	Início da frutificação (DAP)	Plena frutificação (DAP)
Albion	66,62 ^{ns}	94,69 ^{ns}	92,06 ^{ns}	112,94 ^b
San Andreas	67,50	102,31	91,50	120,19 ^a
Solução Nutritiva				
SN 1	67,12 ^{ns}	96,75 ^{ns}	94,25 ^a	119,50 ^{ns}
SN 2	68,25	108,87	92,37 ^{ab}	120,75
SN 3	65,75	88,00	90,87 ^{ab}	113,50
SN 4	67,12	100,37	89,62 ^b	112,50
Média	67,06	98,50	91,78	116,56
CV a (%)	5,13	13,16	3,20	7,18
CV b (%)	7,30	18,36	3,33	5,61

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro. ^{ns}: não significativo, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela. Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004)); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018)); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas).

249

As cultivares e as soluções nutritivas influenciaram na massa de fruta. A cultivar Albion produziu frutas com massa média de 14,05g, superior a cultivar San Andreas com 13,61g. (Tabela 4). O resultado está de acordo com o encontrado por Júnior e Neto (2020), que ao avaliarem as cultivares Albion e San Andreas em cultivo semi-hidropônico, observaram que a massa de fruta para os dois anos de

255 avaliação, 2015 e 2016, foi maior na cultivar Albion, 23g fruta⁻¹ em relação a
256 cultivar San Andreas, 17g fruta⁻¹. Segundo estes autores, é uma característica
257 intrínseca da cultivar Albion precisar de menor intensidade para a emissão de
258 novas flores e formar flores com maior calibre.

259 A SN 4 proporcionou a formação de frutas de maior massa, 14,65g sendo
260 atrativo ao consumidor, enquanto que plantas que receberam a SN 1 produziram
261 frutas com menor massa, 13,22 g, não diferindo da SN 2 com 13,56 g (Tabela 4). O
262 menor acúmulo de magnésio nas plantas sob a SN 1 (3,74 g.Kg⁻¹) e SN 2 (3,45
263 g.Kg⁻¹) (Tabela 6) em relação as plantas sob a SN 4 (4,30 g.Kg⁻¹) pode ter
264 influenciado no tamanho final da fruta. Pois segundo Pauletti et al. (2016), plantas
265 com deficiência de magnésio podem produzir frutas com tamanho reduzido.

266 O magnésio reduz o tamanho da fruta por ser componente da clorofila,
267 influenciar o movimento dos carboidratos das folhas para outras partes da planta
268 e estimular a captação e o transporte de fósforo na planta (responsável pelo
269 armazenamento e transporte de energia além da divisão e crescimento celular)
270 (TAIZ et al., 2017).

271 A cultivar San Andreas mostrou-se mais produtiva que Albion tanto em
272 número quanto massa de frutas por planta (Tabela 4). A diferença no número de
273 frutas foi de 25,50 frutas a mais para a cultivar San Andreas, durante o ciclo
274 avaliado, e 317,94g a mais de massa de frutas que a cultivar Albion. No entanto
275 para o período avaliado, ambas cultivares apresentaram produção por planta
276 superior a 1000g demonstrando a adaptabilidade dos materiais ao sistema de
277 cultivo sem solo utilizado.

278 Zeist et al. (2019 b) avaliando a fenologia e componentes agrônômicos de
279 morangueiros do primeiro e segundo ciclo de cultivo, também verificaram a

280 superioridade da cultivar San Andreas sobre Albion. Com uma produção de
281 1212,3g por planta e 158,3 frutas por planta sobre 1049,0g por planta e 102,8 frutas
282 por planta com a cultivar Albion. Os resultados mostram a superioridade de
283 produção de uma cultivar em relação a outra, ficando ligado as características
284 produtivas de cada genótipo, onde a cultivar San Andreas, apresenta
285 características genéticas que conferem maior produção em relação a 'Albion'.

286 A SN 2 e SN 3 se destacaram pela produção de frutas acima das 1500g por
287 planta (1680,88 e 1516,33 g, respectivamente). Assim como no número de frutas, a
288 SN 2 proporcionou 124,27 frutas por planta e a SN 3 109,23 frutas por planta,
289 diferindo da SN 1 e SN 4, com menor número de frutas por planta (64,47 e 78,92
290 frutas, respectivamente). A maior disponibilidade de nitrogênio, cálcio e potássio
291 na SN 2 e SN 3 pode ter favorecido o desenvolvimento de maior número de frutas
292 e produção por planta em relação a SN 1 e SN 4. Nessas soluções, a maior
293 quantidade de nitrogênio fornecida, possibilitou as plantas maior crescimento
294 radicular e vegetativo, por consequência maior reserva energética para emissão
295 de frutas em relação a SN 1 e a SN 4. Além do que, a absorção do magnésio é
296 fortemente influenciada pela disponibilidade de K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , e está
297 intimamente relacionado com o tamanho final de fruta, influenciando na
298 produção final (Dechen & Nachtigall, 2007).

299 A SN 1 proporcionou menor desenvolvimento das plantas tanto produtivo,
300 com menor número de frutas por plantas, frutas com menor massa e menor
301 produção por planta (851,91g) (Tabela 4), quanto vegetativo, com produção de
302 massa seca de folhas por planta ao longo do ciclo de 45,15 g, diferindo das
303 demais soluções nutritivas. A SN 2, SN 3 e SN 4 apresentaram produção de massa
304 seca de folhas por planta de 110,16; 85,66; e 91,75g, respectivamente, não

305 diferindo entre si. Esse aumento na produção de parte área por planta em
306 relação a SN 1 está relacionado com a maior quantidade de nitrogênio presente
307 nessas soluções, favorecendo o desenvolvimento das plantas.

308 Barreto et al. (2017) estudando deficiência de nutrientes com efeitos no
309 desenvolvimento de morangueiros, observaram redução de 41% na massa seca
310 da parte aérea com a omissão de nitrogênio na solução nutritiva em relação ao
311 tratamento completo (com a presença de todos macro e micronutrientes). Os
312 resultados concordam ao encontrado nesse trabalho, no qual plantas nutridas
313 com deficiência em nitrogênio apresentam menor crescimento vegetativo com
314 menor produção de massa seca de parte área. Segundo Maheswari et al. (2017)
315 a redução na área vegetativa da planta ocorre porque o nitrogênio influencia
316 diretamente a composição de aminoácidos das proteínas, enzimas, fitormônios
317 que estão envolvidos nos processos de crescimento e desenvolvimento das
318 plantas.

319

320

321

322

323

324

325

326

327 **Tabela 4.** Número total de frutas por planta, massa de frutas por planta, massa média de fruta e
 328 massa seca de folhas por planta de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas
 329 estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas nos ciclos 2018 e
 330 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Cultivares	Número de frutas por planta	Massa de frutas por planta (g.planta ⁻¹)	Massa média de frutas (g.fruta ⁻¹)	Massa seca de folhas (g.planta ⁻¹)
Albion	81,47 b	1141,50 b	14,05 a	71,48 b
San Andreas	106,97 a	1459,44 a	13,61 b	94,88 a
Solução Nutritiva				
SN 1	64,47 b	851,91 b	13,22 c	45,15 b
SN 2	124,27 a	1680,88 a	13,56 bc	110,16 a
SN 3	109,23 a	1516,33 a	13,89 b	85,66 a
SN 4	78,92 b	1152,76 b	14,65 a	91,75 a
Média	94,22	1300,47	13,83	83,18
CV a (%)	16,54	16,99	2,88	25,35
CV b (%)	11,67	12,45	2,27	18,84

331 Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de
 332 Tukey a 5% probabilidade de erro. ns: não significativo, CV a: Coeficiente de variação da parcela;
 333 CV b: coeficiente de variação da subparcela. Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por
 334 produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta
 335 por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e
 336 adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas).

337

338 Quanto aos valores obtidos de massa seca de coroas houve interação
 339 entre os fatores cultivar e solução nutritiva. Os valores não diferiram entre as
 340 cultivares com o uso da SN 1, 'Albion' com 16,19 g.planta⁻¹ e 'San Andreas' com
 341 19,57 g.planta⁻¹ (Tabela 5). Para as demais soluções nutritivas, 'San Andreas'
 342 apresentou maiores valores de massa seca de coroa por planta que a cultivar
 343 Albion. Podendo estar relacionado com os valores iniciais de massa seca de raiz
 344 por muda (Tabela 2), onde mudas com maior diâmetro de coroa e quantidade
 345 de raízes, quando plantadas possibilitaram melhor arranque inicial e maior

desenvolvimento de planta (absorção de água e nutrientes). Ao avaliar crescimento vegetativo em plantas de morangueiro, Richter et al. (2019), verificaram correlação positiva entre a variável área radicular da planta no diâmetro de coroa e massa seca da parte aérea.

350

Tabela 5. Massa seca de coroa por planta de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas nos ciclos 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Massa seca de coroa (g.planta ⁻¹)		
Cultivares		
Solução Nutritiva	Albion	San Andreas
SN 1	16,19 a A	19,57 b A
SN 2	25,03 a B	36,24 a A
SN 3	21,11 a B	35,88 a A
SN 4	13,89 a B	41,78 a A
Média	26,21	
CV a (%)	30,31	
CV b (%)	22,85	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro. ^{ns}: não significativo, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela. Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas).

361

O fator cultivar influenciou nos valores do cálcio (Tabela 6) e ferro (Tabela7), enquanto que o fator solução nutritiva influenciou nos valores do nitrogênio, cálcio e magnésio (Tabela 6) e nos valores do cobre, zinco e manganês (Tabela7) no tecido vegetal. Para os macronutrientes quanto as cultivares, 'Albion' acumulou maior quantidade de cálcio (12,59 g) que San Andreas (10,05 g).

366

367 Os teores de nitrogênio encontrados foram superiores em plantas que
368 receberam a SN 2, SN 3 e SN 4, não diferindo entre elas, 30,40; 28,42 e 28,95g
369 respectivamente, enquanto que plantas sob a SN 1 acumularam menor
370 quantidade de nitrogênio (24,84g) (Tabela 6), estando relacionado às
371 quantidades de nutrientes que são disponibilizados por cada solução nutritiva
372 utilizada (Tabela 1). O menor fornecimento de nitrogênio na SN 1 46,6mg.L⁻¹
373 resultou em menor acúmulo desse nutriente nas plantas ao longo do ciclo
374 influenciando diretamente no menor desenvolvimento vegetativo e produtivo das
375 mesmas.

376 Acuña-Maldonado e Pritts (2008) também obtiveram incremento no
377 crescimento das plantas, produção e maior reserva total de nitrogênio, conforme
378 o aumento na concentração de nitrogênio na solução nutritiva.

379 Os valores de fósforo e potássio acumulados nas plantas não diferiram entre
380 as soluções nutritivas. Já os teores de cálcio variaram, sendo os maiores valores
381 foram encontrados com a SN 2 (12,60g.Kg⁻¹) e SN 3 (11,18g.Kg⁻¹), diferindo da SN 1
382 (10,59g. Kg⁻¹) e SN 4 (10,91g. Kg⁻¹) (Tabela 6). O maior acúmulo de cálcio nas
383 folhas das plantas ocorreu devido ao maior fornecimento desse nutriente na SN 2
384 e SN 3 (acima das 100mg.L⁻¹) durante a fertirrigação em relação a SN 1 e SN 4
385 (valores abaixo das 80mg.L⁻¹) (Tabela 1). Segundo Strassburger et al. (2013), o
386 cálcio apresenta baixa mobilidade no floema. Concordando com os resultados
387 encontrados, os maiores valores foram encontrados em plantas que receberam
388 maior concentração de cálcio, nas soluções nutritivas 2 e 3. Devido sua
389 imobilidade, quanto menor sua concentração na solução nutritiva, menor o teor
390 encontrado nas folhas.

O magnésio teve os maiores valores obtidos com a SN 3 (4,68 g.Kg⁻¹) e SN 4 (4,30 g.Kg⁻¹) enquanto que a SN 2 apresentou o menor valor (3,45 g.Kg⁻¹) (Tabela 6). Os valores para todas soluções nutritivas ficaram abaixo dos valores adequados em folhas de morangueiro estipulados por Pauletti et al. (2016), onde os limites inferior e superior é de 6,0 a 10,0 g.kg⁻¹, respectivamente. Mas dentro dos teores adequados para o crescimento das plantas segundo Duchon e Nachtigall (2007) que é de 3 a 5 g.kg⁻¹.

398

Tabela 6. Teores de macronutrientes em g.Kg⁻¹ em folhas de plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas nos ciclos 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Cultivares	Nitrogênio (g.Kg⁻¹)	Fósforo (g.Kg⁻¹)	Potássio (g.Kg⁻¹)	Cálcio (g.Kg⁻¹)	Magnésio (g.Kg⁻¹)
Albion	27,81 ^{ns}	7,07 ^{ns}	29,98 ^{ns}	12,59 a	4,11 ^{ns}
San Andreas	28,47	6,92	28,86	10,05 b	3,97
Solução Nutritiva					
SN 1	24,84 b	6,82 ^{ns}	30,07 ^{ns}	10,59 b	3,74 bc
SN 2	30,40 a	6,82	30,24	12,60 a	3,45 c
SN 3	28,42 a	6,77	29,15	11,18 ab	4,68 a
SN 4	28,95 a	7,57	28,22	10,91 b	4,30 ab
Média	28,15	6,94	29,42	11,32	4,04
CV a (%)	7,18	8,91	11,59	8,83	13,27
CV b (%)	3,28	7,52	7,33	9,13	7,27

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro. ^{ns}: não significativo, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela. Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas).

408

409 O fator cultivar influenciou apenas nos teores de ferro acumulados nas
410 folhas, onde a cultivar Albion acumulou 18,12 mg.Kg⁻¹ a mais que a cultivar San
411 Andreas (Tabela 7). O resultado está relacionado com a capacidade de
412 armazenamento de reservas de cada cultivar desde a formação da muda. As
413 mudas da cultivar albion apresentaram maior massa seca de coroa que 'San
414 Andreas', o acúmulo de ferro durante a fase de formação da muda aliado a
415 quantidade e ferro fornecida através das soluções nutritivas resultou em maior
416 acúmulo do nutriente nas folhas em relação a San Andreas, já que o ferro
417 apresenta pouca mobilidade quanto a translocação no interior da planta.

418 Os teores de cobre (2,87 mg.Kg⁻¹) e zinco (83,99 mg.Kg⁻¹) foram superiores
419 com o uso da SN 1. As demais soluções nutritivas apresentaram resultados abaixo
420 das médias 2,05 mg.Kg⁻¹ (cobre) e 62,20 mg.Kg⁻¹ (zinco) (Tabela 7). O valor
421 encontrado de zinco é acima do limite superior estipulado por Pauletti et al.
422 (2016) que é de 50 mg.Kg⁻¹, e pode ter impedido a absorção de ferro pelas
423 plantas ao longo do ciclo, resultando na produção de frutas com menor massa
424 média (Tabela 4). Elevado nível de zinco nas folhas pode impedir a redução do
425 ferro bem como impedir o seu transporte para o interior da planta (Dechen &
426 Nachtigall, 2007).

427 O maior valor do teor de manganês acumulado foi obtido com o uso da SN
428 4 (356,52 mg.Kg⁻¹) enquanto que com o uso da SN 2 se obteve o menor valor
429 (98,07 mg.Kg⁻¹).

430

Tabela 7. Teores de micronutrientes em mg.Kg⁻¹ em folhas de plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas nos ciclos 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Cultivares	Cobre (mg.kg⁻¹)	Zinco (mg.kg⁻¹)	Ferro (mg.kg⁻¹)	Manganês (mg.kg⁻¹)
Albion	2,03 ^{ns}	62,91 ^{ns}	109,18 a	216,97 ^{ns}
San Andreas	2,07	61,49	91,09 b	180,19
Solução Nutritiva				
SN 1	2,87 a	83,99 a	116,19 ^{ns}	166,78 b
SN 2	1,94 b	55,97 b	101,30	98,07 c
SN 3	1,87 b	59,24 b	90,00	172,95 b
SN 4	1,54 b	49,62 c	93,04	356,52 a
Média	2,05	62,20	100,13	198,58
CV a (%)	24,96	6,16	18,66	16,03
CV b (%)	47,87	14,95	17,27	24,87

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro. ^{ns}: não significativo, CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela. Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas).

A distribuição da produção mensal quanto ao uso das soluções nutritivas pode ser observada na Figura 2. A SN 1 (com base na solução de produtores da região de Pelotas) proporcionou produção bem distribuída ao longo dos meses, onde dez dos quinze meses não diferiram entre si quanto à produção de frutas (Figura 1).

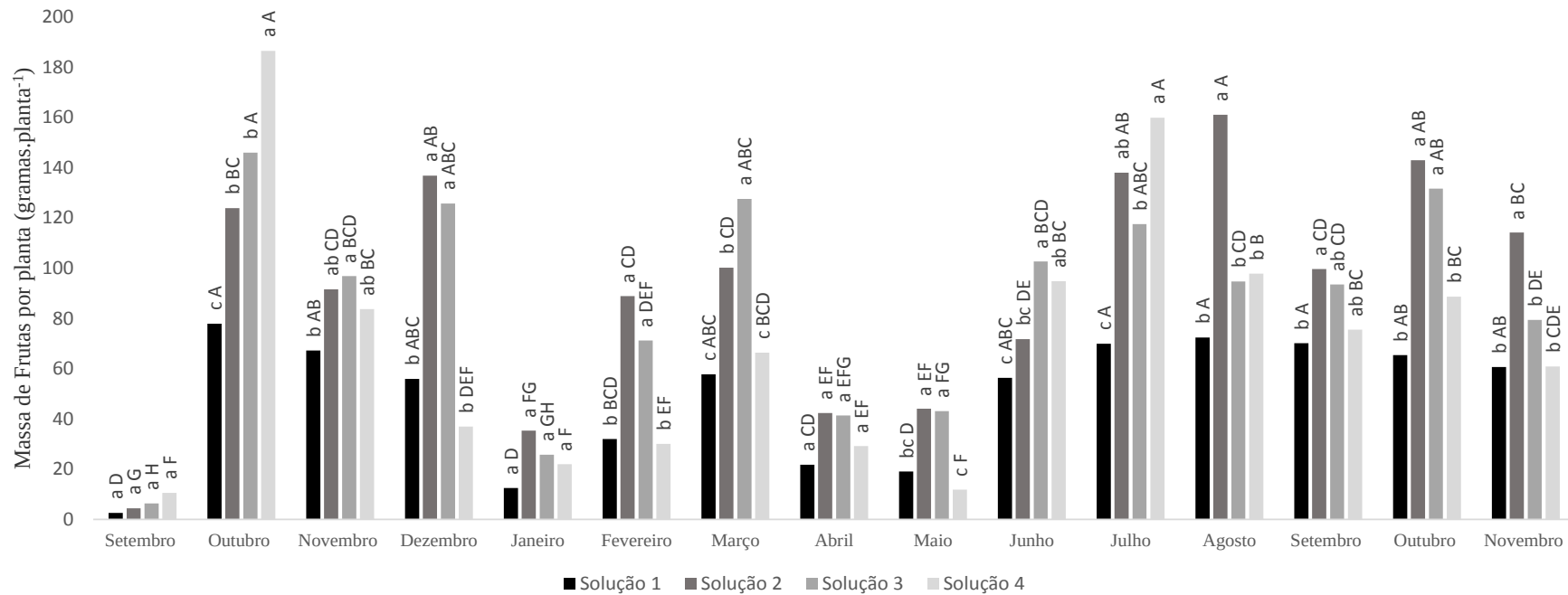
Os meses mais produtivos com o uso da SN 4 foi em outubro de 2018 (186,54g) e julho de 2019 (159,86g). Com a SN 2 em outubro (123,88g) e dezembro de 2018 (136,87g), julho, agosto e outubro de 2019 (138,03;161,03 e 142,94g,

449 respectivamente). E com SN 3 em outubro (146,01 g) e dezembro de 2018
450 (125,78g), março (127,56g), julho (117,55g) e outubro (131,69g) de 2019 (Figura 1).
451 Plantas sob a SN 2 e SN 3 apresentam no mínimo dois picos produtivos por ciclo.
452 Gonçalves et al. (2016 b) observaram dois picos produtivos também no ciclo, em
453 setembro e novembro, os quais definem que esses picos estão relacionados com
454 duas fases de indução floral bem distintas, a primeira ainda na fase de formação
455 da muda e a segunda devido a exposição a condições climáticas indutivas no
456 cultivo (temperaturas). Com base nos resultados, pode-se inferir que a diferença
457 na composição da nutrição também influencia na capacidade produtiva das
458 cultivares.

459 Houve redução na produção para todas as soluções nutritivas (mas
460 principalmente nas soluções 1 e 4) nos meses de janeiro, abril e maio de 2019,
461 ficando a produção com 10 a 40g por planta por mês, devido ao ataque de
462 ácaros na área, diminuindo a capacidade produtiva das plantas. Segundo
463 Piccinin et al. (2008) o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) é a principal praga da
464 cultura e pode causar redução de até 80% na produção de frutas.

465 No período de menor oferta da fruta (janeiro a junho) e maior valor
466 econômico, plantas que receberam a SN 2 e SN 3 produziram maior ganho de
467 massa por planta, 382,43 e 411,62g, respectivamente. O que é vantajoso, porque
468 segundo Antunes et al. (2015) no período de entressafra, os preços podem ter um
469 aumento de até 100 % em relação à média. Plantas que receberam a SN 1
470 apresentaram ganhos de 199,38g e com a SN 4 254,19g, nesse mesmo período.

471



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro. Letras minúsculas comparam as soluções nutritivas para um mesmo mês e letras maiúsculas, comparam os meses para uma mesma solução nutritiva. Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas).

Figura 1. Massa de frutas mensal por plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo quanto as soluções nutritivas durante todo experimento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

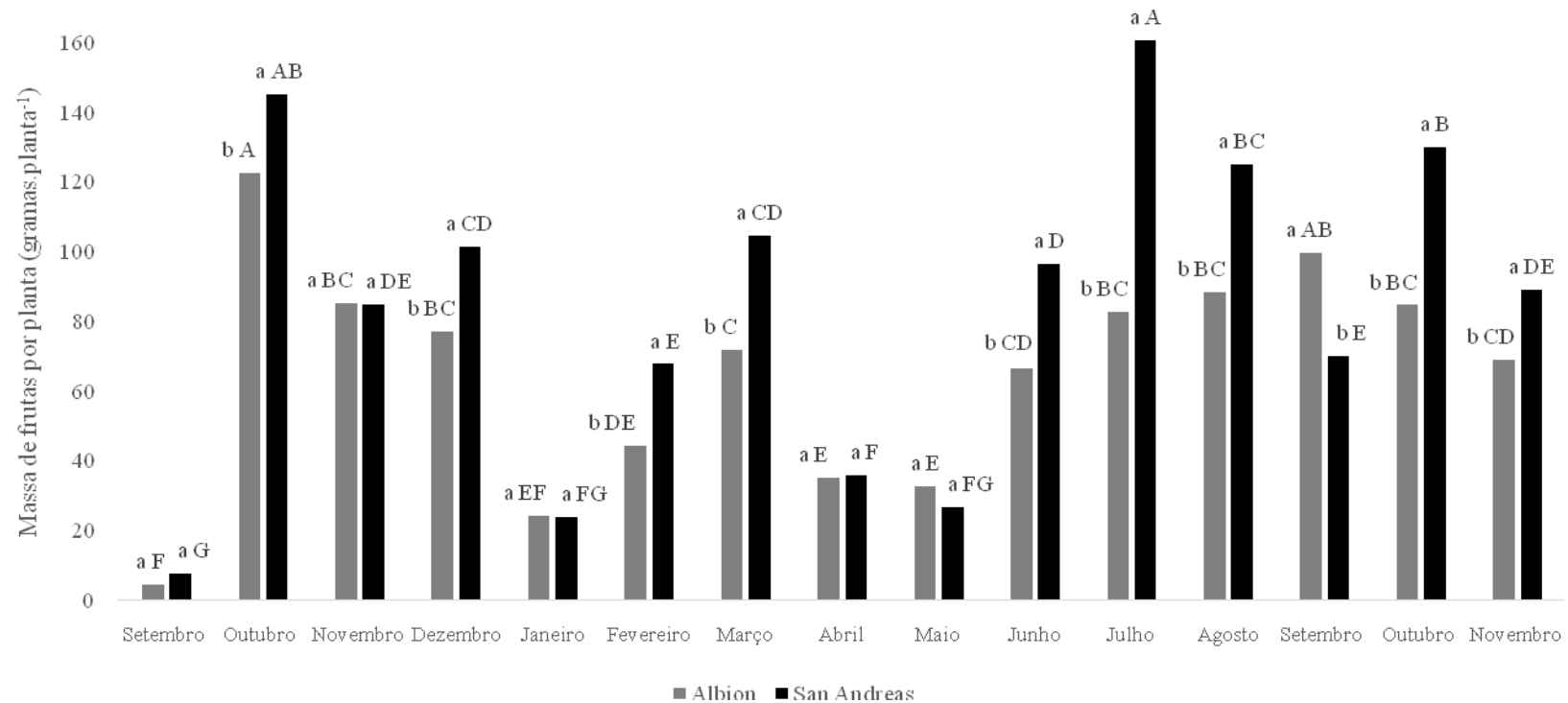
409 A distribuição da produção mensal de frutas das cultivares é demonstrado
410 na Figura 2. O início da frutificação para as duas cultivares ocorreu no final do
411 mês de setembro de 2018, estendendo-se até o final do experimento. O cultivo de
412 'Albion' e outras cultivares de dias neutros, juntamente com o sistema sem solo,
413 permite que os produtores estendam a colheita por dois a três anos, utilizando as
414 mesmas plantas (Fagherazzi et al., 2017 b). Pois cultivares de dia neutro possuem
415 menor sensibilidade aos estímulos que o fotoperíodo e a temperatura exercem
416 sobre a emissão de estolões e consequentemente prorrogam o período de
417 frutificação (Fagherazzi et al., 2014).

418 Ocorreu dois picos de produção durante o período avaliado para ambas
419 cultivares, Albion em outubro de 2018 e setembro de 2019, e San Andreas em
420 outubro de 2018 e julho de 2019. Para os meses de setembro e novembro de 2018,
421 janeiro, abril e maio de 2019 a produção de frutas não diferiu entre as cultivares.

422 Nos meses abril e maio de 2019 houve redução na produção para ambas
423 cultivares, devido ao ataque de ácaros na área, diminuindo a capacidade
424 fotossintética e produtiva das plantas. O controle foi realizado com o uso de
425 ácaro predador (*Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*).

426 Mesmo com essa redução na produção nesses meses, a produção fora de
427 época para ambas cultivares (janeiro a junho), se consideramos a chegada das
428 mudas importadas no final de junho com plantio em julho e início de produção
429 em setembro, foi rentável. Pois plantas da cultivar Albion chegaram a produzir
430 70g.planta⁻¹ e San Andreas 100 g.planta⁻¹, sendo favorável aos produtores da
431 região, pois nestes meses o valor do produto se eleva. A partir do mês de
432 dezembro até o início do inverno observa-se a menor oferta da fruta ao mercado
433 e por consequência preços mais elevados (podendo chegar ao dobro do preço

434 durante a safra) pois nesse período ocorrem temperaturas mais altas,
435 prejudicando a floração e frutificação das plantas (Antunes et al., 2017).



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. Letras minúsculas comparam as cultivares para um mesmo mês e letras maiúsculas, comparam os meses para uma mesma cultivar.

Figura 2. Massa de frutas mensal por plantas de morangueiro das cultivares Albion e San Andreas estabelecidas no sistema de cultivo sem solo quanto as cultivares durante todo experimento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

438 CONCLUSÕES

439 As plantas da cultivar Albion necessitam de menor número de dias que as
440 de San Andreas para atingirem a plena frutificação. Enquanto que a cultivar San
441 Andreas apresenta maior número de frutas e maior massa de frutas por planta.

442 Com a utilização das soluções nutritivas 2,3 e 4, as plantas precisam de
443 menos dias para o início da frutificação e produzem maior massa de frutas por
444 planta.

445 Menor concentração de nitrogênio na solução nutritiva proporciona menor
446 produção por planta mas apresenta melhor distribuição da produção.

447

448 REFERÊNCIAS

449 Acuña-Maldonado, L.E., Pritts, M.P. 2008. Carbon and nitrogen reserves in
450 perennial strawberry affect plant growth and yield. *Journal of the American*
451 *Society for Horticultural Science*, 133: 735-742.

452 Akhatou, I., Recamales, A.F. 2013. Influence of cultivar and culture system on
453 nutritional and organoleptic quality of strawberry. *Journal Of The Science Of Food*
454 *And Agriculture*, 94: 866-875.

455 Andriolo, J.L., Jänisch, D.I., Schmitt, O.J., VAZ, M.A.B., Cardoso, F.L., Erpen, L. 2009.
456 Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e
457 na qualidade de frutas do morangueiro. *Ciência Rural*, 9: 684-690.

458 Antunes, L.E.C., Reisser Junior, C., Vignolo, G.K., Gonçalves, M.A. 2015. Morangos
459 do jeito que o consumidor gosta. *Campo & Lavoura*, Anuário HF, 1: 64-72.

- 460 Antunes, L.E., Fagherazzi, A., Vignolo, G. 2017. Morangos tem produção crescente.
461 *Campo & Lavoura*, 1: 96–102.
- 462 Barreto, C.F., Pricila, S.S., Navroski, R., Benati, J.A., Nava, G., Antunes, L.E.C. 2017.
463 Deficiência de nutrientes com efeitos no desenvolvimento de morangueiros.
464 *Scientia Agraria*, 18: 63-71.
- 465 Cecatto, A.P., Calvete, E.O., Nienow, A.A., Costa, R.C., Mendonça, H.F.C.,
466 Pazzinato, A.C. 2013. Culture systems in the production and quality of strawberry
467 cultivars. *Acta Scientiarum*, 35: 471-478.
- 468 COCCO, C. Produção e qualidade de mudas e frutas de morangueiro no Brasil e
469 na Itália. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas,
470 2014.
- 471 D'Anna, F. et al. 2008. Innovazioni varietali per la produzione siciliana. *Rivista di*
472 *Frutticoltura e di Ortofloricoltura*, 6: 22-27.
- 473 Duchen, A.R., Nachtigall, G.R. 2007. Elementos requeridos à nutrição de plantas.
474 In: NOVAIS, R.F.; Alvarez, V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves,
475 J.C.L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo,
476 p.91-132.
- 477 Fagherazzi, A.F., Cocco, C., Antunes, L. E. C.; Souza, J. A. de. 2014. SPECIALE
478 FRAGOLA: La fragolicoltura Brasiliana guarda avanti. *Rivista di Frutticoltura e di*
479 *Ortofloricoltura*, 6: 20-24.
- 480 Fagherazzi, A.F., Richter, A., Fagherazzi, M., Molina, A., Kretschmar, A., Rufato, L.
481 2017 a. Desempenho agrônômico de cultivares de morangueiro Italianos em

- 482 Santa Catarina, Brasil. *Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-*
483 *Congrega Urcamp*, 1: 1192-1199.
- 484 Fagherazzi, A.F., Grimaldi, F., Kretschmar, A.A., Molina, A.R., Gonçalves, M.A.,
485 Antunes, L.E.C., Baruzzi, G., Rufato, L. 2017b. Strawberry production progress in
486 Brazil. *Acta Horticulturae*, 1156: 937-940.
- 487 Ferreira, D.F. 2014. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple
488 comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38: 109-112.
- 489 Furlani, P. R., Fernandez Júnior, F. 2004. Cultivo hidropônico de morango em
490 ambiente protegido. In: Simpósio Nacional do Morango & Encontro de Pequenas
491 Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 2, 2004, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Corrêa
492 Antunez, L.E. et al. (Ed.). EMBRAPA, p.102-115. (Documentos 124).
- 493 Gonçalves, M.A., Vignolo, G.K., Antunes, L.E.C., Reisser Junior, C. 2016. Produção
494 de morangos fora do solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Clima
495 Temperado. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos
496 410.
- 497 Gonçalves, M. A., Cocco, C., Vignolo, G. K., Picolotto, L., Antunes, L. E. C. 2016.
498 Comportamento produtivo de cultivares de morangueiro estabelecidos a partir
499 de mudas com Torrão. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, 2: 277-283.
- 500 Huang, P. W., Santos, B. M., Whitaker, V. M. 2011. Effects of cell size on the
501 production of containerized strawberry transplants in Florida. *Proceedings Florida*
502 *State Horticultural Society*, 124: 184-187.

- 503 Júnior, F.O.G.M., Vieira Neto, J. 2020. Avaliação de cultivares de morangueiro dias
 504 neutros “Albion” e “San Andreas” sob cultivo semi-hidropônico no Alto Vale do
 505 Itajaí – SC. *Revista Thema*, 16: 845-854.
- 506 Karlec, F., Duarte, A.F., Oliveira, A.C.B., Cunha, U.S. 2017. Development of
 507 *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE) in different strawberry
 508 cultivars. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39: e-171.
- 509 Lorenzo, P., Sánchez-Guerrero, M.C., Medrano, E., García, M.L., Caparrós, I.,
 510 Giménez, M. 2003. External greenhouse mobile shading: effect on microclimate,
 511 water use efficiency and yield of a tomato crop grown under different salinity
 512 levels of the nutrient solution. In: PARDOSSI, A. et al. (Ed.). Managing greenhouse
 513 crops in saline environment. *Acta Horticulturae*, 609: 181-186.
- 514 Maheswari, M., Murthy, A.N.G., Shanker, A.K. 2017. Nitrogen Nutrition in Crops and
 515 Its Importance in Crop Quality. *The Indian Nitrogen Assessment*, 175-186.
- 516 Pacheco, D.D., Dias, M.S.C., Antunes, P.D., Ribeiro, D.P., Silva, J.J.C., Pinho, D.B.
 517 2007. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. *Informe Agropecuário*, 28:
 518 40-49.
- 519 Palencia, P., Martínez, F., Medina, J. J., López-Medina, J. 2013 Strawberry yield
 520 efficiency and its correlation with temperature and solar radiation. *Horticultura*
 521 *Brasileira*, v. 31: 93-99.
- 522 Pauletti, V., Silveira, C.A.P., Martinazzo, R. 2016. Fertilidade do solo e nutrição,
 523 p.151-199. In: Antunes, L.E.C.; Reisser Junior, C.; Schwengber, J.E. (org).
 524 *Morangueiro*. Brasília: Embrapa, 589p

- 525 Peil, R.M.N., Marques, G.N., Signorini, C. B. 2018. Cultivo do morangueiro em
526 substrato: aspectos técnicos e ambientais de sistemas abertos e fechados. In:
527 Manejo de pragas e patógenos e a multiplicidade em sistemas de cultivo
528 hidropônico, 1, 2018, Florianópolis.SC. *Anais de palestras e artigos premiados no XI*
529 *Encontro Brasileiro de Hidroponia e III Simpósio Brasileiro de Hidroponia.*
530 *Florianópolis, SC: TRIBO DA ILHA*, p. 24-50.
- 531 Piccinin, G.G., Versari, A.C., Dias-arieira, C.R., Piccinin, C.G. 2008. Eficiência do
532 silício no controle de ácaros em morangueiro. *Horticultura Brasileira*, 26: S1240-
533 S1244.
- 534 Portela, I.P., Peil, R.M.N., Rombaldi, C.V. 2012. Efeito da concentração de
535 nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em
536 hidroponia. *Horticultura Brasileira*, 30: 266-273.
- 537 Richter, A.F., Ramos, R.F., Rohrig, B., Tonin, J., Machado, J.T.M. 2019. Crescimento
538 vegetativo de morangueiro através do uso de promotores de crescimento.
539 *Revista de Agricultura Neotropical*, 6: 76-81.
- 540 Ruan, J., Lee, Y.H., Yeoung, Y.R. 2013. Flowring and Fruiting of Day-neutral and
541 Ever-bearing Strawberry Cultivars in High-elevation for Summer and Autumn Fruit
542 Production in Korea. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 54: 109-120.
- 543 Schmitt, O.J., Andriolo, J.L., Schultz, E., Lerner, M.A., Souza, J.M., Picio, M.D. 2016.
544 Produção de estolhos de cultivares de morangueiro em função da condutividade
545 elétrica da solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, 34: 294-301.
- 546 Shaw, D.V., Larson, K.D. 2006. Strawberry plant named 'Albion'. U.S. *Patent n. PP16*,
547 228.

- 548 Shaw, D.V., Larson, K.D. 2009. Strawberry plant named 'San Andreas'. U.S. Patent n.
549 PP19, 975.
- 550 Sonneveld, C., Straver, N. 1994. *Nutrient solution for vegetables and flowers grown*
551 *in water or substrates*. 10th ed. The Netherlands, proefstation voor Tuinbouw onder
552 Glas Te Naaldwijk. 45p. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n8).
- 553 Strassburger, A.S., Peil, R.M.N., Schwengber, J.E., Strassburger, K.F.S., Guidotti,
554 R.M.M. 2013. Acúmulo de nutrientes em duas cultivares de morangueiro em
555 sistema de cultivo orgânico. *Cadernos de Agroecologia*, 8.
- 556 Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I., Murphy, A. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*.
557 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p.
- 558 Tazzo, I.F., Fagherazzi, A.F., Lerin, S., Kretschmar, A.A., Rufato, L. 2015. Exigência
559 térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no
560 planalto catarinense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37: 550-558.
- 561 Torres-Quezada, E.A., Zotarelli, L., Whitaker, V.M., Santos, B.M., Hernandez-Ochoa, I.
562 2015. Initial crown diameter of strawberry bare-root transplants affects early and
563 total fruit yield. *HortTechnology*, 25: 203-208.
- 564 Zeist, A.R., Resende, J.T.V. 2019. Strawberry breeding in Brazil: current momentum
565 and perspectives. *Horticultura Brasileira*, 37: 7-16.
- 566 Zeist, A.R., Resende, J.T.V., Filho, R.B.L., Gabriel, A., Henschel, J.M., Silva, I.F.L. 2019
567 b. Phenology and agronomic components of first and second-cycle
568 strawberry. *Horticultura Brasileira*, 37: 29-34.

9. ARTIGO 5: Qualidade de morangos em cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas

Strawberries quality soilless cultivation under different nutrient solutions

Artigo a ser submetido para a Revista Semina: Ciências Agrárias (ISSN 1679-0359)

Abstract: Strawberry nutrition is one of the main practices responsible for increasing fruit productivity and quality. The objective of this work was to verify if the cultivars and the nutrient solutions influence the physicochemical and phytochemical properties of the strawberry. The experiment was carried out in a greenhouse belonging to Embrapa Clima Temperado, located in the municipality of Pelotas-RS, with plants of cultivars Albion and San Andreas in a soilless cultivation system. Samples of 10 fruits per repetition were taken in 2018 and 2019 to the post-harvest physiology laboratory to perform physical-chemical analyzes and another 10 fruits per repetition to that of Food Science and Technology for carrying out analyzes for the presence of bioactive compounds. . Fruit diameter and length, color, pulp firmness, soluble solids, pH, titratable acidity, soluble solids/titratable acidity were evaluated and phenolic compounds, antioxidant activity and total anthocyanins were quantified. The experimental design used was in randomized blocks in a subdivided plot, with a 4x2 factorial, four nutrient solutions: 1,2,3 and 4 and two cultivars: Albion and San Andreas. The data were submitted to analysis of variance in the Sisvar 5.6 software and the treatment means were compared with the Tukey test at 5% significance. The Albion cultivar presents fruits with greater firmness while the fruits of the San Andreas cultivar present greater coloration of the epidermis. The use of nutrient solution 2 provides fruits with less firmness. The Albion cultivar has a higher content of total anthocyanins and less antioxidant activity than San Andreas.

Key-words: *Fragaria ananassa*, phenolic compounds, post harvest, soluble solids.

Resumo: A nutrição do morangueiro é uma das principais práticas responsáveis pelo aumento da produtividade e da qualidade das frutas. O objetivo neste trabalho foi verificar se as cultivares e as soluções nutritivas influenciam nas propriedades físico-químicas e fitoquímicas do morango. O experimento foi realizado em casa de vegetação pertencente a Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Pelotas-RS, com plantas das cultivares Albion e San Andreas em sistema de cultivo sem solo. Amostras de 10 frutas por repetição foram levadas em 2018 e 2019 para o laboratório de fisiologia da pós-colheita para realizar análises físico-químicas e outras 10 frutas por repetição ao de Ciência e Tecnologia de Alimentos para realização das análises quanto a presença de compostos bioativos. Avaliou-se diâmetro e comprimento de fruta, coloração, firmeza de polpa, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável e quantificou-se os compostos fenólicos, atividade antioxidante e antocianinas totais. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em parcela subdividida, com fatorial 4x2, quatro soluções nutritivas: 1,2,3 e 4 e duas cultivares: Albion e San Andreas. Os dados foram submetidos à análise de variância no software Sisvar 5.6 e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste

de Tukey a 5% de significância. A cultivar Albion apresenta frutas com maior firmeza enquanto que as frutas da cultivar San Andreas apresentam maior coloração da epiderme. O uso da solução nutritiva 2 proporciona frutas com menor firmeza. A cultivar Albion apresenta maior conteúdo de antocianinas totais e menor atividade antioxidante que San Andreas.

Palavras-chave: *Fragaria ananassa*, compostos fenólicos, pós-colheita, sólidos solúveis.

Introdução

O morango (*Fragaria* × *ananassa*), uma das frutas mais populares no mundo, é utilizado devido ao seu sabor, nutrientes essenciais ricos e compostos bioativos benéficos à de saúde, incluindo vitaminas, fibras, minerais, antocianinas e compostos fenólicos (Wang, Wang, Vanga & Raghavan, 2019).

A coloração vermelha (formação de antocianina), o amolecimento e o acúmulo de açúcares solúveis (sacarose, frutose e glicose) e ácidos orgânicos (citrato, malato e ácido ascórbico) caracterizam o amadurecimento dos morangos (Wietzke et al. 2018). As diferenças na proporção e na concentração dos pigmentos entre as cultivares de uma mesma espécie resultam nas diferenças de coloração das frutas. Dentre os atributos de qualidade, a cor é o mais atrativo para o consumidor, variando entre as espécies e as cultivares. (Chitarra & Chitarra, 2005, Musa, 2017).

Os compostos fenólicos, juntamente com as antocianinas, estão intimamente relacionados com as características farmacológicas das frutas por apresentarem benefícios como atividades anticâncer e anti-inflamatória e atuar como antioxidantes, eliminando espécies de oxigênio reativo (Chaves, Calvete & Reginatto, 2017).

O cultivo semi-hidropônico por reduzir os riscos fitossanitários aos quais as plantas estão expostas, aliado às cultivares e a origem das mudas são fatores determinantes para o sucesso das cultivares de morangueiro, porque esses fatores podem contribuir para a qualidade da fruta (Diel et al., 2018).

A cultivar utilizada é o fator mais importante envolvido na determinação da qualidade pós-colheita, por apresentar em morangos maduros grandes variações na firmeza e no conteúdo de antocianinas, compostos fenólicos, ácido cítrico e alguns açúcares (sacarose, frutose e glicose) (Cordenunsi, Nascimento & Lajolo, 2003; Ornelas-Paz et al., 2013). As principais cultivares de morango utilizadas no Brasil são provenientes de programas de melhoramento da Universidade da Califórnia nos Estados Unidos, das quais encontra-se Albion e San Andreas (Zeist & Resende, 2019).

Lançada comercialmente em 2004, pela Universidade da Califórnia (Davis), a cultivar Albion (cultivar de dia neutro) apresenta arquitetura de planta mais aberta, o que facilita a colheita, com poucos picos de produção, tem melhor sabor do que outras variedades de dia neutro (Antunes & Oliveira, 2016). A cultivar San Andreas (cultivar de dia neutro) é proveniente da Universidade da Califórnia lançada comercialmente em 2008, por cruzamento entre Albion e uma seleção. Apresenta frutas vermelhas, com firmeza e sabor semelhantes à ‘Albion’ e com polpa mais escura, a planta é mais vigorosa que Albion (Antunes & Oliveira, 2016).

Para o cultivo sem solo do morangueiro existem diversas formulações de soluções nutritivas recomendadas. Entretanto, uma vez que a absorção de nutrientes varia com a cultivar, o estágio de

75 desenvolvimento e as condições climáticas, entre outros fatores, não existem formulações específicas para
76 cada espécie vegetal (Portela, Peil, Rodrigues, Ferreira & Marques, 2012 b).

77 Tanto o crescimento e a produtividade, como a qualidade organoléptica das frutas segundo
78 resultados da literatura são afetados pela concentração da solução nutritiva. Os limites de condutividade
79 elétrica das soluções nutritivas considerados os mais favoráveis à produtividade e à qualidade dos morangos
80 são de 1,4 a 1,8 dS m⁻¹ em cultivo com substrato (Giménez, Andriolo & Gogoi, 2008). O crescimento, a
81 produtividade e o tamanho das frutas aumentam com valores da condutividade elétrica abaixo de 1,4 dS m⁻¹,
82 porém, o teor de açúcares é reduzido, para cultivo em substrato (Andriolo et al.,2009; Portela, Peil &
83 Rombaldi, 2012 a).

84 Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes cultivares e soluções nutritivas
85 nas propriedades físico-químicas e fitoquímicas de morangos de plantas cultivadas em sistema de produção
86 sem solo.

87

88 **Material e métodos**

89

90 As frutas utilizadas no experimento foram provenientes de plantas cultivadas em casa de vegetação,
91 na área experimental pertencente à Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, latitude de 31°40' Sul e
92 longitude 52°26' Oeste, com 60m de altitude. A casa de vegetação era coberta com filme polietileno
93 transparente densidade (150 µm de espessura). As temperaturas médias mensais durante todo o período de
94 condução do experimento, 2018 e 2019, ficaram entre 12 e 25 ° C.

95 Foram utilizadas mudas de raiz nua das cultivares Albion e San Andreas, oriundas da Patagônia, na
96 Argentina, sendo transplantadas em 04 de julho de 2018. O sistema de cultivo adotado foi sem solo
97 recirculante (sem perdas de água e nutrientes), com calhas de madeira como leito de cultivo, medindo 7m de
98 comprimento, 0,2m de largura e 0,15m de altura, contendo casca de arroz carbonizada.

99 As calhas foram revestidas com filme de polietileno dupla-face branco e preto de baixa densidade
100 (200µm de espessura), sendo colocado o lado preto para cima e o branco para baixo. Os canais de cultivo
101 foram preenchidos com casca de arroz carbonizada e, após, colocou-se novamente o plástico com o lado
102 branco para cima, para evitar o aquecimento e a entrada de luz no substrato. As calhas foram mantidas a 1m
103 de altura do nível do solo e apoiadas em estacas de madeira, com uma declividade de 3%, visando à
104 drenagem da solução nutritiva e retorno para o reservatório.

105 As mudas foram dispostas em linhas simples com espaçamento de 20cm entre plantas, e uso de uma
106 fita gotejadora com espaçamento de 30cm entre gotejadores logo abaixo do filme de polietileno, na
107 proporção de uma fita gotejadora para cada leito de cultivo. A fertirrigação foi fornecida diariamente as
108 plantas com o uso de temporizador digital Bivolt Exatron em seis pulsos diários de sete minutos com
109 intervalos de três horas, realizado das 06h00 da manhã até as 21h00 da noite, com vazão de 20mL por
110 minuto em cada gotejo. As soluções nutritivas utilizadas estão descritas na Tabela 1.

111 A solução 1 (SN 1) foi formulada com base em soluções nutritivas utilizadas por produtores de
112 morango em sistema de cultivo sem solo da região de Pelotas-RS, a solução 2 (SN 2) com base na solução

113 proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004), a solução 3 (SN 3) com base na solução proposta por
114 Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018) e a solução 4 (SN 4), é uma solução comercial
115 utilizada na região de Pelotas-RS. O conteúdo de micronutrientes foi padronizado para as soluções nutritivas
116 1, 2 e 3, com a seguinte composição em (mg L⁻¹): 1,44 de Fe; 0,5 de Mn; 0,68 de Zn; 0,42 de B; 0,72 de Cu;
117 0,007 de Mo; e a solução nutritiva 4, possui em sua composição os micronutrientes necessários para o
118 desenvolvimento da cultura, porém não são especificados no rótulo do produto as quantidades utilizadas de
119 cada micronutriente, mas a quantidade de micronutrientes geralmente é baixa e não costuma variar muito
120 entre as soluções.

121 O pH e a condutividade elétrica foram monitorados semanalmente durante o período de condução do
122 experimento, sendo o pH mantido entre 5,5 e 6,5 e a condutividade elétrica entre 1,2 e 1,5 dS m⁻¹. Para
123 redução de possíveis inóculos de doenças e melhor circulação de ar no interior das plantas, mensalmente,
124 retirava-se folhas secas e doentes. Utilizou-se o controle químico para problemas fitossanitários de forma
125 curativa, sempre utilizando produtos registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e
126 indicados para a cultura.

127 As frutas foram colhidas maduras (com no mínimo 75% da epiderme com a coloração vermelha).
128 Amostras de dez frutas por repetição foram levadas para cada laboratório: o de fisiologia da pós-colheita
129 para realizar análises físico-químicas e o de Ciência e Tecnologia de Alimentos para realizar análises quanto
130 a presença de compostos bioativos, no mês de dezembro de 2018 e julho de 2019, respectivamente,
131 referentes ao primeiro e ao segundo ciclo de avaliação.

132 Amostra composta por dez frutas por repetição foram coletadas em outubro 2018 e outubro de 2019,
133 visando determinar o tamanho das frutas (diâmetro e a comprimento das frutas), mensurados com auxílio de
134 paquímetro digital 150mm, mt^x®, e os resultados expressos em milímetros (mm).

135 O conteúdo de sólidos solúveis (SS) foi determinado com auxílio de refratômetro digital (ATAGO
136 Palette PR-101-α), sendo os resultados expressos em °Brix. Acidez titulável (AT), avaliada por titulometria,
137 utilizando-se 2 mL de suco diluídos em 90mL de água destilada, cuja diluição foi titulada com solução de
138 hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1, e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico. Relação
139 SS/AT foi calculada através da razão entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

140 A coloração da epiderme foi obtida através de duas leituras em faces opostas da região equatorial da
141 superfície das frutas, utilizando o colorímetro Minolta 450, com iluminante D65, e abertura de 8mm, por
142 meio do sistema CIE-Lab, utilizando os parâmetros L* a* b*. Os valores a* e b* foram utilizados para
143 calcular o ângulo Hue ou matiz ($^{\circ}h^{*} = \tan^{-1} b^{*} \cdot a^{*-1}$).

144 A firmeza de polpa foi mensurada com o penetrômetro eletrônico TA-TX plus (Stable Micro
145 Systems Texture Technologies, Scarsdale NY) equipado com uma ponteira P2 (2mm), duas leituras foram
146 realizadas em faces opostas, na porção mediana da fruta, com os resultados expressos em Newton (N).

147 A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada através do método adaptado de Swain e
148 Hillis (1959), utilizando o reagente Folin-Ciocalteu e as leituras realizadas por meio de espectrometria no
149 comprimento de onda de 725nm, utilizou-se o ácido clorogênico como padrão para a curva de calibração.
150 Sendo o resultado expresso em mg de ácido clorogênico por 100g de amostra.

A determinação da atividade antioxidante total foi realizada através do método adaptado de Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), utilizando a solução do radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil). A absorbância foi medida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 515nm. O padrão Trolox foi utilizado para a curva de calibração e os resultados foram expressos em μg de equivalente trolox por 100g de amostra.

A quantificação das antocianinas totais foi realizada através do método adaptado de Fuleki e Francis (1968). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a uma absorbância de 535nm e 700nm. Cianidina-3-glicosídeo foi utilizado como padrão para a curva de calibração e os resultados foram expressos em μg de equivalente cianidina-3-glicosídeo por 100g de amostra.

Em julho de 2019 foi realizada a coleta de amostras de folhas de cada parcela e enviadas ao Laboratório de análise foliar do departamento de solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel para realizar a quantificação de macronutrientes (expressos em g kg^{-1}) e micronutrientes (expressos mg kg^{-1}).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, constituído de um fatorial 4x2, quatro soluções nutritivas (SN 1, SN 2, SN 3 e SN 4) (parcela) e duas cultivares (Albion e San Andreas) (subparcela), com quatro repetições de 10 frutas por parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, realizando-se o teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5 % de probabilidade de erro. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014).

Resultados e discussão

Os valores adequados em folhas de morangueiro foram estipulados por Pauletti, Silveira e Martinazzo (2016), através de limites inferior e superior para cada nutriente. No presente estudo, os resultados do potássio, cálcio e ferro estão dentro dos limites. Já o nitrogênio, fósforo, e zinco estavam com os valores um pouco acima dos limites superiores: 25,0; 4,0; 50,0 respectivamente, e magnésio e cobre um pouco abaixo dos limites inferiores: 6,0; 5,0 respectivamente (Tabela 2). O magnésio e cobre são constituintes da molécula de clorofila estão envolvidos em processos relacionados ao crescimento da planta, como síntese proteica, respiração, fotossíntese, entre outros. Os valores abaixo dos limites inferiores, visualmente, não ocasionaram efeitos negativos nas plantas. E por estar abaixo dos limites inferiores para todas as soluções nutritivas, observa-se que esses dois nutrientes não afetaram nas propriedades físico-químicas e fitoquímicas dos morangos produzidos.

O diâmetro das frutas foi influenciado apenas pelo fator solução nutritiva no ciclo 2018 e o comprimento de fruta pelos fatores cultivar e solução nutritiva nos dois ciclos avaliados. O comprimento de fruta foi maior na cultivar San Andreas nos dois ciclos, 59,11mm em 2018 e 39,67mm em 2019, enquanto ‘Albion’ apresentou 56,03mm em 2018 e 36,59mm em 2019. Os resultados de Richter et al. (2017) corroboram com os obtidos nesse trabalho, no qual o comprimento de fruta na cultivar San Andreas foi de 44mm e na cultivar Albion de 41mm, ao analisar a produção de morangueiro em diferentes sistemas de

cultivo. O fator genético influencia diretamente no tamanho de fruta o que refletiu nas diferenças encontradas de diâmetro e comprimento de fruta entre as cultivares Albion e San Andreas nos dois estudos.

Com a SN 1, as frutas produzidas no ciclo 2018 apresentaram menor diâmetro (36,13mm) quando comparada com a SN 2 e SN 4, e menor comprimento (54,80mm) quando comparada com a SN 3 e SN 4 (Tabela 3). As plantas cultivadas sob essa solução tiveram menor desenvolvimento vegetativo e produtivo durante o período avaliado, resultando em frutas com tamanho menor, relacionado possivelmente a menor quantidade de nitrogênio fornecida e absorvida pelas plantas. Real et al. (2009) avaliando o efeito da adubação nitrogenada nos parâmetros de qualidade do morango, observaram que a menor concentração de nitrogênio fornecido as plantas ($0,3\text{mmol L}^{-1}$) apresentou frutas de menor tamanho (frutas com menos de 10g) em relação as maiores concentrações (3 e 6mmol L^{-1}) (frutas com massa de 10 a 22g). Os resultados corroboram, onde o fornecimento de nitrogênio as plantas, afeta diretamente no tamanho de fruta do morangueiro, quanto menor a quantidade fornecida, menor o tamanho de fruta obtida.

Em 2018 a SN 3, SN 4 e SN 2 apresentaram os maiores valores de comprimento de fruta 59,91; 59,58 e 55,99mm, respectivamente, quando comparadas com a SN 1. Já em 2019, a SN 3, SN 2 e SN 1 apresentaram os maiores valores (39,47; 39,18 e 37,81mm, respectivamente).

O teor de sólidos solúveis e potencial hidrogeniônico (pH) variaram nos dois anos conforme a interação entre as cultivares e as soluções nutritivas. Independente da solução nutritiva utilizada, a cultivar Albion apresentou maior teor de sólidos solúveis que a cultivar San Andreas (Tabela 4). Os resultados corroboram aos de Fagherazzi et al. (2017) que ao avaliar o desempenho produtivo e qualitativo de morangueiros, observaram que a cultivar Albion apresentou valores de teor de sólidos solúveis em (7,5 e $7,6^{\circ}\text{Brix}$) maiores que San Andreas ($7,0$ e $7,3^{\circ}\text{Brix}$).

O valor médio do teor de sólidos solúveis no ciclo 2019 foi de $6,05^{\circ}\text{Brix}$ enquanto que no ciclo 2018 foi de $7,84^{\circ}\text{Brix}$ para as duas cultivares. As condições climáticas de cada período de coleta das frutas, pode ter influenciado nos resultados de cada ciclo. Em 2018 as frutas foram colhidas em dezembro, com temperaturas médias em 22°C e precipitação mensal em 100mm enquanto que em 2019, a coleta foi no mês de julho onde temperaturas médias em 12°C e precipitação mensal em 179mm, conferindo menor acúmulo de açúcar nas frutas. Segundo Franco, Uliana e Lima (2017), dias nublados e chuvosos durante a produção, ocasionam redução na intensidade da fotossíntese fazendo com que a planta produza menos carbono líquido (açúcares), reduzindo o teor de sólidos solúveis nas frutas.

Os valores de pH em 2018, para a cultivar San Andreas, foi maior nas frutas das plantas que receberam a SN 3 (3,65), diferindo das demais soluções, enquanto que com a cultivar Albion foi com a SN 4 (3,55) ou da SN 1 (3,52) e SN 3 (3,55). Já em 2019 o pH não diferiu entre as soluções nutritivas para a cultivar San Andreas, enquanto que para cultivar Albion foi maior quando forneceu-se aos morangueiros a SN 1 (3,49) não diferindo da SN 2 (3,48) e SN 3 (3,48) (Tabela 4). A variação nos resultados indica que os valores do pH são dependentes da interação cultivar, nutrição e condições climáticas. Costa, Ferreira, Benati, Cantillano e Antunes (2019) observaram essa diferença entre os dois ciclos avaliados, no primeiro, obtiveram pH de 3,47 para Albion e 3,58 para San Andreas, no segundo, pH de 3,56 para Albion e 3,43 para

225 San Andreas. Samykanno et al. (2013) verificaram que diferenças genotípicas entre as cultivares influenciam
226 na variação do pH da fruta.

227 A acidez titulável foi maior nos dois ciclos na cultivar Albion, em 2018 (0,95% ácido cítrico) e 2019
228 (0,88% ácido cítrico). Assim como a relação sólidos solúveis/ acidez titulável (SS/AT), que em 2019 foi de
229 7,87 e para cultivar San Andreas foi de 6,40. O equilíbrio entre os açúcares e a acidez na fruta é muito
230 importante para a aceitação pelo consumidor, estando relacionada com as características de cada cultivar
231 interagindo com as condições climáticas no sistema de cultivo (Tabela 5). Pádua et al. (2015) estudando o
232 comportamento de cultivares de morangueiro em dois locais no estado de Minas Gerais observaram essa
233 interação entre genótipo e ambiente. No município de Maria da Fé, encontraram menores valores para as
234 cultivares Aleluia (8,7) e Albion (11,5) enquanto em Inconfidentes as mesmas apresentaram os maiores
235 valores, Aleluia (15,5) e Albion (16,3).

236 Em 2018, a acidez titulável foi maior quando utilizou-se a SN 4 (0,97% ácido cítrico) não diferindo
237 da SN 1 (0,91% ácido cítrico), e em 2019 foi maior nas SN 1, 2 e 3 (0,88; 0,87 e 0,89% ácido cítrico)
238 (Tabela 5). Antunes, Cuquel, Zawadneak, Mogor e Resende (2014) relatam que para a aceitação do sabor do
239 morango, o máximo recomendado de acidez é de 0,8%. O que indica que a SN 4 proporciona frutas com
240 acidez dentro do valor recomendado (0,75%).

241 As soluções nutritivas não influenciaram nos resultados da relação SS/AT em 2018. Em 2019 as
242 frutas obtidas das plantas que receberam a SN 4 obteve a maior relação SS/AT (7,82) (Tabela 5). Segundo
243 Chitarra e Chitarra (2005), o valor de 8,75 é considerado o mínimo para que os morangos apresentem sabor
244 agradável. Os menores valores obtidos em 2019, abaixo dos 8,75, está ligado às condições climáticas na qual
245 as frutas se desenvolveram e maturaram em relação ao ciclo de 2018. Em 2019, a coleta das frutas ocorreu
246 no mês de julho, período de inverno com menores temperaturas (entre 7,9 e 17,2°C), o que favorece menor
247 acúmulo de açúcares e maior acidez.

248 Os resultados foram superiores aos encontrados por Antunes, Cuquel, Zawadneak, Mogor e Resende
249 (2014) com período de coleta também no inverno. Ao avaliar a qualidade pós-colheita de morangos
250 produzidos durante dois ciclos consecutivos, verificaram a relação SS/AT para a cultivar Albion de 4,41 e
251 para cultivar San Andreas de 3,53.

252 A firmeza de polpa garante a integridade da fruta por mais tempo após a colheita, sendo importante
253 sua determinação para identificar quais cultivares e soluções nutritivas proporcionam frutas com maior
254 firmeza de polpa. Para os dois ciclos de avaliação, a cultivar Albion apresentou frutas com maior firmeza que
255 a cultivar San Andreas (0,59N em 2018 e 0,69N em 2019) (Tabela 6). A interação entre o genótipo da
256 cultivar com o sistema de cultivo e a duração no fornecimento da solução nutritiva influenciaram no valor da
257 firmeza das frutas. Costa, Ferreira, Benati, Cantillano e Antunes (2019), trabalhando em sistema sem solo
258 fechado semelhante às condições desse trabalho, obtiveram maior firmeza para cultivar San Andreas (0,87 e
259 0,54 N) em relação a Albion (0,61 e 0,58N) nos dois ciclos. Eles forneceram maior frequência da solução
260 nutritiva por dia, chegando a 120 minutos, enquanto nosso trabalho fornecia-se 42 minutos.

261 As soluções nutritivas, em 2018, não influenciaram sobre a firmeza de polpa, porém em 2019, a SN
262 4 apresentou frutas com maior firmeza (0,68N) não diferindo da SN 1 (0,67N) e SN 3 (0,66N) (Tabela 6). Os

resultados são próximos ao encontrado por Villarreal, Rosli, Martinez e Civello (2008), que obtiveram 0,74N para frutas da cultivar Toyonaka colhidas com 100% de cor vermelha na epiderme, indicando que para a avaliação se coletassem frutas 100% maduras.

A cultivar San Andreas produziu frutas com coloração da epiderme 35,33°Hue em 2018 e 35,79°Hue em 2019 e 'Albion' 33,16 °Hue em 2018 e 34,79°Hue em 2019. Costa, Ferreira, Benati, Cantillano e Antunes (2019) também observaram os maiores valores com a cultivar San Andreas (37,24 e 30,25°Hue) em relação a cultivar Albion (35,65 e 27,95°Hue) nos dois ciclos de avaliação, ao verificarem parâmetros qualitativos de morangueiros de dias neutros produzidos em cultivo sem solo.

O menor valor de °Hue confere às frutas de 'Albion' coloração vermelho mais intenso em relação a 'San Andreas'. Segundo Castricini, Dias, Martins e Santos (2017), o valor 0° corresponde à cor vermelha e o 90°, à amarela. Assim, quanto mais próximo de 0° Hue, as frutas apresentam coloração vermelho intenso. Os resultados estão de acordo com as características descritas por Antunes e Oliveira, (2016), que as frutas da cultivar San Andreas apresenta frutas vermelhas com tonalidade mais amarelada que 'Albion'.

A SN 4 apresentou frutas com maior coloração em 2018 (35,15°Hue) não diferindo das SN 1 (34,10°Hue) e SN 2 (34,21°Hue). Já em 2019, as plantas que receberam a SN 2 produziram frutas com coloração mais intensa (36,25°Hue) não diferindo da SN 1 (35,69°Hue) (Tabela 6). Os maiores valores de cor em frutas sob as SN 1 e 2 nos dois ciclos pode estar relacionado com a maior absorção de potássio pelas plantas (30,07 e 30,24g Kg⁻¹, respectivamente) (Tabela 2). Segundo Gonçalves et al. (2019) o potássio desempenha muitas funções na planta, entre elas, melhorar a coloração vermelha na epiderme das frutas, por atuar como cofator para enzimas específicas da formação dos pigmentos.

As frutas da cultivar San Andreas apresentaram maior quantidade de compostos fenólicos que a cultivar Albion, onde os valores encontrados para os dois anos ficaram acima das 324mg do equivalente ácido clorogênico 100g⁻¹ massa fresca (Tabela 7).

Os valores são superiores aos encontrados por Franco, Uliana e Lima (2017), que ao testar o posicionamento de slab e densidade de plantio nas características físicas e químicas da cultivar San Andreas, observaram 219,15mg 100g⁻¹ de amostra na posição vertical do slab e 207,98mg 100g⁻¹ de amostra na posição horizontal do slab. Demonstrando que o genótipo expressa diferentes resultados na composição nutricional conforme o sistema de cultivo em que é exposto. Cordeiro et al. (2019) não observaram diferenças na composição de compostos fenólicos para a cultivar Albion (146,61mg ac. gálico 100g⁻¹) e San Andreas (150,82mg ac. gálico 100g⁻¹) utilizando o sistema convencional no solo.

A SN 1 proporcionou frutas com maior acúmulo de compostos fenólicos em 2018 (363,64mg do equivalente ácido clorogênico 100g⁻¹ massa fresca). Em 2019 a SN 3 apresentou frutas com maior quantidade de compostos fenólicos (354,25mg do equivalente ácido clorogênico 100g⁻¹ massa fresca) não diferindo da SN 4 com 323,47mg do equivalente ácido clorogênico 100g⁻¹ massa fresca). Segundo Bonfim, Lima, Vianelo e José (2017) o teor dos compostos fenólicos presentes nas frutas é amplamente influenciado por fatores genéticos, condições ambientais além do grau de maturação da fruta. O que explica a variação encontrada no acúmulo de compostos fenólicos nas frutas entre as soluções nutritivas de um ciclo para outro.

O conteúdo de antocianinas totais foi maior na cultivar Albion sendo que em 2019 as frutas apresentaram 56,75mg equivalente cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ massa fresca enquanto que as frutas da cultivar San Andreas apresentaram 45,66mg equivalente cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ massa fresca. Em 2018 o efeito da solução nutritiva sobre o conteúdo de antocianinas totais não foi significativo. Em 2019, plantas que receberam a SN 4 produziram frutas com maior conteúdo de antocianinas totais, 69,77mg equivalente cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ massa fresca diferindo das demais soluções nutritivas (Tabela 7).

Este resultado pode estar relacionado com maior absorção de manganês pelas plantas com a SN 4 (356,52mg Kg⁻¹) (Tabela 2). Segundo Pacheco et al. (2007) o excesso de manganês pode induzir a deficiência de cálcio e ferro nas plantas, por diminuir a translocação do cálcio e competir em nível celular com o Fe. Valentinuzzi et al. (2014) avaliando o conteúdo de compostos bioativos em morangos cultivados com deficiência de ferro e fósforo, concluíram que plantas de morangueiro sob deficiência de ferro apresentaram maiores concentrações de antocianinas.

A maior atividade antioxidante se fez presente em frutas da cultivar San Andreas nos dois anos, 977,67µg equivalente trolox g⁻¹ de massa fresca em 2018 e 962,24µg equivalente trolox g⁻¹ de massa fresca em 2019. Domingues et al. (2018) não observaram diferença na atividade antioxidante entre as cultivares de morango, 47,87% para a cultivar Albion e 48,93% para a cultivar San Andreas. Ao estudar a influência do genótipo e das condições ambientais na atividade antioxidante dos morangos, Gunduz e Ozdemir (2014) relataram que o efeito do genótipo foi maior que o das condições de cultivo.

A SN 1 proporcionou frutas com maior atividade antioxidante em 2018 (1029,86µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca) não diferindo da SN 4 (916,05µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca). Em 2019 a SN 3 produziu frutas com maior atividade antioxidante (1011,49µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca) não diferindo das SN 1 (965,84µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca) e SN 4 (929,85µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca) (Tabela 7). Os maiores valores da atividade antioxidante foram obtidos nos dois ciclos com as SN 1 e SN 4 em função da maior quantidade de fósforo fornecida. Além de estar envolvido com o processo de maturação das frutas e acúmulo de antocianinas segundo Duchon e Nachtigall (2007).

As frutas obtidas com a SN 2 apresentam menor quantidade de compostos fenólicos, antocianinas totais e atividade antioxidante nos dois anos se comparado com as demais soluções nutritivas. Sendo aspecto negativo quando se busca frutas com maiores benefícios a saúde do consumidor.

Conclusões

A concentração de sólidos solúveis e a atividade antioxidante de frutas de morangueiro cultivados em sistema sem solo dependem do material genético cultivado. A cultivar Albion apresenta frutas com maior firmeza, maior teor de sólidos solúveis e maior conteúdo de antocianinas totais, enquanto a cultivar San Andreas apresenta frutas com coloração mais intensa da epiderme e maior atividade antioxidante. O conteúdo de antocianinas das frutas de morangueiro depende das soluções nutritivas utilizadas. Enquanto que a firmeza de polpa e coloração das frutas dependem da cultivar e das soluções nutritivas. Com a utilização da SN2 as frutas apresentam menor firmeza de polpa, enquanto que fornecendo-se a SN 3 às plantas, os morangos apresentam menor coloração da epiderme.

338 **Agradecimentos**

339 Os autores agradecem a Embrapa Clima Temperado pelo apoio em infraestrutura para a execução
340 deste estudo e a Capes e ao CNPq pela concessão de bolsas de estudo.

342 **Referências bibliográficas**

344 Andriolo, J.L., Jänisch, D.I., Schmitt, O.J., Vaz, M.A.B., Cardoso, F.L., & Erpen, L. (2009). Concentração
345 da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro.
346 *Ciência Rural*, 39 (3), 684-690. doi: 10.1590/S0103-84782009005000008 .

348 Antunes, M.C., Cuquel, F.L., Zawadneak, M.A.C., Mogor, A.F., & Resende, J.T.V. (2014). Postharvest
349 quality of strawberry produced during two consecutive seasons. *Horticultura Brasileira*, 32 (2), 168-173.
350 doi: 10.1590/S0102-05362014000200008.

352 Antunes, L.E.C. & Oliveira, A.C.B. (2016). Melhoramento genético e principais cultivares. In: *Morangueiro*,
353 Brasília, 589 p.

355 Bomfim, M.P., Lima, G.P.P., Vianelo, F., & José, A.R.S. (2017). Characterization of bioactive compounds in
356 fruits and vegetables purchased in the Padova-Itália. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*.18
357 (2), 1-14.

359 Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate
360 antioxidante activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 28, 25-30. doi.org/10.1016/S0023-
361 6438(95)80008-5.

363 Castricini, A., Dias, M.S.C., Martins, R.N., & Santos, L.O. (2017). Morangos produzidos no semiárido de
364 Minas Gerais: qualidade do fruto e da polpa congelados. *Brazilian Journal of Food Technology*,
365 20, e2016149. doi: 10.1590/1981-6723.14916.

367 Chaves, V.C., Calvete, E., & Reginatto, F.H. (2017). Quality properties and antioxidant activity of seven
368 strawberry (*Fragaria x ananassa* duch) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 225, 293-298.
369 doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.013.

371 Chitarra; M.I.F. & Chitarra, A.B. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. UFLA,
372 Lavras.

373

- 374 Cordeiro, E.C.N., Resende, J.T.V., Córdova, K.R.V., Nascimento, D.A., Saggin Júnior, O.J., Zeist, A.R., &
375 Favaro, R. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi action on the quality of strawberry fruits. *Horticultura*
376 *brasileira*, 37 (4), 437-444.
- 377
- 378 Cordenunsi, B. R., Nascimento, J.R.O., & Lajolo, F.M. (2003). Physico-chemical changes related to quality
379 of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry*, 83, 167-173. doi: 10.1016/S0308-
380 8146(03)00059-1
- 381
- 382 Costa, S.I., Ferreira, L.V., Benati, J.A., Cantillano, R.F.F., & Antunes, L.E.C. (2019). Parâmetros
383 qualitativos de morangueiros de dias neutros produzidos em cultivo sem solo. *Revista Engenharia na*
384 *Agricultura*, 27 (6), 481-489. doi: 10.13083/reveng.v27i6.952
- 385
- 386 Diel, M.I., Pinheiro, M.V.M., Thiesen, L.A., Altíssimo, B.S., Holz, E., & Schmidt, D. (2018). Cultivation of
387 strawberry in substrate: Productivity and fruit quality are affected by the cultivar origin and substrates.
388 *Ciência e Agrotecnologia*, 42 (3), 229-239. doi: 10.1590/1413-70542018423003518.
- 389
- 390 Domingues, A.R., Vidal, T.C.M., Hata, F.T., Ventura, M.U., Gonçalves, L.S.A., & Silva, J.B. (2018).
391 Postharvest quality, antioxidant activity and acceptability of strawberries grown in conventional and organic
392 systems. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, e2017154. doi: 10.1590/1981-6723.15417.
- 393
- 394 Duchen, A.R., & Nachtigall, G.R. (2007). Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: *Fertilidade do*
395 *solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. p.91-132.
- 396
- 397 Fagherazzi, A.F., Richter, A., Fagherazzi, M., Magro, M., Meyer, G., & Rufato, L. (2017). Desempenho
398 produtivo e qualitativo de morangueiros submetidos a dois tipos de mulching. *Revista da 14ª Jornada de*
399 *Pós-Graduação e Pesquisa*, 14 (14), 1192-1199.
- 400
- 401 Ferreira, D.F. (2014). Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e*
402 *Agrotecnologia*, 38 (2), 109-112. doi: 10.1590/S1413-70542014000200001.
- 403
- 404 Franco, E.O., Uliana, C., & Lima, C.S.M. (2017). Características físicas e químicas de morango ‘San
405 Andreas’ submetido a diferentes posicionamentos de slab, densidades de plantio e meses de avaliação.
406 *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18 (2).
- 407
- 408 Fuleki, T., & Francis, F. J. (1968). Quantitative methods for anthocyanins 1. Extraction and determination of
409 total anthocyanin in cranberries. *Journal of Food Science*, 33 (1), 72-77. doi: 10.1111/j.1365
410 2621.1968.tb00887.x
- 411

- 412 Furlani, P.R., & Fernandez Júnior, F. (2004). *Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido*. In:
 413 Simpósio Nacional do Morango & Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, Embrapa,
 414 Pelotas, p.102-115. (Documentos 124).
 415
- 416 Giménez, G., Andriolo, J.L., & Godoi, R. (2008). Cultivo sem solo do morangueiro. *Ciência Rural*, 38 (1),
 417 273-279. doi.org/10.1590/S0103-84782008000100048.
 418
- 419 Gonçalves, G.K., Mendes, F.B., Guedes, K.S., Birck, V., Galarza, R.M., Falcão, F.V., Lara, R.F., & Oliveira,
 420 A.I. (2019). Utilização do granodiorito gnáissico como fonte de potássio na produção de morango. *Brazilian*
 421 *Journal Of Development*, 5 (10), 22073-22087. Doi: 10.34117/bjdv5n10-339.
 422
- 423 Gunduz, K., & Ozdemir, E. (2014). The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity,
 424 phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. *Food Chemistry*, 155, 298-303. doi:
 425 10.1016/j.foodchem.2014.01.064.
 426
- 427 Musa, C.I. (2017). *Caracterização físico-química de morangos de diferentes cultivares em sistemas de*
 428 *cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS*. Tese de Doutorado, Universidade do Vale do Taquari,
 429 Lageado, RS, Brasil. 160 f.
 430
- 431 Ornelas-Paz, J.J., Yahia, E.M., Bustamante, N.R., Martínez, J.D.P., Minakata, M.P.E., Junquera, V.I., Muñiz,
 432 C.A., Prieto, V.G., & Reyes, E.O. (2013). Physical attributes and chemical composition of organic
 433 strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. *Food Chemistry*, 138 (1),
 434 372-381. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.11.006.
 435
- 436 Pacheco, D.D., Dias, M.S.C., Antunes, P.D., Ribeiro, D.P., Silva, J.J.C., & Pinho, D.B. (2007). Nutrição
 437 mineral e adubação do morangueiro. *Informe Agropecuário*, 28 (336), p.40-49.
 438
- 439 Pádua, J.G., Rocha, L.C.D.; Gonçalves, E.D.; Araújo, T.H., Carmo, E.L.; & Costa, R. (2015).
 440 Comportamento de cultivares de morangueiro em Maria da Fé e Inconfidentes, sul de Minas Gerais. *Revista*
 441 *Agrogeoambiental*, 7 (2), 69-79. doi: 10.18406/2316-1817v7n22015543.
 442
- 443 Pauletti, V., Silveira, C.A.P., & Martinazzo, R. (2016). Fertilidade do solo e nutrição. In: *Morangueiro*.
 444 Embrapa, Brasília. 589p.
 445
- 446 Peil, R.M.N., Marques, G.N., & Signorini, C.B. (2018). Cultivo do morangueiro em substrato: aspectos
 447 técnicos e ambientais de sistemas abertos e fechados. In: Anais de palestras e artigos premiados no XI
 448 Encontro Brasileiro de Hidroponia e III Simpósio Brasileiro de Hidroponia. Tribo da Ilha, Florianópolis, p.
 449 24-50.

450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485

- Portela, I.P., Peil, R.M.N., & Rombaldi, C.V. (2012 a). Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. *Horticultura Brasileira*, 30 (2), 266-273.
- Portela, I.P., Peil, R.M.N., Rodrigues, S., Ferreira, L.V., & Marques, G.N. (2012 b). Crescimento e produtividade de morangueiro em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva em sistema hidropônico NFT. *Horticultura Brasileira*, 30, 3727-3734.
- Real, L.O., Lobit, P., Navarro, R.C., Cabrera, O.G., Rodríguez, R.F., Cantero, E.V., & Rodríguez, L.M. (2009). Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria×ananassa*Duch. cv. Aromas). *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 89 (6), 935-939. doi: 10.1002/jsfa.3531.
- Richter, A., Faguerazzi, A.F., Zanin, D.S., Silva, P.S., Arruda, A.L., & Tilwitz, K.V. (2017). Produção de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo. *Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa*, 14 (14), 2307-2314.
- Samykanno, K., Pang, E., & Marriott, P.J. (2013). Genotypic and environmental effects on flavor attributes of ‘Albion’ and ‘Juliette’ strawberry fruits. *Scientia Horticulturae*, 164, 633-642. Doi: 10.1016/j.scienta.2013.09.001
- Sonneveld, C., & Straver, N. (1994). Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates. *The Netherlands, proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk*. n.8, 45p. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw).
- Swain, T.; & Hillis, W.E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica* L. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of Science and Food Agriculture*. 10 (1), 63-68. doi: 10.1002/jsfa.2740100110
- Valentinuzzi, F., Mason, M., Scampicchio, M., Andreotti, C., Cesco, S., & Mimmo, T. (2014). Enhancement of the bioactive compound content in strawberry fruits grown under iron and phosphorus deficiency. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 95 (10), 2088-2094. doi: 10.1002/jsfa.6924.
- Villarreal, N.M., Rosli, H.G., Martínez, G.A., & Civello, P. M. (2008). Polygalacturonase activity and expression of related genes during ripening of strawberry cultivars with contrasting fruit firmness. *Postharvest Biology and Technology*, 47 (2), 141-150. doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.06.011.

Wang, J., Wang, J., Ye, J., Vanga, S.K., & Raghavan, V. (2019). Influence of high-intensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: Profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure. *Food Control*, 96, 128-136. Doi: 10.1016/j.foodcont.2018.09.007.

Wietzke, A., Westphal, C., Gras, P., Kraft, M., Pfohl, K., Karlovsky, P., Pawelzika, E., Tschardtke, T. & Smit, I. (2018). Insect pollination as a key factor for strawberry physiology and marketable fruit quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 258, 197-204. doi: 10.1016/j.agee.2018.01.036.

Zeist, A.R., & Resende, J.T.V. (2019). Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. *Horticultura Brasileira*, 37 (1), 7-16. Doi: 10.1590/s0102-053620190101.

TABELAS

Tabela 1. Composição de macronutrientes das diferentes soluções nutritivas utilizadas durante a fase de produção de frutas de morangueiro, nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Solução nutritiva	Composição de nutrientes (mmol L ⁻¹)						
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
SN 1	3,05	2,94	2,36	0,28	5,23	1,38	1,22
SN 2	9,98	1,50	1,00	0,53	5,66	2,65	1,0
SN 3	9,99	1,28	2,48	0,75	5,98	2,92	1,83
SN 4	8,94	2,97	1,15	3,36	5,43	1,95	0,76

Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas).

Tabela 2. Teores médios de macronutrientes (em gramas por quilo) e micronutrientes em (miligramas por quilo) em folhas de plantas de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Solução Nutritiva	MACRONUTRIENTES (g Kg ⁻¹)					MICRONUTRIENTES (mg Kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
SN 1	24,84	6,82	30,07	10,59	3,74	2,87	83,99	116,19	166,78
SN 2	30,40	6,82	30,24	12,60	3,45	1,94	55,97	101,30	98,07
SN 3	28,42	6,77	29,15	11,18	4,68	1,87	59,24	90,00	172,95
SN 4	28,95	7,57	28,22	10,91	4,30	1,54	49,62	93,04	356,52

Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas). N (nitrogênio); P (fósforo); K (Potássio); Ca (Cálcio); Mg (Magnésio); Cu (Cobre); Zn (Zinco); Fe (Ferro); Mn (Manganês).

Tabela 3. Diâmetro e comprimento de frutas de cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Cultivares	Diâmetro de fruta (mm)		Comprimento de fruta (mm)	
	Ciclo 2018	Ciclo 2019	Ciclo 2018	Ciclo 2019
Albion	39,54 ^{ns}	28,30 ^{ns}	56,03 b	36,59 b
San Andreas	40,75	30,41	59,11 a	39,67 a
Solução Nutritiva				
SN 1	36,13 b	27,84 ^{ns}	54,80 b	37,81 ab
SN2	41,25 a	31,28	55,99 ab	39,18 a
SN 3	40,50 ab	30,60	59,91 a	39,47 a
SN 4	42,70 a	27,71	59,58 a	36,06 b
Média	40,14	29,36	57,57	38,13
CV a (%)	6,88	15,84	3,77	6,28
CV b (%)	8,34	12,30	5,56	5,25

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo; mm: milímetros, soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas) CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 4. Sólidos solúveis (SS) e potencial hidrogeniônico (pH), de frutas de cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Ciclo 2018	SS (°Brix)		pH	
	Cultivar		Cultivar	
Solução Nutritiva	Albion	San Andreas	Albion	San Andreas
SN 1	7,82 a B	7,52 b A	3,52 a AB	3,52 a B
SN 2	8,40 a A	7,10 b B	3,51 a B	3,53 a B
SN 3	7,85 a B	7,87 a A	3,54 b AB	3,65 a A
SN 4	8,30 a A	7,87 b A	3,55 a A	3,55 a B
Média Geral	7,84		3,55	
CV a (%)	4,20		0,98	
CV b (%)	4,29		0,87	

Ciclo 2019	SS (°Brix)		pH	
	Cultivar		Cultivar	
Solução Nutritiva	Albion	San Andreas	Albion	San Andreas
SN 1	6,95 a AB	4,80 b B	3,49 a A	3,42 b A
SN 2	6,87 a AB	4,97 b B	3,48 a AB	3,45 b A
SN 3	7,12 a A	5,87 b A	3,48 a AB	3,41 b A
SN 4	6,55 a B	5,27 b B	3,44 a B	3,41 a A
Média Geral	6,05		3,45	
CV a (%)	6,89		0,88	
CV b (%)	4,90		0,52	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo; soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas); CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 5. Acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de frutas de cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Cultivares	AT (% ácido cítrico)		SS/AT	
	Ciclo 2018	Ciclo 2019	Ciclo 2018	Ciclo 2019
Albion	0,95 a	0,88 a	8,53 ^{ns}	7,87 a
San Andreas	0,88 b	0,82 b	8,66	6,40 b
Solução Nutritiva				
SN 1	0,91 ab	0,88 a	8,41 ^{ns}	6,64 c
SN 2	0,90 b	0,87 a	8,64	6,76 c
SN 3	0,88 b	0,89 a	9,00	7,33 b
SN 4	0,97 a	0,75 b	8,31	7,82 a
Média	0,92	0,85	8,59	7,14
CV a (%)	4,22	4,40	5,46	6,12
CV b (%)	6,19	3,72	7,06	3,59

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo; Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas); CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

Tabela 6. Firmeza de polpa e coloração da epiderme (Cor) de frutas de cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Cultivares	FIRMEZA DE POLPA (N)		COR (°Hue)	
	Ciclo 2018	Ciclo 2019	Ciclo 2018	Ciclo 2019
Albion	0,59 a	0,69 a	33,16 b	34,60 b
San Andreas	0,48 b	0,61 b	35,33 a	35,79 a
Solução Nutritiva				
SN 1	0,54 ^{ns}	0,67 a	34,10 ab	35,69 ab
SN 2	0,48	0,59 b	34,21 ab	36,25 a
SN 3	0,55	0,66 ab	33,51 b	34,59 b
SN 4	0,57	0,68 a	35,15 a	34,24 b
Média	0,54	0,65	34,34	35,19
CV a (%)	12,51	9,81	4,93	3,21
CV b (%)	12,53	8,47	2,91	2,79

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo, N: Newton; Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas); CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b: coeficiente de variação da subparcela.

656 **Tabela 7.** Compostos fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antioxidante total de frutas de
 657 cultivares de morangueiro estabelecidas no sistema de cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas no
 658 ciclo 2018 e 2019. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Cultivares	Compostos fenólicos ¹		Antocianinas totais ²		Atividade antioxidante ³	
	Ciclo 2018	Ciclo 2019	Ciclo 2018	Ciclo 2019	Ciclo 2018	Ciclo 2019
Albion	280,24 b	304,42 ^{ns}	70,30 ^{ns}	56,75 a	808,66 b	930,93 ^{ns}
San Andreas	341,05 a	324,93	65,44	45,66 b	977,67 a	962,24
Solução						
Nutritiva						
SN 1	363,64 a	295,28 b	63,53 ^{ns}	47,80 b	1029,86 a	965,84 ab
SN 2	282,02 b	285,71 b	65,34	35,41 b	789,80 b	879,16 b
SN 3	285,44 b	354,25 a	75,47	51,85 b	817,09 b	1011,49 a
SN 4	311,47 b	323,47 ab	67,14	69,77 a	916,05 ab	929,85 ab
Média	310,64	314,67	67,87	51,21	888,22	946,58
CV a (%)	12,32	12,74	23,40	24,12	10,92	11,28
CV b (%)	7,93	16,13	19,35	26,86	13,45	9,30

659 Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a
 660 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo; Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de
 661 morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes
 662 Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4
 663 (solução comercial utilizada na região de Pelotas); CV a: Coeficiente de variação da parcela; CV b:
 664 coeficiente de variação da subparcela. ¹Compostos fenólicos totais expressos em mg do equivalente ácido
 665 clorogênico 100g⁻¹ massa fresca; ²Antocianinas totais expressas em mg equivalente cianidina-3-glicosídeo
 666 100g⁻¹ massa fresca; ³Atividade antioxidante total expressa em µg equivalente trolox g⁻¹ massa fresca.

667

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dependência na importação de mudas de morangueiro pela cadeia produtiva do morango, eleva os custos de produção e cria uma dependência desconfortável. Assim, é estratégico para o país inovar e desenvolver tecnologias de produção de mudas de morangueiro, assim como sistemas sustentáveis de produção. Além disso, há a necessidade de se produzir mudas com qualidade para se obter altas produções de frutas e realizar o plantio antecipado com o uso de mudas nacionais. Por exemplo, ao observarmos o plantio das mudas no estudo realizado, nos experimentos 1 e 2, com mudas nacionais, o plantio ocorreu nos meses de abril e maio. No experimento 3 com mudas importadas o plantio ocorreu no mês de julho.

O plantio antecipado é uma das vantagens do uso de mudas nacionais, além de ser uma alternativa viável ao produtor por expandir seu período produtivo durante o ano, já que as mudas importadas chegam na sua propriedade no período em que as mudas produzidas no Brasil já estariam produzindo, gerando renda nos meses de entressafra (onde há, baixa oferta de fruta ao consumidor e consequentemente maior valor por quilo da fruta).

Identificar o substrato e a quantidade de água mais adequados para se obter maiores ganhos de produção é importante para poder recomendar ao produtor, o mais adequado de acordo com o objetivo e disponibilidade de material existente em cada propriedade. De acordo com os trabalhos realizados é possível inferir que os substratos S1 e S2 proporcionam melhor desenvolvimento das plantas e maior produção de frutas em relação ao substrato S3.

Quanto aos volumes de irrigação, foi possível identificar que a produção não diferiu entre os volumes utilizados. O preparo de soluções nutritivas concentradas facilitou o manejo durante os ciclos de avaliação, pois não era necessário pesar os fertilizantes a cada ajuste da condutividade elétrica. As soluções 1, 2 e 3 foram preparadas a partir de sais enquanto que a solução 4 foi adquirida já na forma líquida.

A avaliação do desempenho agrônomo de cultivares com as diferentes soluções nutritivas, em sistema de cultivo sem solo permite identificar qual cultivar melhor se adapta ao sistema de cultivo, aliado às condições climáticas do ambiente de avaliação. No presente estudo, a cultivar San Andreas foi a que melhor se

adaptou quanto as soluções nutritivas, com maior produção de frutas em relação à cultivar Albion. Em relação às soluções nutritivas, deve haver um equilíbrio entre a produção de frutas e massa seca vegetativa, quanto aos custos de mão de obra. As SN 2 e SN 3 utilizadas nesse trabalho possibilitaram ganhos de produção acima dos 1,5kg por planta. Mas quanto a produção vegetativa, a SN 3 produziu 25g de massa seca a menos por planta, que reflete em menor vigor das plantas em relação a SN 2, o que pode ser benéfico ao produtor de frutas, por demandar menor tempo para limpeza das plantas e obter boas produções de frutas utilizando a SN mais adequada.

O uso de cultivares de dias neutros (Albion e San Andreas, por exemplo) no sistema sem solo possibilita a produção continuada ao longo do ano, com produção de frutas inclusive em períodos de menor oferta e maior valor por quilo da fruta, reduzindo os custos por manter as plantas por mais de um ciclo de cultivo e economia pela redução no consumo de água e nutrientes ao usar sistema fechado com recirculação de solução nutritiva e consequentemente gerando maior retorno econômico.

Novos estudos devem ser realizados, avaliando-se o desempenho agrônomo de mudas nacionais e outras cultivares importadas (lançadas nos últimos anos, utilizadas pelos produtores de morango, por exemplo, cultivar Frontera) com estas mesmas soluções nutritivas. Será importante avaliar a interação de outros substratos e frequências de irrigação em outras regiões de produção de morango, para identificar os ideais para a condição climática de cada região produtora. Avaliar outras concentrações de prohexadione cálcio em mudas de morangueiro, quando objetivar diferença de produção entre os materiais utilizados, visto que as concentrações que foram avaliadas não apresentaram efeito significativo sobre o número e produção de frutas.

11. REFERÊNCIAS

- ACUÑA-MALDONADO, L.E.; PRITTS, M.P. Carbon and nitrogen reserves in perennial strawberry affect plant growth and yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.133, n.6, p.735-742, 2008.
- ADAK, N.; GUBBUK, H.; TETIK, N. Yield, quality and biochemical properties of various strawberry cultivars under water stress. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v.98, n.1, p.304-311, 2017.
- AKHATOU, I.; RECAMALES, A.F. Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v.94, n.5, p.866-875, 2013.
- AKHATOU, I.; DOMÍNGUEZ, R.G.; RECAMALES, A.F. Investigation of the effect of genotype and agronomic conditions on metabolomic profiles of selected strawberry cultivars with different sensitivity to environmental stress. **Plant Physiology And Biochemistry**, v.101, p.14-22, 2016.
- AKHTAR, I.; RAB, A. Effect of irrigation intervals on the quality and storage performance of strawberry fruit. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v.25, n.3, p.669-678, 2015.
- AL-AJLOUNI, M.; AYAD, J.; OTHMAN, Y. Particle size of volcanic tuff improves shoot growth and flower quality of Asiatic hybrid lily using soilless culture. **HortTechnology**, v.27, n.2, p.223-227, 2017 a.
- AL-AJLOUNI, M.; OTHMAN, Y.; AL-QARALLAH, B.; AYAD, J. Using environmentally friendly substrate in soilless lily production. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v.15, n.1, p.34-38, 2017 b.
- ALSMAIRAT, N.G.; AL-AJLOUNI, M.G.; AYAD, J.Y.; OTHMAN, Y.A.; HILAIRE, R.S. Composition of soilless substrates affect the physiology and fruit quality of two strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.41, n.18, p.2356-2364, 2018.
- ANDRÉS, F.; PORRI, A.; TORTI, S.; MATEOS, J.; ROMERA-BRANCHAT, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, J.L.; FORNARA, F.; GREGIS, V.; KATER, M.M.; COUPLAND, J. Short vegetative phase reduces gibberellin biosynthesis at the Arabidopsis shoot apex to regulate the floral transition. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, v.111, n.26, p.2760-2769, 2014.
- ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; VAZ, M.A.B.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.684-690, 2009.
- ANDRIOLO, J.L. **Olericultura geral**. 3.ed. Santa Maria, RS: Ed. da UFSM, 96p. 2017.

ANTUNES, L.E.C.; PERES, N.A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**. v.13, n.1, p.156-161, 2013.

ANTUNES, M.C.; CUQUEL, F.L.; ZAWADNEAK, M.A.C.; MOGOR, A.F.; RESENDE, J.T.V. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.2, p.168-173, 2014.

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

ANTUNES, L.E.C.; OLIVEIRA, A.C.B. Melhoramento genético e principais cultivares. p.133-148. In: ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. (org). **Morangueiro**. Brasília: Embrapa, 2016. 589p.

ANTUNES, L.E.C.; FAGHERAZZI, A.F.; VIGNOLO, G.K. Morangos tem produção crescente. **Campo & Lavoura**, Anuário HF 2017, n.1, p.96-102, 2017.

ANTUNES, L.E.C.; BONOW, S.; JUNIOR, C.R. Morango, crescimento constante em área e produção. **Campo & Negócios**, Anuário HF 2020, n.1, p.88-93, 2020.

ASSIS, T.L.; CANESIN, R.C.F.S. Características fisiológicas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido em Cassilândia/MS. **Cultura Agrônômica**, v.24, n.3, p.235-244, 2015.

BARRETT, G.E., ALEXANDER, P.D., ROBINSON, J.S. AND BRAGG, N.C. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – a review. **Scientia Horticulturae**, v.212, p.220-234, 2016.

BARRETO, C.F.; PRICILA, S.S.; NAVROSKI, R.; BENATI, J.A.; NAVA, G.; ANTUNES, L.E.C. Deficiência de nutrientes com efeitos no desenvolvimento de morangueiros. **Scientia Agraria**, v.18, n.4, p.63-71. 2017.

BARRETO, C.F.; FERREIRA, L.V.; COSTA, S.I.; SCHIAVON, A.V.; BECKER, T.B.; VIGNOLO, G.K.; ANTUNES, L.E.C. 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.

BECKER, T.B.; GONÇALVES, M.A.; GOMES, S.R.; BARUZZI, G.; ANTUNES, L.E.C. Caracterização de frutas de morangueiro de genótipos italianos na região de Pelotas-RS. **Anais do VII Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas do Mercosul**, Pelotas, p.1-4, 2017.

BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; ANTUNES, L.E.C.; FREIRE, J.M. Sistema de Produção de Morango para Mesa na Região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste. **Embrapa Uva e Vinho**, Sistema de Produção 6, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/cultivares.htm>. Acesso em: 21 de janeiro de 2020.

BOMFIM, M.P.; LIMA, G.P.P.; VIANELO, F.; JOSÉ, A.R.S..Caracterização dos compostos bioativos em frutas e hortaliças adquiridas no comércio de Padova – Itália. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v.18, n.2, p.1-14, 2017.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BROGIO, B.A.; SILVA, S.R.; Cantuarias-Avilés, T.; ANGOLINI, S.F.; BAPTISTA, E.G.; RIBEIRO, R.V. Influence of gibberellin inhibitors applied during flowering of nonirrigated 'Hass' avocado trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.8, p.918-923, 2018.

CALVETE, E.O.; COSTA, R.C.; MENDONÇA, H.F.C.; CECATTO, A.P. Sistemas de produção fora de solo, cap.11, p.219-258. In: ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. (org). **Morangueiro**. Brasília: Embrapa, 2016. 589p.

CAO, F.; GUAN, C.; DAI, H.; LI, X.; ZHANG, Z.. Soluble solids content is positively correlated with phosphorus content in ripening strawberry fruits. **Scientia Horticulturae**, v.195, p.183-187, 2015.

CARRA, B.; FACHINELLO, J.C.; ABREU, E.S.; PASA, M.S.; SPAGNOL, D.; GIOVANAZ, M.A.; SILVA, C.P. Control of the vegetative growth of 'Shinseiki' pear trees by prohexadione calcium and root pruning. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.3, p.177-185, 2017.

CASTRICINI, A.; DIAS, M.S.C.; MARTINS, R.N.; SANTOS, L.O. Morangos produzidos no semiárido de Minas Gerais: qualidade do fruto e da polpa congelados. **Brazilian Journal Food Technology**, v.20, e2016149, 2017.

CECATTO, A.P.; CALVETE, E.O.; NIENOW, A.A.; COSTA, R.C.; MENDONÇA, H.F.C.; PAZZINATO, A.C. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.4, p.471-478, 2013.

CHAVES, V.C.; CALVETE, E.; REGINATTO, F.H. Quality properties and antioxidant activity of seven strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cultivars. **Scientia Horticulturae**, v.225, p.293-298, 2017.

CHITARRA; M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

COCCO, C.; ANDRIOLO, J.L.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L.; SCHMITT, O.J. Crown size and transplant type on the strawberry yield. **Scientia Agricola**, v.68, n.4, p.489-493, 2011.

COCCO, Carine. **Produção e qualidade de mudas e frutas de morangueiro no Brasil e na Itália**. 2014. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

COCCO, C.; GONÇALVES, M.A.; PICOLOTTO, L.; FERREIRA, L.V.; ANTUNES, L.E.C. Crescimento, desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com diferentes volumes de torrão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p.919-927, 2015.

COCCO, C.; GONÇALVES, M.A.; VIGNOLO, G.K.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L.E.C.; ALMEIDA, I.R. Produção de mudas. cap. 5, p.79-109. In: ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. (org). **Morangueiro**. Brasília: Embrapa, 2016. 589p.

CORDEIRO, E.C.N.; RESENDE, J.T.V.; CÓRDOVA, K.R.V.; NASCIMENTO, D.A.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; ZEIST, A.R.; FAVARO, R. Arbuscular mycorrhizal fungi action on the quality of strawberry fruits. **Horticultura brasileira**, v.37, n.4, p.437-444, 2019.

CORDENUNSI, B.R.; NASCIMENTO, J.R.O.; LAJOLO, F.M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, v.83, p.167-173, 2003.

COSTA, S.I.; FERREIRA, L.V.; BENATI, J.A.; CANTILLANO, R.F.F.; ANTUNES, L.E.C. Parâmetros qualitativos de morangueiros de dias neutros produzidos em cultivo sem solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.27, n.6, p.481-489, 2019.

DAL PICIO, M., ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; LERNER, M.A. Fruit yield of strawberry stock plants after runner tip production by different cultivars. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.3, p.375-379, 2013.

D'ANNA, F.; CARACCILOLO, G.; MONCADA, A.; PRINZIVALLI, C.S. Innovazioni varietali per la produzione siciliana. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, n.6, p.22-27, 2008.

D'ARÊDE, Lucialdo Oliveira. **Crescimento inicial de cafeeiros submetidos a inibidores de síntese de Giberelinas**, 2015.96f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Agronomia. Vitória da Conquista, 2015.

DEAQUIZ, Y.A.; ÁLVAREZ-HERRERA, J.G.; PINZÓN-GÓMEZ, L.P. Efeito de diferentes folhas de irrigação na produção e qualidade do morango (*Fragaria* sp.). **Revista Colombiana de Ciências da Horticultura**, v.8, n.2, p.192-205, 2014.

DEEPAGODA, T.K.; LOPEZ, J.; MØLDRUP, P.; DE JONGE, L.; TULLER, M. Integral parameters for characterizing water, energy, and aeration properties of soilless plant growth media. **Journal of Hydrology**, v.502, p.120-127, 2013.

DIEL, M.I.; SCHMIDT, D.; OLIVOTO, T.; ALTISSIMO, C.S.; PRETTO, M.M.; PINHEIRO, M.V.M.; SOUZA, V.Q.; CARON, B.O.; STOLZLE, J. Efficiency of Water use for Strawberries Cultivated in different Semi-Hydroponic Substrates. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.10, n.8, p.31-37, 2016.

DIEL, M.I.; PINHEIRO, M.V.M.; COCCO, C.; FONTANA, D.C.; CARON, B.O.; PAULA, G.M.; PRETTO, M.M.; THIESEN, L.A.; SCHMIDT, D. Phyllochron and phenology of strawberry cultivars from different origins cultivated in organic substrates. **Scientia Horticulturae**, v.220, p.226-232, 2017.

DIEL, M.I.; PINHEIRO, M.V.M.; THIESEN, L.A.; ALTÍSSIMO, B.S.; HOLZ, E.; SCHMIDT, D. Cultivation of strawberry in substrate: Productivity and fruit quality are affected by the cultivar origin and substrates. **Ciência agrotecnologia**, v.42, n.3, p.229-239, 2018.

DOMINGUES, A.R.; VIDAL, T.C.M.; HATA, F.T.; VENTURA, M.U.; GONÇALVES, L.S.A.; SILVA, J.B. Postharvest quality, antioxidant activity and acceptability of strawberries grown in conventional and organic systems. **Brazilian Journal Food Technology**, v.21, e2017154, 2018.

DONG, Y.; ZHI, H.; WANG, Y. Cooperative effects of pre-harvest calcium and gibberellic acid on tissue calcium content, quality attributes, and in relation to postharvest disorders of late-maturing sweet cherry. **Scientia Horticulturae**, v.246, p.123-128, 2019.

DUCHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.91-132.

ESHGHI, S.; TAFAZOLI, E.; DOKHANI, S.; RAHEMI, M.; EMAM, Y. Changes in carbohydrate contents in shoot tips, leaves and roots of strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.) during flower-bud differentiation. **Scientia Horticulturae**, v.113, n.3, p.255-260, 2007.

FAGHERAZZI, A.F.; COCCO, C.; ANTUNES, L.E.C.; SAUZA, J.A. de. SPECIALE FRAGOLA: La fragolicoltura Brasiliana guarda avanti. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, v.6, p.20-24, 2014.

FAGHERAZZI, A.F.; RICHTER, A.; FAGHERAZZI, M.; MOLINA, A.; KRETZSCHMAR, A.; RUFATO, L. Desempenho agrônomo de cultivares de morangueiro Italianos em Santa Catarina, Brasil. **Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega**, v.1, p.1192-1199, 2017 a.

FAGHERAZZI, A.F.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A.A.; MOLINA, A.R.; GONÇALVES, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; BARUZZI, G.; RUFATO, L. Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, v.1156, n.1, 937-940, 2017b.

FAGHERAZZI, A.F.; RICHTER, A.; FAGHERAZZI, M.; MAGRO, M.; MEYER, G.; RUFATO, L. Desempenho produtivo e qualitativo de morangueiros submetidos a dois tipos de mulching. **Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, v.14, n.14, 2017 c.

FAGHERAZZI, A.F.; BORTOLINI, A.J.; ZANIN, D.S.; BISOL, L.; SANTOS, A.M.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A.A.; BARUZZI, G.; FAEDI, W.; LUCCHI, P.;

RUFATO, L. New strawberry cultivars and breeding activities in Brazil. **Acta Horticulturae**, v.1156, p.167-170, 2017 d.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, p.109-112, 2014.

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

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 33, n. 1, p. 72-77, 1968.

FURLANI, P.R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido. In: Simpósio Nacional do Morango & Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 2., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Corrêa Antunez, L.E. et al. (Ed.). EMBRAPA, 2004. p.102-115. (Documentos 124).

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

GODOI, R.S.; ANDRIOLO, J.L.; FRANQUÉZ, G.G.; JÄNISCH, D.I.; CARDOSO, F.L.; VAZ, M.A.B. Fruit production and quality of strawberry plants grown in closed soilless growing systems with substrates. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p.1039-1044, 2009.

GOMES, E.R.; BROETTO, F.; QUELUZ, J.G.T.; BRESSAN, D.F. Efeito da fertirrigação com potássio sobre o solo e produtividade do morangueiro. **IRRIGA: Brazilian journal of irrigation and drainage**, v.1, n.1, 2015.

GONÇALVES, M.A.; VIGNOLO, G.K.; ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C. Produção de morango fora do solo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (**Documentos 410**), 2016 a. 32p.

GONÇALVES, M.A.; COCCO, C.; VIGNOLO, G.K.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L.E.C. Comportamento produtivo de cultivares de morangueiro estabelecidos a partir de mudas com Torrão. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v.2, n.3, p.277-283, 2016 b.

GONÇALVES, G.K.; MENDES, F.B.; GUEDES, K.S.; BIRCK, V.; GALARZA, R.M.; FALCÃO, F.V.; LARA, R.F.; OLIVEIRA, A.I. Utilização do granodiorito gnáissico como fonte de potássio na produção de morango. **Brazilian Journal Of Development**, v.5, n.10, p.22073-22087, 2019.

GUNDUZ, K.; OZDEMIR, E. The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. **Food Chemistry**, v.155, p.298-303, 2014.

HUANG, P.W.; SANTOS, B.M.; WHITAKER, V.M. Effects of cell size on the production of containerized strawberry transplants in Florida. **Proceedings Florida State Horticultural Society**, v.124, p.184-187, 2011.

HYTÖNEN, T.; MOUHU, K.; KOIVU, I.; ELOMAA, P.; JUNTILA, O. Prohexadione-calcium increases the cropping potential and yield in strawberry. **European Journal of Horticultural Science**, v.73, n.5, p.210-215, 2008.

HYTÖNEN, T.; ELOMAA, P.; MORITZ, T.; JUNTILA, O. Gibberellin mediates daylength-controlled differentiation of vegetative meristems in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch). **Bmc Plant Biology**, v.9, n.1, p.18-29, 2009.

ITO, A.; SAKAMOTO, D.; ITAI, A.; NISHIJIMA, T.; OYAMA-OKUDO, N.; NAKAMURA, Y.; MORIGUCHI, T.; NAKAJIMA, I. Effects of GA₃₊₄ and GA₄₊₇ application either alone or combined with prohexadione-ca on fruit development of Japanese pear 'Kosui'. **The Horticulture Journal**, v.85, p.201–208, 2016.

KAPUR, B.; SARIDAS, M.A.; ÇELIKTOPUZ, E.; KAFKAS, E.; KARGI, S.P. Health and taste related compounds in strawberries under various irrigation regimes and bio-stimulant application. **Food Chemistry**, v.263, p.67-73, 2018.

KARLEC, F.; DUARTE, A.F.; OLIVEIRA, A.C.B.; CUNHA, U.S. Development of *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE) in different strawberry cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, n.1, e-171, 2017.

KIM, H.M.; LEE, H.R.; KANG, J.H.; HWANG, S.J. Prohexadione-Calcium Application during Vegetative Growth Affects Growth of Mother Plants, Runners, and Runner Plants of Maehyang Strawberry. **Agronomy**, v.9, n.3, p.155-166, 2019.

KIRINUS, M.B.M; BARRETO, C.F.; SILVA, P.S.; KROLOW, A.C.R.; GOMES, C.B.; MALGARIM, M.B. Uso da torta de mamona na produção orgânica de morangos cv. Camarosa. **Agrarian**, v.11, n.39, p.1-5, 2018.

KRÜGER, E. JOSUTTIS, M.; NESTBY, R.; TOLDAM-ANDERSEN, TORBEN BO; CARLEN, C.; MEZZETTI, B. Influence of growing conditions at different latitudes of Europe on strawberry growth performance, yield and quality. **Journal of Berry Research**, v.2, n.3, p.143-157, 2012.

KUMAR, S.; DEV, P. Effect of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water use efficiency and yield of strawberry. **Scientia Horticulture**, v.127, p.318-324, 2010.

LIMA, G.M.S.; PEREIRA, M.C.T.; OLIVEIRA, M.B.; NIETSCHKE, S.; MIZOBUTSI, G.P.; PÚBLIO FILHO, W.M.; MENDES, D.S. Floral induction management in 'Palmer' mango using uniconazole. **Ciência Rural**, v.46, n.8, p.1350-1356, 2016 .

LORENZO, P. et al. External greenhouse mobile shading: effect on microclimate, water use efficiency and yield of a tomato crop grown under different salinity levels of the nutrient solution. In: PARDOSSI, A. et al. (Ed.). Managing greenhouse crops in saline environment. **Acta Horticulturae**, v.609, p.181-186, 2003.

MAHESWARI, M.; MURTHY, A.N.G.; SHANKER, A.K. Nitrogen Nutrition in Crops and Its Importance in Crop Quality. **The Indian Nitrogen Assessment**, p.175-186, 2017.

MARQUES, Gabriel Nachtigall. **Substrato, combinação de cultivares e mudas de morangueiro produzidas em cultivo sem solo**. 2016. 151f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

MARTÍNEZ-FERRI, E.; SORIA, C.; ARIZA, M.T.; MEDINA, J.J.; MIRANDA, L.; DOMÍGUEZ P.; MURIEL, J.L. Water Relations, Growth and Physiological Response of Seven Strawberry Cultivars (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) to Different Water Availability. **Agricultural Water Management**, v.164, n.1, p.73-82, 2016.

MELGAREJO, P.; LEGUA, P.; SARMIENTO, F.P.; FONT, R.M.; NICOLÁS, J.J.M.; HERNÁNDEZ, F. Effect of a New Remediated Substrate on Fruit Quality and Bioactive Compounds in Two Strawberry Cultivars. **Journal of Food and Nutrition Research**, v.5, n.8, p.579-586, 2017.

MIRANDA, F.R. de; SILVA, V.B. da; SANTOS, F.S.R. da; ROSSETTI, A.G.; SILVA, C.F.B. da. Production of strawberry cultivars in closed hydroponic systems and coconut fiber substrate. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.4, p.833-841, 2014.

MONTESANO, F.; VAN IERSEL, M.; BOARI, F.; CANTORE, V.; D'AMATO, G.; PARENTE, A. Sensor-based irrigation management of soilless basil using a new smart irrigation system: Effects of set-point on plant physiological responses and crop performance. **Agricultural Water Management**, v.203, p.20-29, 2018.

MORAES, Rosane Santos. **CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MORANGOS EM CACHOEIRA DO SUL – RS**. 2019. 53f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação), Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, 2019.

MORALES, R.G.F.; FARIA M.V.; RESENDE, J.T.V.; ROSSINI, A.L.; CARMINATTI, R.; FARIA, C.M.D.R. Strawberry yield under supplementary organic fertilization in greenhouse. **Ambiência**, v.8, n.1, p.23-33, 2012.

MOUCO, M.A.C.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Inibidores de síntese de giberelinas e crescimento de mudas de mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.273-279, 2010.

MOZAFARI, A.; GHADERI, N.; HAVAS, F.; DEDEJANI, S. Comparative investigation of structural relationships among morpho-physiological and biochemical properties of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) under drought and salinity stresses: A study based on in vitro culture. **Scientia Horticulturae**, v.256, p.108601-108613, 2019.

MUSA, Cristiane Inês. **Caracterização físico-química de morangos de diferentes cultivares em sistemas de cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS**. 2017. 160f. Tese (Doutorado) – Universidade do Vale do Taquari, Lageado, 2017.

OLIVEIRA, A.R.; OLIVEIRA, S.A.; GIORDANO, L.B.; GOEDERT, W.J. Absorção de nutrientes e resposta à adubação em linhagens de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.4, p.498-504, 2009.

OLIVEIRA, C.S.; COCCO, C.; ANDRIOLO, J.L.; BISOGNIN, D.A.; ERPEN, L.; FRANQUEZ, G.G. Produção e qualidade de propágulos de morangueiro em diferentes concentrações de nitrogênio no cultivo sem solo. **Revista Ceres**, v.57, n.4, p.554-559, 2010.

OLIVEIRA, F.A.; DUARTE, S.N.; MEDEIROS, J.F.; DIAS, N.S.; SILVA, R.C.P.; LIMA, C.J.G.S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.17, n.11, p.1152-1159, 2013.

OLIVEIRA, L.S.B.; ANDRADE, L.A.; ALVES, A.S.; GONÇALVES, G.S. Substrato e volume de recipiente na produção de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Nativa**, v.2, n.2, p.103-107, 2014.

OLIVEIRA, I.P.; BELARMINO, L.C.; BELARMINO, A.J. Viabilidade da produção de morango no sistema semi-hidropônico recirculante. **Custos e @gronegócio on line**, v.13, n.1, p.315-332, 2017.

ORNELAS-PAZ, J.J.; YAHIA, E.M.; BUSTAMANTE, N.R.; MARTÍNEZ, J.D.P.; MINAKATA, M.P.E.; JUNQUERA, V.I.; MUÑIZ, C.A.; PRIETO, V.G.; REYES, E.O. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chemistry**, v.138, n.1, p.372-381, 2013.

OTHMAN, Y.; BATAINEH, K.; AL-AJLOUNI, M.; ALSMAIRAT, N.; AYAD, J.; SHIYAB, S.; AL-QARALLAH, B.; HILAIRE, R.S. Soilless culture: management of growing substrate, water, nutrient, salinity, microorganism and product quality. **Fresenius Environmental Bulletin**, v.28, n.4, p.3249-3260, 2019.

PACHECO, D.D.; DIAS, M.S.C.; ANTUNES, P.D.; RIBEIRO, D.P.; SILVA, J.J.C.; PINHO, D.B. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v.28, n.336, p.40-49, 2007.

PÁDUA, J.G.; ROCHA, L.C.D.; GONÇALVES, E.D.; ARAÚJO, T.H.; CARMO, E.L.; COSTA, R. Comportamento de cultivares de morangueiro em Maria da Fé e Inconfidentes, sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v.7, n.2, p.69-79, 2015.

PALENCIA, P.; MARTÍNEZ, F.; MEDINA, J. J.; LÓPEZ-MEDINA, J. Strawberry yield efficiency and its correlation with temperature and solar radiation. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 93-99, 2013.

PASA, M.S.; EINHORN, T.C. Prohexadione calcium on shoot growth of 'Starkrimson' pear trees. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.52, n.2, p.75-83, 2017.

PASSOS, F. A., TRANI, P. E. **Calagem e adubação do morangueiro**. Campinas, SP: Instituto Agronômico de Campinas, 16 p, 2013.

PAULETTI, V.; SILVEIRA, C.A.P.; MARTINAZZO, R. Fertilidade do solo e nutrição, p.151-199. In: ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. (org). **Morangueiro**. Brasília: Embrapa, 2016. 589p.

PEIL, R.M.N.; MARQUES, G.N.; SIGNORINI, C. B. Cultivo do morangueiro em substrato: aspectos técnicos e ambientais de sistemas abertos e fechados. In: MANEJO DE PRAGAS E PATÓGENOS E A MULTIPLICIDADE EM SISTEMAS DE CULTIVO HIDROPÔNICO, 1., 2018, Florianopolis.SC. **Anais** de palestras e artigos premiados no XI Encontro Brasileiro de Hidroponia e III Simpósio Brasileiro de Hidroponia. Florianopolis, SC: TRIBO DA ILHA, 2018, p. 24-50.

PEREIRA, I.S.; GONÇALVES, M.A.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G.K.; ANTUNES, L.E.C. Controle do crescimento de mudas de morangueiro ‘Camarosa’ cultivadas em substrato comercial pela aplicação de prohexadione cálcio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.59, n.1, p.93-98, 2016.

PICCININ, G.G.; VERSARI, A.C.; DIAS-ARIEIRA, C.R.; PICCININ, C.G. Eficiência do silício no controle de ácaros em morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v.26: S1240-S1244, 2008.

PIOVESAN, B.; PADILHA, A.C.; BOTTON, M.; ZOTTI, M.J. Entomofauna and potential pollinators of strawberry crop under semi-hydroponic conditions. **Horticultura Brasileira**, v.37, n.3, p.324-330, 2019.

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.266-273, 2012 a.

PORTELA, I.P.; PEIL, R.M.N.; RODRIGUES, S.; FERREIRA, L.V.; MARQUES, G.N. Crescimento e produtividade de morangueiro em diferentes concentrações de nutrientes da solução nutritiva em sistema hidropônico NFT. **Horticultura Brasileira**, v.30, S3727-S3734, 2012 b.

PUTRA, P.A.; YULIANDO, H. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: a review. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v.3, p.283–288, 2015.

RAHMAN, M.M.; RAHMAN, M.M.; HOSSAIN, M.M.; KHALIQ, Q.A.; MONIRUZZAMAN, M. Effect of planting time and genotypes growth: yield and quality of strawberry (Fragaria × ananassa Duch). **Scientia Horticulturae**, v.167, p.56-62, 2014.

RANNU, R.P.; AHMED, R.; SIDDIKY, A.; SALEH, M.D.; ALI, Y.; MURAD, K.F.I.; SARKAR, P.K.. Effect of Irrigation and Mulch on the Yield and Water Use of Strawberry. **International Journal Of Agronomy**, v.2018, p.1-10, 2018.

REAL, L.O.; LOBIT, P.; NAVARRO, R.C.; CABRERA, O.G.; RODRÍGUEZ, R.F.; CANTERO, E.V.; RODRÍGUEZ, L.M. Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (Fragaria×ananassaDuch. cv. Aromas). **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v.89, n.6, p.935-939, 2009.

REEKIE, J.Y.; HICKLENTON, P.R.; STRUIK, P.C. Prohexadione-calcium modifies growth and increases photosynthesis in strawberry nursery plants. **Canadian Journal Plant Science**, v.85, p.671-677, 2005.

REEKIE, J.Y.; HICKLENTON, P.R.; DUVAL, J.R.; CHANDLER, C.; STRUIK, P.C. Leaf removal and prohexadione-calcium can modify 'Camarosa' strawberry nursery plant morphology for plasticulture fruit production. **Canadian Journal Plant Science**, v.85, p.665-670, 2005b.

REEKIE, J.Y.; STRUIK, P.C.; HICKLENTON, P.R.; DUVAL, J.R. Dry Matter Partitioning in a Nursery and a Plasticulture Fruit Field of Strawberry Cultivars 'Sweet Charlie' and 'Camarosa' as Affected by Prohexadione-calcium and Partial Leaf Removal. **European Journal of Horticultural Science**, v.72, n.3, p.122-129, 2007.

REINEHR, Juliana. **Prohexadione de cálcio no desempenho vitivinícola da cultivar merlot em região de altitude de Santa Catarina**. 2019. 89p. Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2019.

RICHTER, A.; FAGUERAZZI, A.F.; ZANIN, D.S.; SILVA, P.S.; ARRUDA, A.L.; TILWITZ, K.V. Produção de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo. **Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, v.14, n.14, p.2307-2314, 2017.

RICHTER, A.F.; RAMOS, R.F.; ROHRIG, B.; TONIN, J.; MACHADO, J.T.M. Crescimento vegetativo de morangueiro através do uso de promotores de crescimento. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.6, n.3, p.76-81, 2019.

RUAN, J.; LEE, Y.H.; YEOUNG, Y.R. Flowering and Fruiting of Day-neutral and Ever-bearing Strawberry Cultivars in High-elevation for Summer and Autumn Fruit Production in Korea. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v.54, n.2, p.109-120, 2013.

ŠAMEC, D.; MARETIĆ, M.; LUGARIĆ, I.; MEŠIĆ, A.; SONDI, B.S.; DURALIJA, B. Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. **Food Chemistry**, v.194, p.828-834, 2016.

SAMYKANNO, K.; PANG, E.; MARRIOTT, P.J. Genotypic and environmental effects on flavor attributes of 'Albion' and 'Juliette' strawberry fruits. **Scientia Horticulturae**, v.164, p.633-642, 2013.

SANTOS, G.O.; VANSELA, L.S.; FARIA, R.T. Manejo da água na agricultura irrigada. **Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.1, n.1, 2018.

SANTOS, André Luis Teles dos. **Produtividade de morango em ambiente protegido sob diferentes estratégias de irrigação**. 2019. 31p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul, Cachoeira do Sul, 2019.

SCHMITT, O.J., ANDRIOLO, J.L., SCHULTZ, E., LERNER, M.A., SOUZA, J.M., PICIO, M.D. Produção de estolhos de cultivares de morangueiro em função da condutividade elétrica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v.34, n.2, 294-301, 2016.

SHAW, D.V.; LARSON, K.D. **Strawberry plant named 'Albion'**. U.S. Patent n. PP16, 228, 31 jan. 2006.

SHAW, D.V.; LARSON, K.D. **Strawberry plant named 'San Andreas'**. U.S. Patent n. PP19,975, 12 de maio, 2009.

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.

SILVEIRA, João Paulo Generoso. **Qualidade e distúrbios fisiológicos de maçãs em resposta a giberelinas e proexadiona-cálcio**. 2015. 139p. Tese (doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2015.

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

STRASSBURGER, André Samuel. **Crescimento, partição de massa seca e produtividade do morangueiro em sistema de cultivo orgânico**. 2010. 121f. Tese (Doutorado em Sistema de Produção Agrícola Familiar) - Universidade Federal de Pelotas, RS. 2010.

STRASSBURGER, A.S.; PEIL, R.M.N.; SCHWENGBER, J.E.; MARTINS, D.S.; MEDEIROS, C.A.B. Crescimento do morangueiro: influência da cultivar e da posição da planta no canteiro. **Ciência Rural**, v.41, n.2, p.223-226, 2011.

STRASSBURGER, A.S.; PEIL, R.M.N.; SCHWENGBER, J.E.; STRASSBURGER, K.F.S.; GUIDOTTI, R.M.M. Acúmulo de nutrientes em duas cultivares de morangueiro em sistema de cultivo orgânico. **Cadernos de Agroecologia**, v.8, n.2, 2013.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 10, n.1, p. 63-68, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TAZZO, I.F.; FAGHERAZZI, A.F.; LERIN, S.; KRETZSCHMAR, A.A.; RUFATO, L. Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.3, p.550-558, 2015.

TENREIRA, T.; LANGE, M.J.P.; LANGE, T.; BRES, C.; LABADIE, M.; MONFORT, A.; HERNOULD, M.; ROTHAN, C.; DENOYES, B. A Specific Gibberellin 20-Oxidase Dictates the Flowering-Runnering Decision in Diploid Strawberry. **The Plant Cell**, v.29, n.9, p.2168-2182, 2017.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E.E.; CARDOSO, J.L. **Irrigação**: métodos, sistemas e aplicações. Módulo I: conceitos, importância e a irrigação no Brasil. Campinas- SP, fevereiro, 2017, p. 3-24.

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

TOZZI, F.; BUBBA, M.D.; PETRUCCI, W.A.; PECCHIOLI, S.; MACCI, C.; GARCIA, F.H.; NICOLAS, J.J.M.; GIORDANI, E. Use of a remediated dredged marine sediment as a substrate for food crop cultivation: Sediment characterization and assessment of fruit safety and quality using strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) as model species of contamination transfer. **Chemosphere**, v. 238, p.124651-124660, 2020.

UC (University of California). **Aromas Strawberry Cultivar**. 2001. Disponível em <http://www.ucop.edu/ott/strawberry/Aromascultivar.htm>

VALENTINUZZI, F.; MASON, M.; SCAMPICCHIO, M.; ANDREOTTI, C.; CESCO, S.; MIMMO, T. Enhancement of the bioactive compound content in strawberry fruits grown under iron and phosphorus deficiency. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v.95, n.10, p.2088-2094, 2014.

VIGNOLO, G.K.; ARAÚJO, V.F.; KUNDE, R.J.; SILVEIRA, C.A.P.; ANTUNES, L.E.C. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p.1755-1761, 2011.

VIGNOLO, G.K.; ARAUJO, V.F.; ANTUNES, L.E.C.; PICOLOTTO, L.; VIZZOTTO, M.; FERNANDES, A. Produção de frutos e compostos funcionais de quatro cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v.30, S3470-S3476, 2012.

VILLARREAL, N.M.; ROSLI, H.G.; MARTÍNEZ, G.A.; CIVELLO, P.M. Polygalacturonase activity and expression of related genes during ripening of strawberry cultivars with contrasting fruit firmness. **Postharvest Biology and Technology**, v.47, n.2, p.141-150, 2008.

VIZZOTTO, M.; RASEIRA, M.C.B.; PEREIRA, M.C.; FETTER, M.R. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em diferentes genótipos de amoreira-preta (*Rubus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.3, p.853-858, 2012.

WANG, J.; WANG, J.; YE, J.; VANGA, S.K.; RAGHAVAN, V. Influence of high-intensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: Profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure. **Food Control**, v.96, p.128-136, 2019.

WAMSER, A.F. Sem solo. **Cultivar HF**, v.14, n.101, p.17-19, 2017.

WEBER, N.; SCHMITZER, V.; JAKOPIC, J.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; STAMPAR, F.; KORON, D.; VEBERIC, R. Influence of *Colletotrichum simmondsii* R.G. Shives Y.P. Tan infection on selected primary and secondary metabolites in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit and runners. **European Journal of Plant Pathology**, v.136, p.281–290, 2013.

WEBER, N.; ZUPANC, V.; JAKOPIC, J.; VEBERIC, R.; PETKOVSEK, M.M.; STAMPAR, F. Influence of deficit irrigation on strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit quality. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v.97, n.3, p.849-857, 2016.

WEBER, N., ZUPANC, V., JAKOPIC, J., VEBERIC, R., MIKULIC-PETKOVSEK, M., & STAMPAR, F. Influence of deficit irrigation on strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.97, p.849-857, 2017.

WIETZKE, A.; WESTPHAL, C.; GRAS, P.; KRAFT, M.; PFOHL, K.; KARLOVSKY, P.; PAWELZIKA, E.; TSCHARNTKEB, T.; SMIT, I. Insect pollination as a key factor for strawberry physiology and marketable fruit quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.258, p.197–204, 2018.

YANG, B.; KORTESNIEMI, M. Clinical evidence on potential health benefits of berries. **Current Opinion in Food Science**, v.2, p.36-42, 2015.

ZEIST, A.R.; RESENDE, J.T.V. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. **Horticultura Brasileira**, v.37, n.1, p.7-16, 2019.

ZEIST, A.R.; RESENDE, J.T.V.; FILHO, R.B.L.; GABRIEL, A.; HENSCHER, J.M.; SILVA, I.F.L. Phenology and agronomic components of first and second-cycle strawberry. **Horticultura Brasileira**, v.37, n.1, p.29-34, 2019 b.

ZHANG, C.; WHITING, M. Pre-harvest foliar application of Prohexadione-Ca and gibberellins modify canopy source-sink relations and improve quality and shelf-life of 'Bing' sweet cherry. **Plant Growth Regulation**, v.65, n.1, p.145-156, 2011.

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M.F.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v.73, n.3, p.300-311, 2014.

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

12. ANEXOS

Anexo 1:

Cálculo da utilização da água, total e por planta, com cada volume de irrigação.
Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Cálculo da vazão				
20 mL / minuto / gotejo				
21 gotejos/ fita gotejadora				
21 x 20 mL = 420 mL / fita gotejadora				
420 mL x 4 repetições = 1680 mL/ minuto nas 4 repetições				
96 plantas por parcela (volume de irrigação)				
Tempo com a motobomba ligada (minutos)				
Períodos	CAI	52,5 mL	87,5 mL	122,5 mL
1		1644	2740	3836
2	660	724	751	655
Total	660	2368	3491	4491
Consumo total de água por parcela (litros)				
Períodos	CAI	52,5 mL	87,5 mL	122,5 mL
1		2761,92	4603,20	6444,48
2	1108,80	1216,32	1261,68	1100,40
Total	1108,80	3978,24	5864,88	7544,88
Consumo total de água por planta (litros)				
Períodos	CAI	52,5 mL	87,5 mL	122,5 mL
1		28,77	47,95	67,13
2	11,55	12,67	13,14	11,46
Total	11,55	41,44	61,09	78,59

*Períodos

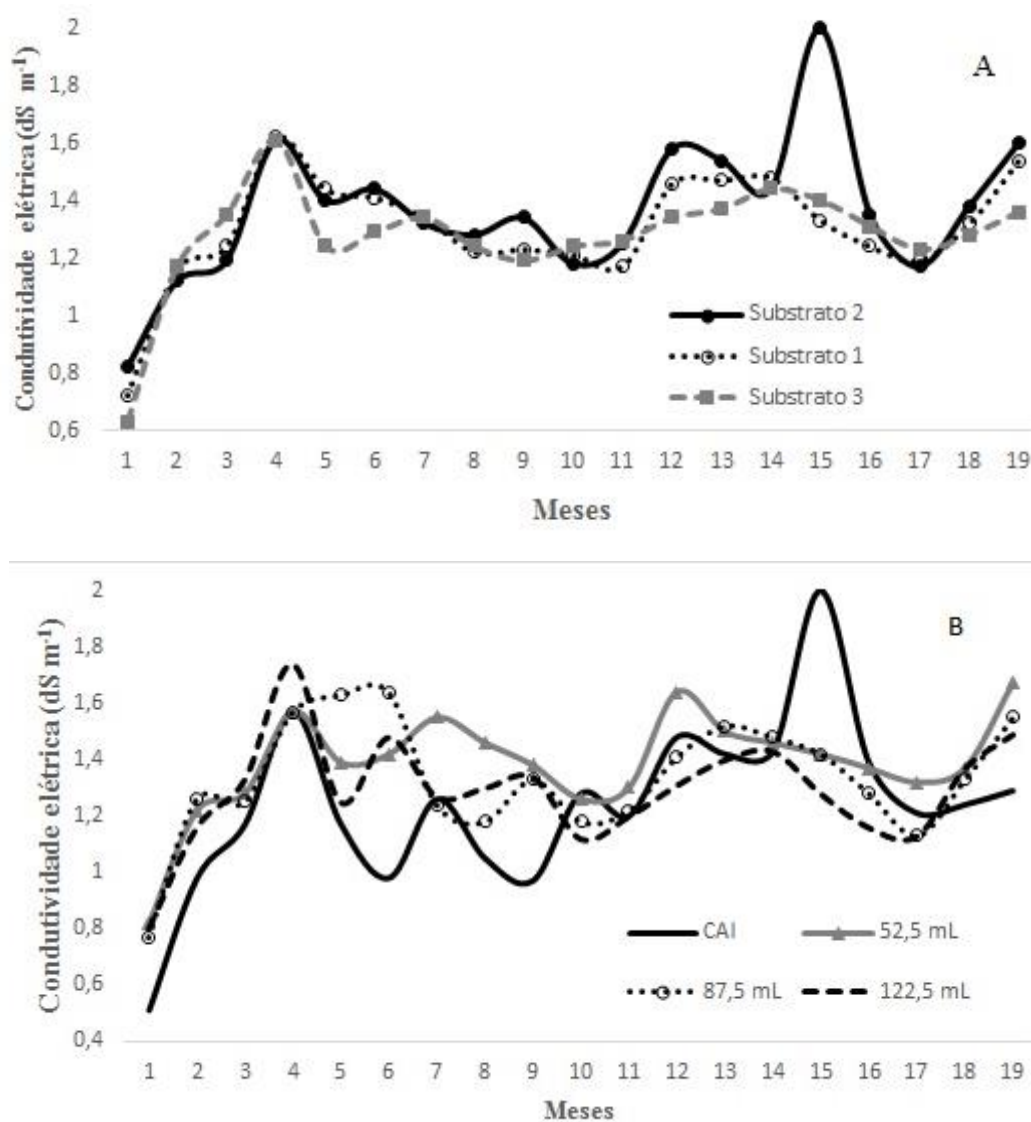
1 (meses de abril de 2017 a outubro de 2018- 548 dias)

2 (tempo para coleta semanal da solução nutritiva no lixiviado)

*CAI (controlador autônomo de irrigação)

Anexo 2:

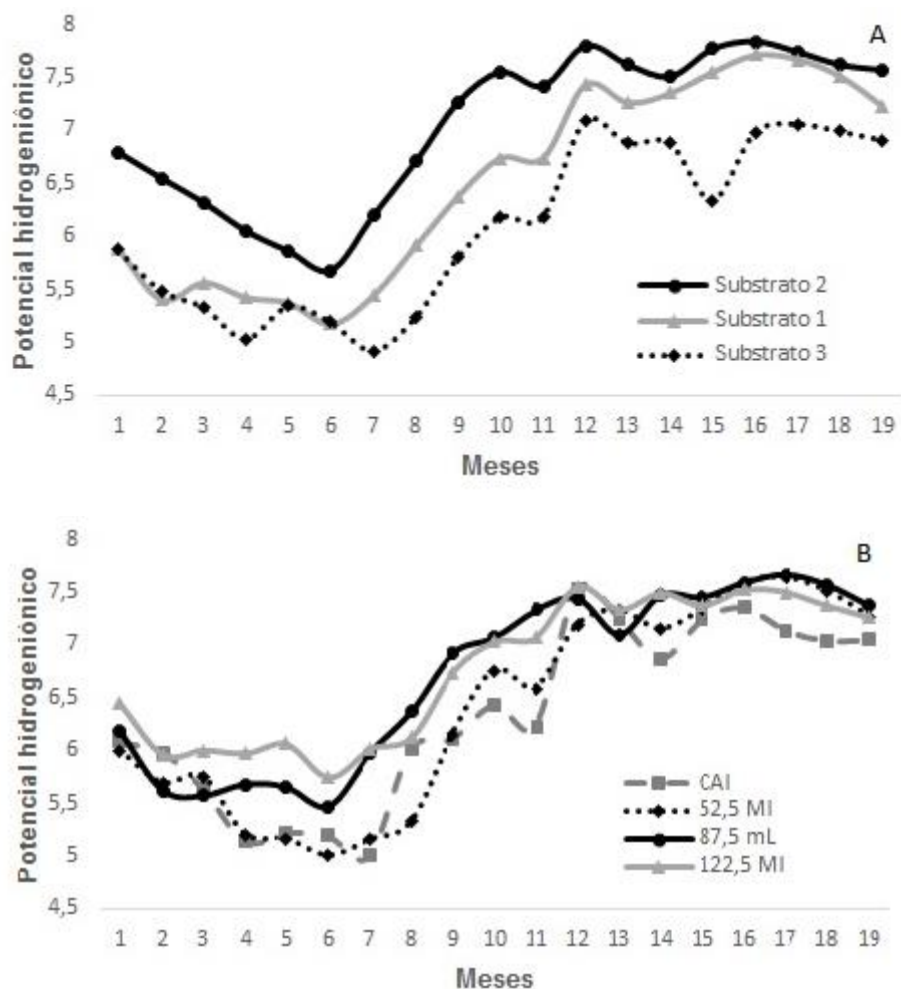
Média mensal da condutividade elétrica da solução nutritiva lixiviada dos slabs quanto aos substratos (A) e os volumes de irrigação (B) nos anos 2017 e 2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.



Meses: 1: (abr 17); 2: (mai 17); 3: (jun 17); 4: (jul 17); 5: (ago 17); 6: (set 17); 7: (out 17); 8: (nov 17); 9: (dez 17); 10: (jan 18); 11: (fev 18); 12: (mar 18); 13: (abr 18); 14: (mai 18); 15: (jun 18); 16: (jul 18); 17: (ago 18); 18: (set 18); 19: (out 18)

Anexo 3:

Média mensal do potencial hidrogeniônico da solução nutritiva lixiviada dos slabs quanto aos substratos (A) e os volumes de irrigação (B) nos anos 2017 e 2018.
Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.



Meses: 1: (abr 17); 2: (mai 17); 3: (jun 17); 4: (jul 17); 5: (ago 17); 6: (set 17); 7: (out 17); 8: (nov 17); 9: (dez 17); 10: (jan 18); 11: (fev 18); 12: (mar 18); 13: (abr 18); 14: (mai 18); 15: (jun 18); 16: (jul 18); 17: (ago 18); 18: (set 18); 19: (out 18)

Anexo 4:

Limites inferior e superior dos níveis adequados de macro e micronutrientes em folhas indicadoras do estado nutricional do morangueiro.

	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Limite	g Kg⁻¹						mg Kg⁻¹				
Inferior	15,0	2,0	20,0	1,0	10,0	6,0	35,0	5,0	50,0	30,0	20,0
Superior	25,0	4,0	40,0	5,0	25,0	10,0	100,0	20,0	300,0	300,0	50,0

Fonte: Pauletti et al. (2016), Fertilidade do solo e nutrição. In: Morangueiro.

Anexo 5:

Mudas das cultivares Camarosa (A) e Aromas (B) no momento do plantio com as concentrações de Prohexadione cálcio (0, 150; 300 e 600 mg L⁻¹) no sentido da esquerda para direita. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.



Anexo 6:

Frutas das cultivares Albion (frutas da esquerda) e San Andreas (frutas da direita) quanto ao uso das soluções nutritivas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.



Soluções nutritivas: 1 (solução utilizada por produtores de morango em sistema de cultivo sem solo na região de Pelotas); 2 (solução proposta por Furlani e Fernandes Junior (2004); 3 (solução proposta por Sonneveld e Straver (1994) e adaptada por Peil et.al (2018); 4 (solução comercial utilizada na região de Pelotas).

Anexo 7:

Produção de frutas de morangueiro em sistema sem solo com uso de slabs sob diferentes substratos e volumes de irrigação. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

